

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
in INGEGNERIA BIOMEDICA

Tesi di Laurea Magistrale

Analisi Biomeccanica nel Para-Badminton



Relatori

Prof. Laura Gastaldi

Prof. Stefano Paolo Pastorelli

Candidato

Vaccaro Fabiola

Correlatore

Ing. Valeria Rosso

Dicembre 2019

“Un giorno ti volterai indietro a guardare la tua vita e ti renderai conto che tutto ciò che hai sfidato e tutto ciò che hai compiuto ne è valsa la pena. Avrai imparato che le grandi sfide e i grandi sacrifici preparano le persone umili ad un successo straordinario.”
Cit. Antonia Gravina

ABSTRACT

Il presente studio ha lo scopo di effettuare un'analisi del movimento in alcuni atleti con diverse forme di disabilità fisica e con una diversa esperienza nel gioco del Para-Badminton. A questo progetto di tesi hanno partecipato cinque giocatori di sesso maschile ed una giocatrice di sesso femminile, appositamente selezionati così da avere un atleta per ciascuna delle categorie di gioco previste dal regolamento: WH1, WH2, SL3, SL4, SU5 e SS6. Le performance sono state valutate sulla base di alcuni video registrati in condizioni di partita durante la partecipazione degli stessi giocatori ai Campionati Italiani. Il protocollo di test comprendeva una serie di misure antropometriche e relative all'attrezzatura, dati fondamentali per realizzare un'analisi cinematica durante l'esecuzione di alcuni dei colpi maggiormente utilizzati nel Para-Badminton: Clear, Drive, Drop di Dritto, Lob di Dritto, Servizio di Dritto, Servizio di Rovescio e Smash. Le tecniche di gioco che ricorrono con maggior frequenza in condizioni di partita sono il Clear ed i colpi di inizio scambio, quali il Servizio di Dritto ed il Servizio di Rovescio. Dai risultati ottenuti, possiamo affermare che la distanza percorsa dalla carrozzina e calcolata considerando le sole coordinate in ascissa dell'asse della ruota non è un parametro molto indicativo del reale spostamento effettuato dai Wheelchair. Di contro, si è rivelato particolarmente utile il tracciamento del volano post-impatto. Infatti, in ambedue le tipologie di Servizio, sembrerebbe che i giocatori con una limitazione fisica agli arti inferiori (SL3 e SL4) rinviino il volano imponendogli una traiettoria più verticale, mentre i Wheelchair (WH1 e WH2), l'atleta con agenesia alla mano sinistra (SU5) e il giocatore affetto da nanismo (SS6) tendono a condurre il volano lungo una traiettoria più orizzontale. Allo stesso modo, le traiettorie che delineano gli andamenti conseguiti dalla racchetta e dalle articolazioni dell'arto superiore (Spalla, Gomito e Polso) ci consentono di distinguere qualitativamente i colpi alti dai colpi di inizio scambio e dai colpi bassi che, invece, presentano alcune caratteristiche comuni. Osservazioni che, per giunta, vengono supportate da altre variabili (altezza ed ampiezza della traiettoria di racchetta; posizione degli istanti di carico e di impatto rispetto ai riferimenti anatomici) e da ulteriori grafici il cui intento è quello di mostrare l'andamento degli angoli di Spalla, Gomito ed Anca durante l'esecuzione del colpo accompagnandoli, oltretutto, dai relativi Range di Movimento. Nel contempo, sono state fornite anche delle informazioni che ci consentono di capire come gli atleti gestiscono il tempo a loro disposizione durante gli scambi: in tutte le tecniche di gioco qui analizzate gli atleti trascorrono molto più tempo nella fase di Back Swing ad eccezione del Lob di Dritto dove la fase di Follow Through predomina su tutte le altre.

Si raccomanda di ripetere questo protocollo servendosi di due telecamere affinché un movimento che di per sé è tridimensionale possa essere rappresentato correttamente nello spazio, senza limitarsi al solo piano sagittale.

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	6
1.1	STORIA.....	6
1.2	IN ITALIA.....	7
1.3	BADMINTON.....	8
1.4	PARA-BADMINTON.....	12
1.4.1	<i>Classificazione</i>	13
1.4.2	<i>Attrezzature Aggiuntive</i>	15
1.5	TECNICA.....	17
1.5.1	<i>I colpi</i>	20
2	ANALISI DELLA LETTERATURA	29
2.1	ATTREZZATURE UTILIZZATE PER L'ACQUISIZIONE.....	29
2.2	ANALISI CINEMATICA DEL COLPO.....	30
2.3	SCOPO DELLA TESI.....	33
3	MATERIALI E METODI	34
3.1	PALABADMINTON.....	34
3.2	PARTECIPANTI	36
3.3	SET-UP DELLA VIDEOCAMERA E PROTOCOLLO.....	40
3.4	ELABORAZIONE VIDEO: KINOVEA.....	45
3.5	ELABORAZIONE DATI: MATLAB.....	48
4	RISULTATI E DISCUSSIONI.....	52
4.1	OCCORRENZA DEI COLPI IN PARTITA.....	52
4.1.1	<i>Il Clear</i>	52
4.1.2	<i>Il Drive</i>	53
4.1.3	<i>Lo Smash</i>	53
4.1.4	<i>Il Servizio di Dritto</i>	54
4.1.5	<i>Il Servizio di Rovescio</i>	54
4.1.6	<i>Il Drop di Dritto</i>	55
4.1.7	<i>Il Lob di Dritto</i>	56
4.2	MOVIMENTO ASSOLUTO DELL'ASSE DELLA RUOTA NEI DIFFERENTI COLPI (WH1 E WH2).....	56
4.2.1	<i>Il Clear</i>	56
4.2.2	<i>Il Drive</i>	57
4.2.3	<i>Lo Smash</i>	57
4.2.4	<i>Il Servizio di Dritto</i>	58
4.2.5	<i>Il Servizio di Rovescio</i>	59
4.2.6	<i>Il Drop di Dritto</i>	59
4.2.7	<i>Il Lob di Dritto</i>	60
4.3	TRAIETTORIA, VELOCITÀ ED ANGOLO DEL VOLANO NELLE DUE TIPOLOGIE DI SERVIZI.....	61
4.3.1	<i>Il Servizio di Dritto</i>	61
4.3.2	<i>Il Servizio di Rovescio</i>	63
4.4	DURATA TOTALE DEI COLPI E DURATA DELLE FASI DI BACK SWING, FORWARD SWING E FOLLOW THROUGH.....	65
4.4.1	<i>Il Clear</i>	65
4.4.2	<i>Il Drive</i>	67
4.4.3	<i>Lo Smash</i>	68

4.4.4	<i>Il Servizio di Dritto</i>	70
4.4.5	<i>Il Servizio di Rovescio</i>	72
4.4.6	<i>Il Drop di Dritto</i>	73
4.4.7	<i>Il Lob di Dritto</i>	75
4.5	TRAIETTORIA DELLA RACCHETTA E DEGLI ARTI SUPERIORI.....	78
4.5.1	<i>Il Clear</i>	78
4.5.2	<i>Il Drive</i>	84
4.5.3	<i>Lo Smash</i>	88
4.5.4	<i>Il Servizio di Dritto</i>	93
4.5.5	<i>Il Servizio di Rovescio</i>	99
4.5.6	<i>Il Drop di Dritto</i>	103
4.5.7	<i>Il Lob di Dritto</i>	108
4.6	ALTEZZA E AMPIEZZE DELLA TRAIETTORIA DELLA RACCHETTA.....	114
4.6.1	<i>Il Clear</i>	115
4.6.2	<i>Il Drive</i>	117
4.6.3	<i>Lo Smash</i>	119
4.6.4	<i>Il Servizio di Dritto</i>	121
4.6.5	<i>Il Servizio di Rovescio</i>	122
4.6.6	<i>Il Drop di Dritto</i>	123
4.6.7	<i>Il Lob di Dritto</i>	125
4.7	CLASSIFICAZIONE DEI COLPI: ISTANTE DI CARICO ED ISTANTE DI IMPATTO RISPETTO AI RIFERIMENTI ANATOMICI.....	126
4.7.1	<i>Il Clear</i>	127
4.7.2	<i>Il Drive</i>	129
4.7.3	<i>Lo Smash</i>	132
4.7.4	<i>Il Servizio di Dritto</i>	134
4.7.5	<i>Il Servizio di Rovescio</i>	137
4.7.6	<i>Il Drop di Dritto</i>	139
4.7.7	<i>Il Lob di Dritto</i>	142
4.8	ANGOLI E RANGE DI MOVIMENTO DI GOMITO, SPALLA ED ANCA.....	144
4.8.1	<i>Il Clear</i>	144
4.8.2	<i>Il Drive</i>	151
4.8.3	<i>Lo Smash</i>	157
4.8.4	<i>Il Servizio di Dritto</i>	162
4.8.5	<i>Il Servizio di Rovescio</i>	167
4.8.6	<i>Il Drop di Dritto</i>	171
4.8.7	<i>Il Lob di Dritto</i>	177
5	CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI.....	183
6	BIBLIOGRAFIA.....	185

Capitolo 1

1 INTRODUZIONE

1.1 STORIA

Il Badminton ha radici talmente antiche da essergli riconosciuta la fama di primo sport praticato con l'ausilio di una racchetta. Grazie al ritrovamento di alcuni vasi, infatti, è stato possibile datare la comparsa di questo gioco intorno al I secolo a.C. [1][4][5]. I dipinti raffigurati su questi reperti, a loro volta attribuibili a quello stesso periodo, documentano senza alcun dubbio l'esistenza di un gioco cinese, chiamato "Tin Jian Zin", il quale prevedeva, non solo l'uso dei piedi, ma anche l'utilizzo di racchette e volani rudimentali. Successivamente, questa sorta di passatempo inizia a diffondersi in India, Giappone, Sumeria e Grecia fino ad approdare, nella seconda metà dell'800, in Europa dove desta grande interesse da parte degli Inglesi. È infatti in Inghilterra presso il castello della "Badminton House" che, nel 1860, il volano diviene ufficialmente una disciplina sportiva opportunamente regolamentata e denominata "Badminton and Shuttlecock" [1][5]. Si racconta che coloro che vivevano in questa residenza nobiliare, dopo varie vicissitudini, decisero di tendere una cordicella tra il camino e la porta così da realizzare una sorta di rete piuttosto elementare. La prima associazione nazionale viene quindi creata in Inghilterra nel 1893 con lo scopo di definire un codice di gioco valido in tutto il mondo [1].

Nel 1934 viene fondata la prima federazione internazionale conosciuta con il nome di International Badminton Federation (IBF) e composta da Canada, Danimarca, Inghilterra, Francia, Irlanda, Olanda, Nuova Zelanda e Scozia. Un grande traguardo viene raggiunto nel 1992, anno in cui il Badminton fa il suo esordio ai giochi olimpici di Barcellona (<https://www.olympic.org/the-ioc>) [1][4][5]. In quello stesso periodo, avendo partecipato ad una manifestazione sportiva così importante, la IBF si prepara ad accogliere un gran numero di stati come membri della federazione e solo più tardi, nel 2007, diviene Badminton World Federation (BWF). A dimostrazione del successo ottenuto, ad oggi la BWF può contare su 183 associazioni nazionali affiliate e, pertanto, rappresenta l'organo di governo demandato allo sviluppo del Badminton su scala mondiale. Ovviamente, trattandosi di un compito piuttosto oneroso, la stessa BWF collabora attivamente ed in modo continuativo con il Comitato Olimpico Internazionale (CIO), nel tentativo di incentivare ovunque la pratica di questo sport [1][5]. Infine, per gli appassionati e per chi pratica questa disciplina a livello agonistico, le competizioni più prestigiose, oltre alle Olimpiadi, sono la Thomas Cup, la Uber Cup (tornei a squadre per nazioni), i Campionati del Mondo ed i tornei del World Grand Prix [1].

Per quanto riguarda il Para-Badminton [1], si tratta di uno sport relativamente recente dato che viene riconosciuto solamente nel 1996 dai fondatori dell'Associazione Internazionale Badminton per Disabili (IBAD). In seguito, nel 2011, la BWF diviene l'organo direttivo di questo sport. In ogni

caso, la federazione mondiale, a partire dal 1998, ha sempre organizzato con cadenza biennale i Para-Badminton World Champions come più importante manifestazione sportiva di questa disciplina. Tuttavia, i campionati mondiali in questione saranno in parte eclissati dai Giochi Paraolimpici previsti per la prima volta a Tokyo 2020.

1.2 IN ITALIA

In Italia [1][5], il Badminton fa la sua comparsa nel 1940 ed impiega circa una ventina d'anni per diffondersi su tutto il territorio nazionale. In particolare, le città di Padova, Merano e Bolzano sono i centri in assoluto più attivi nella promozione di questo sport. In tal senso, il padovano Riccardo Simonetti si preoccupa di istituire, nel 1960, la prima Federazione Italiana, successivamente affiliata all'IBF. Nel 1976 nasce l'Associazione Italiana Badminton (AIB) che in seguito accoglie anche lo squash, dando vita all'Associazione Italiana Badminton Squash (AIBS) ed ottenendo quindi il riconoscimento da parte della Federazione Italiana Tennis (FIT). L'anno seguente si svolge il primo campionato italiano e nell'aprile del 1978 sei giocatori della squadra Nazionale Italiana partecipano ai Campionati Europei.

Nel 1985 viene sancita la scissione tra Badminton e Squash decretando così lo scioglimento dell'AIBS e annunciando, di fatto, la costituzione della Federazione Italiana Badminton (FIBa), ancora sotto il patrocinio della Federazione Italiana Tennis.

Tuttavia, nel 2000, il Comitato Olimpico Nazionale Italiano (CONI) riconosce la FIBa come federazione sportiva indipendente, purché operi nel rispetto di quanto sancito dalla BWF, dal CONI stesso e dal CIO. Il 2008 segna per la prima volta la partecipazione di una giocatrice italiana, Agnesi Allegrini, alle Olimpiadi di Pechino. Dopo un evento di questa portata, la disciplina riscuote un enorme successo da parte del pubblico italiano e, per questo motivo, il comune di Milano inaugura, l'anno successivo, ciò che è noto a molti con il nome di PalaBadminton (Figura 1). Si tratta, in sostanza, di un palazzetto dello sport progettato e costruito in conformità con le specifiche esigenze tecniche del Badminton. Proprio per le sue caratteristiche architettoniche, questo edificio ha come obiettivo primario quello di sostenere la diffusione del Badminton nel settore giovanile, scolastico e professionistico, sia nel caso di soggetti normodotati sia nel caso di soggetti affetti da una qualche forma di disabilità.

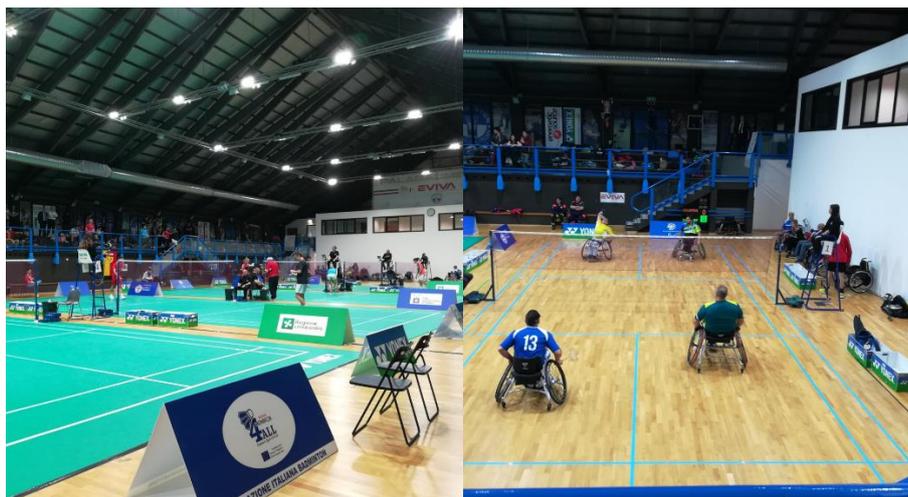


Figura 1: Interno del PalaBadminton durante i Campionati Italiani di Maggio 2019.

Per quanto concerne il Para-Badminton, nel 2013 viene stipulata una convenzione tra FIBa e Comitato Italiano Paraolimpico (CIP), per ideare e mettere in pratica numerosi progetti volti ad includere le persone con disabilità nella pratica del Badminton, sia come professionisti che come dilettanti. Nel 2015, l'atleta Roberto Punzo partecipa prima al Torneo Irish International e dopo ai Campionati del Mondo in Inghilterra rappresentando per la prima volta l'Italia in un panorama internazionale. L'anno seguente il CIP riconosce la FIBa come federazione sportiva paraolimpica e viene indetto il primo circuito nazionale di Para-Badminton composto da tre tornei disputati rispettivamente nelle città di Roma, Palermo e Milano.

1.3 BADMINTON

Il badminton è una disciplina olimpica da campo, terza al mondo per popolarità, i cui rinvii sono i più veloci in assoluto tra gli sport che prevedono l'ausilio di una racchetta. Infatti, a testimonianza di tale peculiarità, sono state registrate velocità del volano tra i 260 km/h e i 330 km/h [5]. Noto in Italia anche con il nome di volano, durante le partite due o quattro giocatori si contendono la vittoria dando vita ad incontri di 5 differenti specialità:

- Singolare (maschile o femminile);
- Doppio (maschile, femminile o misto).

L'obiettivo del Badminton è guadagnare punti colpendo al volo lo "shuttlecock" con la propria racchetta, di modo che tale oggetto sia in grado di oltrepassare la rete e possa quindi cadere a terra nel campo opposto senza che l'avversario riesca in alcun modo a rinviarlo e, al contempo, facendo sì che non atterri al di fuori delle linee di demarcazione. Infine, è ugualmente possibile andare in vantaggio colpendo il corpo o i vestiti dell'avversario con il volano stesso. In merito a questo argomento, dal 1° Febbraio 2006 è entrato in vigore un nuovo sistema di punteggio, denominato "Rally Point System", il quale stabilisce che ad ogni azione chiunque vinca lo scambio, sia esso il servente o il ricevente, ottiene un punto [2]. A questo proposito, il cambio di servizio viene effettuato solo nel momento in cui si verifica l'assegnazione di un punto: se colui

che ha effettuato il servizio perde lo scambio, allora il diritto a servire passa all'avversario fino a quando anche questi commette un errore di gioco. In generale, un incontro di Badminton è composto da un numero dispari di set, solitamente tre, ciascuno dei quali viene vinto dal giocatore o dalla copia che totalizza per primo 21 punti. Tuttavia, il regolamento ufficiale [8] prende in considerazione due casi particolari tali per cui se il punteggio [1][2][4][8] è di 20 pari si prosegue finché non c'è un distacco di 2 ma una volta arrivati a 30 si termina improrogabilmente. Del resto, l'atleta che si aggiudica il set serve per primo nel set successivo e, infine, il vincitore della partita è colui che riesce a conquistare più della metà dei set, ovvero 2 su 3.

Le competizioni agonistiche vengono praticate "indoor" su un campo rettangolare [1][2][4][8] delimitato da linee larghe 40 mm e preferibilmente di colore bianco o giallo, così da essere facilmente distinguibili. Il campo in questione è diviso trasversalmente da una rete di altezza pari a 1.55 m nei punti estremi dei pali di sostegno e 1.524 m al centro. La rete viene realizzata usando un apposito spago scuro e presenta una serie di requisiti ben precisi:

- spessore uniforme con maglia non inferiore ai 15 mm e non superiore ai 20 mm;
- altezza di 760 mm;
- lunghezza di almeno 6.1 m;
- bordatura con nastro bianco di 75 mm nella parte superiore su ambe due i lati.

Per quanto riguarda i pali di sostegno sopracitati, questi ultimi vengono collocati sulle linee laterali del campo da doppio dove mantengono una posizione verticale quando la rete è tesa, così da non protendersi mai sul terreno da gioco. Come si può osservare nella Figura 2, sul campo sono segnate delle aree rettangolari ad indicare l'area di servizio destra e sinistra.

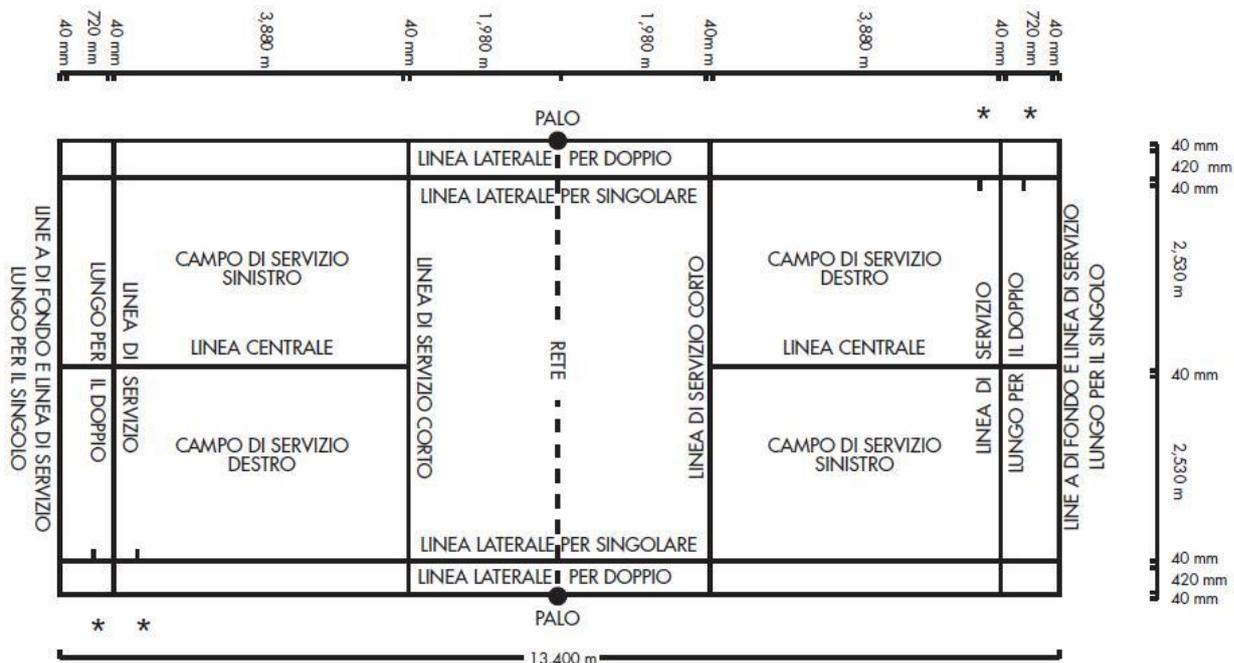


Figura 2: Illustrazione di un campo da Badminton.

Non sono previste differenze in termini di altezza rete tra uomo e donna ma le dimensioni del campo e delle aree di servizio cambiano a seconda che si disputi un match di singolare o doppio (Tabella 1). Ciò nonostante, sia il gioco del singolo che il gioco del doppio iniziano servendo diagonalmente nell'area di servizio avversaria.

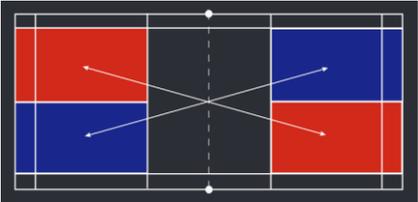
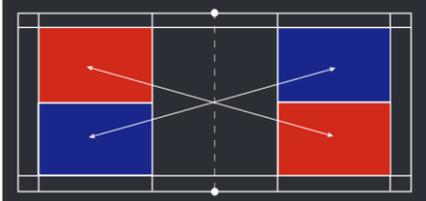
	Dimensione del Campo	Dimensione Area di Servizio
Singolare	13.40 x 5.18 m, non si utilizzano i corridoi laterali larghi 0.46 m ciascuno	4.72 x 5.18m, è lunga e stretta 
Doppio	13.40 x 6.10 m, viene usata l'intera area da gioco	3.96 x 6.10m, è corta e larga 

Tabella 1: Dimensione del campo e dell'area di servizio.

La richiesta di disputare i tornei al coperto è dovuta alla necessità di riparare il campo stesso dal vento in quanto tale agente atmosferico potrebbe compromettere l'andamento del volano. Allo stesso modo, queste strutture simili a palestre proteggono il campo dalle intemperie, così da garantire la presenza di una superficie stabile e con una buona aderenza. Secondo la Federazione Italiana Badminton (FIBa), nei cosiddetti "PalaBadminton" la parte più bassa del soffitto deve essere ad almeno 9 m dalla superficie del campo. È tuttavia ammessa una quota minima di 5 m; in questi campi, cioè quelli in cui la parte più bassa ha un'altezza che può variare tra i 5 m e gli 8.99 m, il servizio viene ripetuto se il volano tocca il soffitto ma è fallo se lo tocca durante lo scambio del punto. Intorno al campo da gioco l'out laterale minimo è di 30 cm e quello di fondo di 130 cm, entrambi liberi da ostacoli. Quando viene utilizzato il seggiolone per l'arbitro e la sedia per il giudice di servizio, l'out laterale deve essere tale da contenerli. Allo stesso modo, nel caso di manifestazioni internazionali, la Badminton World Federation (BWF) consiglia un'altezza di 12 m ma l'altezza minima obbligatoria è di 9 m. Intorno al campo da gioco vi deve essere uno spazio libero di 2.5 m; lo spazio laterale fra un campo e l'altro deve essere almeno di 2 m [8].

Nel gioco del badminton gli atleti devono possedere un elevato numero di abilità sportive [5], le quali vengono suddivise in due differenti gruppi:

- Capacità Condizionali, corrispondenti a prestanza fisica, agilità, resistenza aerobica, forza esplosiva e velocità;

- Capacità Coordinative, in particolare quella oculo-motoria da cui derivano l'equilibrio e la prontezza di riflessi, a sua volta strettamente correlata all'anticipazione motoria e al timing (giusto tempo).

Potendo contare su questi tipi di competenze, gli scambi rapidi, i cambi di fronte ed i movimenti spettacolari che ne risultano sono subordinati alla qualità del materiale che compone l'attrezzatura. Infatti, è fondamentale disporre di volani e racchette consoni al livello di gioco e di competizione al quale si partecipa.

Il volano [1][5][8] è simile ad un proiettile aperto di forma conica la cui base, arrotondata sul fondo, viene realizzata con del sughero rivestito da un leggero strato di pelle (Figura 3). Sulla base appena descritta viene quindi ancorato il cesto costituito da 16 penne, di uguale lunghezza ed in materiale naturale o sintetico, collegate saldamente tra loro con due fili di cotone per formare un cerchio. È utile sapere che i volani in piuma d'oca tendono a rompersi o a deteriorarsi facilmente (vengono sostituiti al termine di ogni scambio) ma, d'altra parte, assicurano un'eccellente tenuta in traiettoria e possono raggiungere velocità incredibili. Per contro, i volani sintetici sono economici e, a seconda del colore, possiamo dire che quelli rossi sono i più veloci, quelli blu sono i cosiddetti "normali", mentre quelli verdi sono i più lenti. Conosciuto in inglese con il nome di "shuttlecock", si tratta di un oggetto leggero e bilanciato: ha una lunghezza compresa tra 6.2 e 7.0 cm ed un peso variabile da 4.74 g a 5.50 g.



Figura 3: Volano.

Le racchette da Badminton [1][5][8], la cui struttura viene illustrata in Figura 4, sono composte da un pezzo unico realizzato in alluminio, carbonio, grafite o una miscela di questi elementi. Questo metodo di fabbricazione le rende decisamente meno solide e più costose rispetto alle racchette a due pezzi ma da tale caratteristica ne derivano anche una serie di vantaggi tra cui una maggiore maneggevolezza ed una trasmissione ottimale della forza. Inoltre, le racchette si distinguono tra loro a seconda che il telaio sia più o meno rigido ed in base alle dimensioni del manico e alla modalità con cui viene ripartito il peso. Per questo motivo, esistono, di fatto, tre categorie principali di racchette:

- equilibrate;
- più pesanti sul manico;

- più pesanti sul reticolo o piatto della racchetta (area accordata).

Area accordata, parte della racchetta che va ad impattare con il volano. Deve essere piatta e di corde che si sovrappongono alternativamente l'una sull'altra o si annodano tra loro nei punti dove si incrociano. La conformazione deve essere uniforme, in altre parole non ci devono essere zone con una rete più o meno fitta rispetto ad altre. Per quanto concerne le dimensioni, non deve essere più lunga di 280 mm e non più larga di 220 mm.

Lunghezza Telaio ≤ 680 mm
Larghezza Telaio ≤ 230 mm
85 gr ≤ Peso Racchetta ≤ 120 gr, di conseguenza leggere



Figura 4: Racchetta.

1.4 PARA-BADMINTON

Il Para-Badminton è la versione Paraolimpica del Badminton a cui partecipano atleti di ambedue i sessi con una disabilità fisica che interessa la parte superiore o inferiore del corpo. Tale condizione, di solito, è dovuta ad amputazioni, lesioni del midollo spinale o ulteriori patologie che limitano i movimenti del soggetto coinvolto. L'International Paralympic Committee (IPC) riconosce la BWF come organo governativo che si impegna a regolare, promuovere e sviluppare il Para-Badminton a livello mondiale.

Le regole adottate nel Para-Badminton [1][8] coincidono con quelle del Badminton classico ad eccezione di alcune lievi modifiche volte a facilitare il gioco per tutti coloro che, a causa di diverse tipologie di "impairments", hanno difficoltà a compiere spostamenti brevi e ad elevata velocità lungo una qualunque direzione. Le 5 diverse specialità con cui si compete nel Badminton (singolare femminile e maschile, doppio femminile e maschile e doppio misto) sono ugualmente previste nel Para-Badminton. In quest'ultimo, talvolta, è anche possibile assistere ad incontri tra giocatori appartenenti a categorie diverse purché tali combinazioni siano eque, cioè assicurino a chi vi partecipa la stessa probabilità di vincere. Persino la modalità con cui vengono conteggiati i punti nel Para-Badminton è identica a quella prevista nel Badminton classico. Tuttavia, le dimensioni del campo variano a seconda che gli atleti impegnati nel match appartengano ad una data categoria di gioco piuttosto che ad un'altra. Sempre per quanto riguarda la disposizione del campo, la rete preserva un'altezza di 1.55 m nel punto più alto. Normalmente, il campo da gioco

è rivestito con un tappeto ma nel caso dei giocatori su sedia a rotelle tale substrato viene rimosso privilegiando l'utilizzo del parquet così da non costituire un ostacolo per lo scivolamento delle ruote. Se già nel Badminton classico i giocatori scelgono le racchette che meglio assecondano il loro stile di gioco e le loro abilità, questo aspetto è ulteriormente accentuato nel caso dei "Wheelchair". Infatti, l'impugnatura della racchetta deve permettere loro di far scorrere le mani sul push-rim, così da guidare in modo piuttosto agevole la carrozza. Non ci sono invece preferenze per il tipo di volano adoperato.

1.4.1 Classificazione

Il sistema di classificazione è quel processo per mezzo del quale un giocatore viene inserito in una specifica classe sportiva. Questa procedura viene portata a termine in maniera piuttosto rigorosa di modo che gli atleti appartenenti alla medesima categoria abbiano capacità fisiche simili e possano, quindi, concorrere lealmente l'uno contro l'altro. L'assegnazione dell'atleta ad una classe piuttosto che ad un'altra è a carico del medico classificatore il quale, dopo un'attenta valutazione fisica e sportiva, stabilisce l'impatto di una determinata disabilità sulla capacità di competere in uno specifico sport. Tali valutazioni includono attività ed esercizi in cui la prestazione fisica richiesta è equiparabile a quella necessaria per praticare un certo tipo di sport, aggiungendo in un secondo momento ulteriori osservazioni durante un allenamento o una partita.

Per quanto riguarda la classificazione del Para Badminton [1], si hanno tre classi sportive principali: Wheelchair, Standing, Short Stature. Nel seguito le tre classi vengono descritte nel dettaglio.

- Wheelchair Sport Classes, chi vi appartiene necessita di una sedia a rotelle per poter giocare in quanto presenta una compromissione degli arti inferiori e delle funzioni del tronco. In base alla gravità delle loro lesioni i soggetti vengono divisi ulteriormente in due categorie:
 - Wheelchair 1 – WH1, hanno un controllo minimo del tronco (spasticità severa, tetraplegia e paraplegia severa che implicano una paralisi importante dei muscoli addominali e delle gambe);
 - Wheelchair 2 – WH2, possiedono un maggior controllo di torace, addome e bacino rispetto alla categoria precedente (lesione midollare al di sotto di T12, diplegia moderata, spasticità moderata).

Nel singolare un WH1 non può mai scontrarsi con un WH2 ma nel doppio un atleta di categoria WH1 può avere come compagno sia un WH1 che un WH2. Tuttavia, in condizioni di doppio, un giocatore WH2 non può mai gareggiare in copia con un altro WH2. Relativamente al campo, quest'ultimo viene adattato sia nel singolare che nel doppio. Nel primo caso gli atleti giocano solo su metà campo (Figura 5, sinistra) mentre nel secondo caso competono a tutto campo (Figura 5, destra) ma, in ambedue le condizioni di gioco, l'area frontale (dalla linea di servizio alla rete) è da

considerarsi sempre “fuori”. Infine, il corridoio a fondo campo di doppio è da considerarsi “fuori” solo durante il servizio. Per questo motivo, nel caso degli atleti in carrozzina, l’area di servizio è larga e corta.

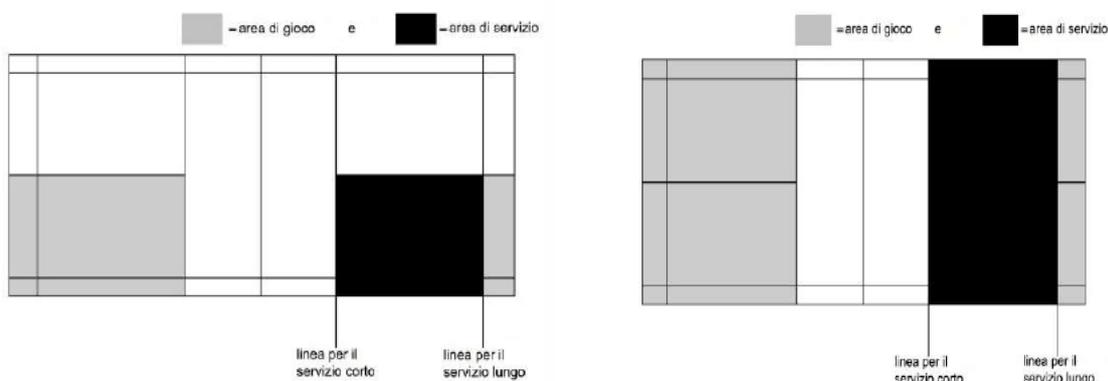


Figura 5: Campo da singolare (sinistra) e da doppio (destra) per i Wheelchair.

- Standing Sport Classes, coloro che vengono assegnati a questa classe gareggiano in piedi e vengono ripartiti in tre categorie, a seconda di quale impatto le loro “injuries” hanno sulla pratica del volano:
 - Standing Lower 3 – SL3, soggetti con problemi ad uno o ad entrambi gli arti inferiori ed uno scarso equilibrio nella marcia o nella corsa (amputazione sopra il ginocchio, deficienza congenita dell’arto, poliomelite);
 - Standing Lower 4 – SL4, persone con disabilità agli arti inferiori ma con una minore difficoltà a muoversi rispetto agli SL3 (amputazione sotto il ginocchio, deficienza congenita dell’arto, poliomelite);
 - Standing Upper 5 – SU5, atleti che presentano una menomazione degli arti superiori (amputazione dell’arto superiore, deficienza congenita dell’arto, poliomelite, ictus, lesione al plesso brachiale).

Nel singolare gli SL3 giocano solo su metà campo, incluso il corridoio laterale, mentre gli SL4 e gli SU5 gareggiano a tutto campo. In ogni caso, l’area di servizio risulta essere sempre lunga e stretta (Figura 6).

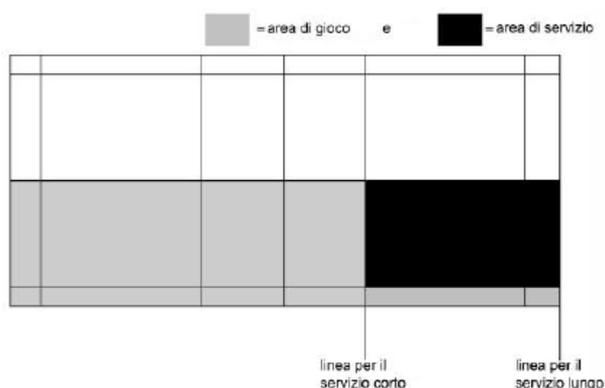


Figura 6: Campo da singolare per gli SL3.

Alcuni Standing fanno uso di apposite stampelle, altri ancora hanno bisogno di un arto artificiale, ricordando tuttavia che le protesi agli arti superiori non sono concesse. La Tabella 2 che segue ha invece l'intento di spiegare come queste tre sottoclassi competono tra di loro nel doppio.

	SL3	SL4	SU5
Doppio Maschile	SL3 + SL3 SL3 + SL4	SL3 + SL4	SL3 + SL3 SL3 + SL4 SL3 + SU5 SL4 + SL4 SL4 + SU5 SU5 + SU5
Doppio Femminile e Misto	SL3 + SL3 SL3 + SL4 SL4 + SL4 SL3 + SU5	SL3 + SL3 SL3 + SL4 SL4 + SL4 SL3 + SU5	SL3 + SL3 SL3 + SL4 SL4 + SL4 SL3 + SU5

Tabella 2: Possibili copie di Standing nel doppio.

- Short Stature Class – SS6, raggruppa tutti quei giocatori affetti da patologie come l'acondroplasia. Nello specifico, gli atleti di sesso maschile non possono superare i 145 cm di altezza ed una lunghezza del braccio di 66 cm. Allo stesso modo, i giocatori della categoria femminile non possono oltrepassare i 137 cm di altezza e una lunghezza del braccio di 63 cm. In ultima analisi, non sono previste modifiche circa la dimensione del campo.

1.4.2 Attrezzature Aggiuntive

La disponibilità in commercio di attrezzature sportive specializzate [1][8] consente alle persone con lesioni al sistema locomotorio di praticare uno sport in totale sicurezza, dando loro l'opportunità di raggiungere risultati sportivi apprezzabili. Trovandoci nell'ambito del Para-Badminton possiamo affermare che questi strumenti in dotazione ai disabili comprendono protesi per gli arti inferiori, bastoni canadesi, comunemente noti con il nome di stampelle, e carrozzine da gioco. Ovviamente, non si tratta di apparecchiature economiche ma all'aumentare della loro qualità aumenta anche il costo.

Nelle categorie sportive WH1, WH2, SL3 e SL4, dove è probabile che il giocatore abbia subito l'amputazione di uno o di entrambi gli arti inferiori, è possibile ricorrere all'utilizzo di una protesi purché quest'ultima sia lunga tanto quanto l'arto esistente e, in genere, sia proporzionata con gli altri arti. Come già accennato nei paragrafi precedenti, l'uso di arti protesici non è invece ammesso nella categoria SU5. Solitamente le protesi sportive sono realizzate in fibra di carbonio e risultano essere conformi alle problematiche di uno specifico giocatore così da permettere ad uno Standing di spostarsi in posizione eretta aumentandone, in contemporanea, la possibilità di movimento. Ad ogni modo, può capitare che il giocatore ricorra alle protesi che usa nella vita di tutti i giorni.

D'altra parte, se il livello di amputazione dell'atleta lo consente, si può ricorrere all'ausilio di un bastone canadese la cui altezza non deve oltrepassare quella misura naturale del giocatore che va dall'ascella al suolo. In altre parole, si tratta di stampelle posizionate al di sotto del braccio, più precisamente a livello dell'ascella o del gomito, che permettono al soggetto di rimanere in piedi durante il gioco, senza però essere adoperate per colpire il volano (Figura 7). Come nel caso delle protesi, i bastoni canadesi si adattano alle esigenze funzionali del singolo individuo ma per poterle supportare richiedono sempre un lavoro attivo degli arti superiori, soprattutto della spalla.



Figura 7: Kidega Bosco, Uganda International Para-Badminton Championship 2017.

Nel caso delle sedie a rotelle, queste ultime vengono progettate per essere conformi alle caratteristiche fisiche dell'atleta e, allo stesso tempo, alla sua cinematica nonché alla dinamica richiesta dalla disciplina sportiva in questione. Solitamente, quando si modifica una carrozza, la priorità viene data alla sicurezza e alla stabilità grazie alle quali il giocatore non perde l'equilibrio. Ad esempio, l'altezza dello schienale varia per evitare che possa interferire con il movimento della scapola o del gomito e, talvolta, esiste la possibilità di abbassarlo nell'immediato a seconda di quanto si è comodi. Le ruote principali presentano una certa campanatura e sono dotate di un apposito push-rim sul quale l'atleta fa scorrere la mano per spostare o frenare la carrozza. Per questa ragione, gli atleti in sedia a rotelle indossano spesso dei guanti al fine di evitare dolorose abrasioni e calli, ma le dita rimangono scoperte per avere una presa più salda sulla racchetta. La parte anteriore è dotata di un poggiatesta e di due ruote integrate più piccole così da imporre più facilmente un rapido cambio di direzioni. In modo speculare, nella parte posteriore ci sono nuovamente due ruote aggiuntive più piccole con funzione di antiribaltamento. Queste ultime, infatti, entrano in azione quando il giocatore inarca, per quanto possibile, la schiena con l'obiettivo di riuscire a colpire il volano che si trova alle sue spalle. Di conseguenza, in una situazione di questo tipo, le ruote posteriori si attivano per evitare, giustappunto, che l'atleta si ribalti all'indietro. Sia le due ruote anteriori che quelle posteriori si estendono ben oltre lo spazio occupato dalle ruote principali. Infine, l'utilizzo delle sedie a rotelle è regolamentato come segue:

- i piedi dei giocatori devono essere obbligatoriamente immobilizzati sul poggiapiedi e, nel caso di persone con gravi lesioni al midollo spinale, è possibile fissare sulla sedia a rotelle anche le cosce ed il busto servendosi di apposite cinture. Tali fasce di stabilizzazione impediscono al soggetto di scivolare a terra;
- il sedile della carrozzina, compresa l'imbottitura, può essere tenuto in posizione orizzontale o inclinato all'indietro. Non può mai essere inclinato in avanti;
- quando un giocatore colpisce il volano, parte del tronco e le gambe devono essere in contatto con il sedile della carrozzina;
- la sedia a rotelle non deve avere dispositivi elettrici che ne agevolano il movimento o lo sterzo.

Un esempio di carrozzina usata per il Badminton è riportato in Figura 8.

Materiale: acciaio verniciato ed alluminio anodizzato.

∅ ruote antiribaltamento: 50mm.

Asse centrale regolabile in larghezza (da 500 mm a 700 mm) e per quanto concerne l'angolo di campanatura delle ruote (da 15° a 22°).

Seduta regolabile in angolo di inclinazione (da 25° a -12,5°), punto di bilanciamento (20 posizioni differenti) ed altezza dalla pedana (da 370mm a 480mm).

Pedana regolabile in altezza da terra (da 45mm a 100mm) ed angolo inclinazione.

Schienale regolabile in altezza dalla seduta (da 0mm a 310mm) e doppia inclinazione (sopra da 0° a 25°, sotto da 0° a 15°).

Sistema di basculamento: 4 ruotini indipendenti

Taglie della seduta: S per una larghezza dei bacini da 26cm a 38cm, M copre da 30cm a 42cm, L da 40cm a 50cm.

Cinghie in tessuto: piedi, ginocchia, gambe, bacino, busto.

Taglie dello schienale: S 28.5 x 16.5 cm, M 34 x 21 cm, L 28 x 21 cm.

Ruote supportate: 24',25',26',28'.



Figura 8: Carrozzina da Badminton prodotta dall'azienda italiana Lab3.11.

1.5 TECNICA

Le partite di Badminton si contraddistinguono per i movimenti rapidi eseguiti dagli stessi giocatori lungo una qualunque direzione. Il centro del gioco non corrisponde all'esatta metà geometrica del campo, motivo per cui la posizione di attesa ritenuta ottimale è fortemente legata all'azione che si sta per verificare. Infatti, mentre l'atleta aspetta l'arrivo del volano, deve assumere una postura talmente efficace che gli consente, non solo di scattare verso una qualsiasi zona del campo, ma anche di eseguire correttamente il colpo da lui ritenuto più adatto. In genere, mentre il volano è in gioco verso o nel campo avversario, si consiglia di adottare una posizione il più possibile neutra [2] così da intervenire in modo piuttosto celere evitando, tuttavia, forzature e movimenti superflui. Ad esempio, in seguito all'esecuzione di un drop, il giocatore rimane il più

delle volte vicino alla rete poiché il tiro dell'avversario sarà probabilmente debole e corto. Normalmente, agli Standing, disabili o normodotati che siano, si suggerisce di mantenere i piedi paralleli e distanziati tra loro in linea con le spalle, i talloni appena sollevati, le ginocchia leggermente piegate ed il busto inclinato in avanti. Ciò che è valido anche per i Wheelchair riguarda, invece, gli arti superiori. Le braccia, infatti, devono essere rilassate con la testa della racchetta all'altezza degli occhi ed i gomiti staccati dal corpo.

Lo scopo primario del Badminton, come ripetuto più volte, consiste nel far terminare il prima possibile una serie di scambi al volo, durante i quali si alternano colpi di dritto e di rovescio, smorzate, pallonetti e colpi tesi. È interessante sapere che in condizioni di dritto la faccia della racchetta corrisponde al palmo della mano, mentre in condizioni di rovescio coincide con il dorso [2]. Inoltre, data l'elevata varietà di colpi risulta necessario distinguere tre diversi tipi di impugnature [7], ognuna delle quali meglio si adatta ad un tipo di tiro piuttosto che ad un altro:

- Impugnatura di base o universale o a "V" (Figura 9). Deve essere rilassata. L'indice è arcuato sul manico mentre il pollice si inserisce tra l'indice stesso e il dito medio. Così facendo, il pollice e l'indice formano una "V" il cui vertice è collocato sul piccolo lato smussato del manico della racchetta. Viene usato per il Clear ed i vari colpi condotti in condizioni di dritto.



Figura 9: Impugnatura di base.

- Impugnatura con il pollice (Figura 10). Il pollice si trova sul lato più largo del manico con lo scopo di generare ulteriore potenza. Tra il pollice stesso e l'indice si crea uno spazio vuoto di modo da ottenere una presa piuttosto morbida. Si ricorre a questo tipo di impugnatura per alcuni colpi di rovescio.



Figura 10: Impugnatura con il pollice.

- Impugnatura ad angolo (Figura 11). Rispetto all'impugnatura di base il pollice si allunga sul lato smussato del manico. Viene adottato per i Clear ed i vari colpi eseguiti in condizioni di rovescio.



Figura 11: Impugnatura ad angolo.

In tutti e tre i casi, un assetto corretto si ha quando l'angolo formatosi tra l'avambraccio e la racchetta è di circa $135^\circ - 150^\circ$ [2].

Dal punto di vista didattico, è possibile scomporre ciascun colpo in quattro diverse fasi [7] che si susseguono tra loro secondo un ordine ben preciso:

- Preparazione, la racchetta è pronta;
- Back Swing, la racchetta "carica" il colpo allontanandosi dal volano;
- Forward Swing, la racchetta si avvicina al volano per colpirlo;
- Follow Through, la racchetta dopo l'impatto si porta in posizione di "guardia" davanti al corpo.

Nelle fasi di Back Swing e Forward Swing risulta di fondamentale importanza la rotazione dell'avambraccio. A tal proposito, la muscolatura appartenente a questa porzione di arto superiore costituisce il motore chiave che, supportato dall'azione coordinata e combinata degli altri muscoli, genera la potenza necessaria affinché il piatto corde acceleri e, di conseguenza,

colpisca il volano. Più precisamente, le rotazioni interne dell'avambraccio, pronazioni, sono usate per i colpi di dritto mentre le rotazioni esterne, supinazioni, sono usate per i colpi di rovescio. In entrambi i casi, sia che si ricorra ad una pronazione piuttosto che ad una supinazione, l'impatto tra la racchetta ed il volano può avvenire sotto la mano, sopra la mano o sopra la testa. Effettuando un rapido confronto con il tennis, possiamo affermare che, nei giocatori di Badminton, il polso compie un lavoro decisamente maggiore [7].

1.5.1 I colpi.

Come introdotto in precedenza, nel Badminton esistono diverse tipologie di colpi: il Servizio, il Clear, il Drive, il Drop, il Lob, il Net Drop, lo Smash. I colpi verranno spiegati in modo approfondito identificandone le fasi [2][6][7].

- **Il Servizio**

Il servizio è il fondamentale tecnico per mezzo del quale si dà inizio allo scambio e rappresenta, inoltre, un'occasione sicura per andare in attacco. Per questa ragione, dato che il servizio aumenta in modo considerevole la probabilità di fare punto, l'organo competente ha deciso di regolamentare la sua esecuzione in modo piuttosto severo. Il giocatore, infatti, deve servire dal basso cosicché l'impatto tra l'area accordata della racchetta e la base del volano avvenga al di sotto della vita, nel caso degli Standing, o dell'ascella, nel caso dei Wheelchair. In particolare modo, con il termine "vita" si intende la linea immaginaria passante per le ultime due costole, ovvero quelle che in gergo medico vengono chiamate costole fluttuanti. Se colui che serve ha conseguito un numero di punti pari allora il servizio viene effettuato sul lato destro del campo, altrimenti se il punteggio è dispari il servizio viene eseguito da sinistra. Tuttavia, indipendentemente dal lato del campo dove si serve, i piedi o le ruote della sedia a rotelle devono trovarsi dietro la linea di servizio. Inoltre, nel caso degli Standing, i piedi del servente e del ricevente devono rimanere in contatto con la superficie del campo, in posizione stazionaria, da quando ha inizio il servizio fino a che il volano non è stato colpito. Analogamente, nel caso del Para-Badminton in carrozza, le ruote di chi serve e di chi riceve devono essere ferme dall'inizio del servizio fino a quando questo non è stato effettuato. Si ricorda che agli atleti in condizioni di servizio non sono mai concessi ritardi o finte. Come illustrato in Tabella 3, esistono due principali tipi di servizio, quello di dritto e quello di rovescio.

SERVIZIO	Preparazione	Back Swing	Forward Swing	Follow Through
Dritto	<ul style="list-style-type: none"> ○ Adottare una postura sul fianco spostando il peso del corpo sulla gamba posteriore; ○ Usare un'impugnatura a V; ○ Tenere la racchetta e il volano in alto. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Trasferire il peso del corpo in avanti; ○ Lasciare cadere il volano di lato o in avanti; ○ Abbassare la racchetta; ○ Piegare il polso e supinare l'avambraccio. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Continuare a trasferire il peso del corpo sul piede anteriore; ○ Portare la racchetta in avanti ricorrendo ad una pronazione dell'avambraccio per accelerarne il movimento; ○ Colpire con forza il volano. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Il colpo si conclude con la racchetta che sale verso l'alto.
Rovescio	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mettere il piede dominante in avanti vicino alla "T" del campo; ○ Usare un'impugnatura con il pollice; ○ Distendere il braccio per tenere la racchetta lontana e davanti al corpo (inclinazione di 15°); ○ Posizionare la parte in sughero del volano di fronte al piatto corte. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pronare l'avambraccio e flettere il gomito: la racchetta si sposta all'indietro cosicché il piatto corde risulti aperto e inclinato verso il corpo. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Spingere la racchetta in avanti tramite una supinazione dell'avambraccio ed un'estensione del gomito; ○ Rilasciare il volano e colpirlo. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Continuare a spingere la racchetta facendola salire verso l'alto.

Tabella 3: Fasi del Servizio di Dritto e del Servizio di Rovescio.

Infine, il servizio può anche essere corto, inducendo il ricevente ad avanzare per liberare spazio a fondo campo, oppure alto, quando si parte da una posizione neutrale o difensiva e si vuole far

cadere il volano al centro del campo avversario, senza tuttavia che quest'ultimo angoli troppo la risposta. In ogni caso, la fase di Forward Swing deve essere eseguita con continuità e, in questo frangente, è possibile imporre un'ulteriore accelerazione alla supinazione dell'avambraccio di modo che lo "shuttlecock" venga colpito con maggior decisione e indirizzato, come diretta conseguenza, verso la linea di fondo. In una circostanza di questo tipo, si parla di Servizio Flick di Rovescio. Tutti gli altri colpi utilizzati durante una partita di Badminton si distinguono tra loro a seconda della traiettoria (Figura 12), del punto di impatto e della potenza applicata al volano. Vengono quindi descritte qui di seguito le varie sfaccettature che ci consentono di identificare un colpo piuttosto che un altro.

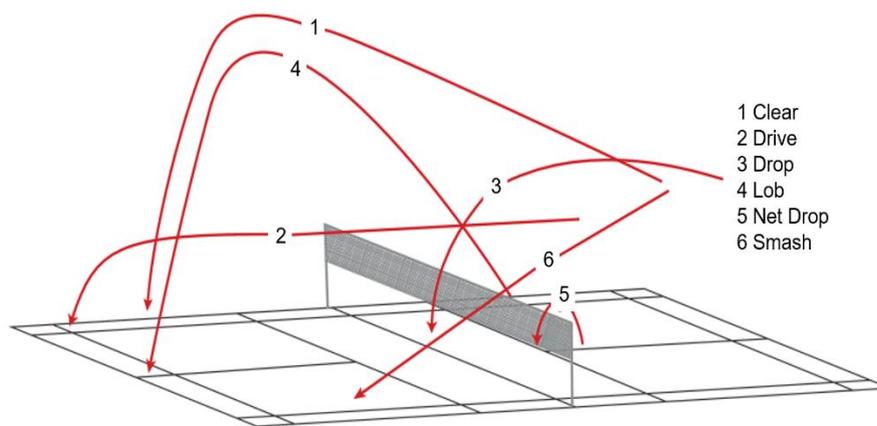


Figura 12: Traiettorie caratterizzanti i diversi colpi usati nel Badminton.

- Il Clear.

Durante l'esecuzione di un Clear (Tabella 4), il piatto corde entra in contatto con il volano sopra la testa del giocatore ed in seguito all'impatto, piuttosto energico, lo "shuttlecock" in questione si dirige da una linea di fondo all'altra, scavalcando opportunamente l'avversario. Il rivale è quindi costretto ad arretrare lasciando scoperta la parte frontale del campo e preparandosi ad una risposta meno incisiva. Si ricorre ad un Clear di tipo difensivo quando ci si trova in difficoltà o al più in una condizione di parità. In questa situazione, infatti, è necessario ottenere una traiettoria più alta grazie alla quale è possibile guadagnare del tempo, a sua volta indispensabile per recuperare l'equilibrio e trovare una buona posizione in campo. D'altra parte, quando lo scambio volge a proprio favore, si utilizza un Clear di tipo offensivo caratterizzato da una traiettoria più bassa e tesa che oltrepassa a malapena la racchetta dell'avversario.

	Preparazione	Back Swing	Forward Swing	Follow Through
Clear	<ul style="list-style-type: none"> ○ Usare un'impugnatura a di base; ○ Assumere una postura laterale rispetto al volano; ○ Traferire il peso corporeo sul piede posteriore che è posto a martello rispetto a quello anteriore; ○ Muovere il gomito all'indietro. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compiere una supinazione con il braccio e l'avambraccio della racchetta mentre il gomito ed il bacino avanzano; ○ Controllare e bilanciare la rotazione del tronco attraverso il braccio la cui mano non impugna la racchetta; ○ Spostare la gamba del lato dominante in avanti rispetto all'altra. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Eseguire una pronazione di braccio e avambraccio così da estendersi il più possibile verso l'altro facendo avanzare, oltremodo, la racchetta; ○ Colpire il volano con forza davanti alla spalla; ○ Il piede del lato dominante atterra divenendo il piede frontale. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Proseguire con la pronazione dell'avambraccio di modo che la racchetta scenda ed assuma una posizione di guardia davanti al busto.

Tabella 4: Fasi del Clear.

- Il Drive.

Quando il volano si trova di lato o davanti al corpo allora l'atleta si serve di un tiro veloce, piatto e teso conosciuto con il nome di Drive (Tabella 5). Il volano, a partire dalla propria metà campo, viaggia di poco sopra la rete seguendo una traiettoria parallela alla superficie che gli consente, alla fine, di giungere in prossimità del centro o del fondo campo avversario. Vengono usati in circostanze neutrali quando lo "shuttlecock" non è né abbastanza alto per poterlo attaccare né sufficientemente basso per i colpi di difesa. L'obiettivo è ridurre le possibilità di attacco della controparte e, eventualmente, cercare di portarsi in vantaggio indirizzando il volano o contro il corpo del rivale o, in alternativa, verso un'area sguarnita.

	Preparazione	Back Swing	Forward Swing	Follow Through
Drive	<ul style="list-style-type: none"> ○ Usare un'impugnatura a a V mantenendo la racchetta alta. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Protendersi piegando di poco il gomito; ○ Supinare l'avambraccio creando un angolo tra braccio e racchetta. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Distendere il gomito; ○ Supinare e pronare l'avambraccio; ○ Colpire il volano davanti al corpo appena sopra la testa. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Atterrare sul piede non dominante.

Tabella 5: Fasi del Drive.

- Il Drop.

Analogamente, il colpo denominato Drop (Tabella 6) comincia sempre nell'area posteriore del proprio terreno di gioco ma, al contrario del drive, termina nella parte frontale del campo avversario. Il suo scopo principale è quello di far muovere in avanti l'avversario così da creare spazio nelle vicinanze della linea di fondo. Secondo questo specifico intento esistono, di fatto, due tipi di Drop. In primis, se l'atleta si sta muovendo in attacco allora opterà per un Drop di Dritto al fine di sbilanciare la controparte e costringerla ad un Lob. In questo particolare caso, il volano cade in un punto ben distante dall'esatta posizione occupata dalla rete: i più lunghi poco dopo la linea di servizio ed i più corti tra la rete e la linea di servizio. D'altra parte, quando il volano arriva sul lato sinistro del corpo, il giocatore è obbligato a ricorrere ad un Drop di Rovescio, così da rinviare lo stesso "shuttlecock" subito dopo la rete. Optando per una scelta di questo genere, il giocatore si sente meno sotto pressione e riesce, nel contempo, a ridurre le possibilità di attacco del rivale.

DROP	Preparazione	Back Swing	Forward Swing	Follow Through
Dritto	<ul style="list-style-type: none"> ○ Usare un'impugnatura a di base; ○ Assumere una postura laterale rispetto al volano protendendo, nel frattempo, il braccio verso l'alto per innalzare la racchetta; ○ Traferire il peso corporeo sul piede dominante, sito in posizione posteriore e disposto a martello rispetto a quello anteriore; ○ Muovere il gomito all'indietro. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compiere una supinazione con il braccio e l'avambraccio della racchetta mentre il gomito ed il bacino avanzano; ○ Controllare e bilanciare la rotazione del tronco attraverso il braccio la cui mano non impugna la racchetta; ○ Spostare la gamba del lato dominante in avanti rispetto all'altra. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Eseguire una pronazione di braccio e avambraccio così da estendersi il più possibile verso l'alto facendo avanzare, oltremodo, la racchetta; ○ Rallentare la pronazione; ○ Colpire il volano con forza davanti alla spalla; ○ Il piede del lato dominante atterra divenendo il piede frontale. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Proseguire con la pronazione dell'avambraccio di modo che la racchetta scenda ed assuma una posizione di guardia davanti al busto.

DROP	Preparazione	Back Swing	Forward Swing	Follow Through
Rovescio	<ul style="list-style-type: none"> ○ Usare un'impugnatura con il pollice o ad angolo; ○ Tenere il gomito verso il basso e la testa della racchetta verso l'alto; ○ Mantenere il gomito piegato. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compiere una pronazione con il braccio e l'avambraccio mentre il gomito si sposta verso l'alto e l'area accordata della racchetta verso il basso. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Stendere il braccio, anche se non completamente, mentre braccio e avambraccio sono ruotati verso l'interno; ○ Ridurre la rotazione del braccio; ○ Colpire il volano leggermente dietro il corpo con la mano sotto lo stesso "shuttlecock". 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ritornare ad una posizione di guardia.

Tabella 6: Fasi del Drop.

- Il Lob.

Nel momento in cui ci si trova in prossimità della rete, dovendo obbligatoriamente rinviare il volano a partire dalla propria area frontale, e volendo far cadere lo stesso verso la linea di fondo avversaria, l'atleta deve adottare il tiro noto come Lob (Tabella 7). Anche in questo caso ne esistono più versioni: quello di dritto, se lo "shuttlecock" viene indirizzato sul lato destro del corpo, viceversa, quello di rovescio se si dirige sul lato sinistro. Inoltre, quando ci si trova in una fase neutrale del gioco, e lo "shuttlecock" sta scendendo appena sotto l'altezza del nastro, è un buon momento per ricorrere ad un Lob di Attacco. Il Lob di Attacco è caratterizzato da una traiettoria in grado di oltrepassare la racchetta dell'avversario, costretto a sua volta a rispondere con un colpo più debole. Infine, una fase difensiva del gioco ed uno shuttlecock parecchio sotto l'altezza del nastro ricreano una condizione ideale per l'esecuzione del Lob di Difesa. Quest'ultimo, di fatto, è utile per spingere l'avversario a fondo campo così da guadagnare del tempo a sua volta fondamentale per riposizionarsi correttamente sul terreno di gioco.

LOB	Preparazione	Back Swing	Forward Swing	Follow Through
Dritto	<ul style="list-style-type: none"> ○ Usare un'impugnatura a di base; ○ Tenere la racchetta lontana e davanti al corpo. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Protendersi in avanti; ○ Compiere una supinazione con l'avambraccio; ○ Avanzare verso il volano; ○ Tenere la racchetta in diagonale rispetto alla rete affinché il polso rimanga allineato con l'avambraccio; ○ Posizionare il piatto corde al di sotto del volano; ○ Piegare il polso. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Eseguire una pronazione con l'avambraccio; ○ Flettere il gomito; ○ Piegare il polso; ○ Colpire il volano atterrando con il piede della racchetta a terra al momento dell'impatto o subito dopo. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Proseguire con la pronazione dell'avambraccio di modo che la racchetta salga verso l'alto ed assuma una posizione di guardia davanti al corpo.
Rovescio	<ul style="list-style-type: none"> ○ Usare un'impugnatura a di base; ○ Tenere la racchetta lontana e davanti al corpo. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Passare ad un'impugnatura a con il pollice o ad angolo; ○ Protendersi in avanti; ○ Compiere una pronazione con l'avambraccio; ○ Posizionare il piatto corde al di sotto del volano; ○ Flettere il gomito; ○ Aumentare la pronazione. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Eseguire una supinazione dell'avambraccio; ○ Colpire il volano atterrando con il piede della racchetta a terra al momento dell'impatto o subito dopo. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fermare la supinazione; ○ Tornare all'impugnatura a di base e posizionare la racchetta davanti al corpo.

Tabella 7: Fasi del Lob.

- Il Net Drop.

Il Net Drop (Tabella 8) rappresenta, invece, una valida alternativa al Lob di difesa nel momento in cui il volano, mentre è in caduta libera, si trova di molto sotto l'altezza del nastro. Tuttavia, a differenza del Lob di difesa, il Net Drop è un tiro debole che inizia e finisce nelle più immediate

vicinanze della rete. Il suo intento primario è, dunque, quello di far spostare il rivale verso l'area frontale del campo liberando così la parte posteriore a vantaggio di chi esegue il net drop. Costui, infatti, ha la piena facoltà di compiere un possibile attacco da indirizzare a fondo campo.

	Preparazione	Back Swing	Forward Swing	Follow Through
Net Drop	<ul style="list-style-type: none"> ○ Usare un'impugnatura a di base; ○ Tenere la racchetta lontana e davanti al corpo. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Protendersi; ○ Ruotare il braccio; ○ Portare l'area accordata della racchetta verso il volano. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Spostare il corpo in avanti; ○ Spingere il volano in avanti e verso l'alto. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mantenere la racchetta alta.

Tabella 8: Fasi del Net Drop.

- Lo Smash.

In ultima analisi, andiamo a trattare lo smash (Tabella 9) il quale, spesso, viene paragonato ad una vera e propria schiacciata. Infatti, si tratta di un colpo diretto dall'alto verso il basso in cui l'atleta prova, con estrema forza, ad intercettare in anticipo il volano in prossimità della propria linea di fondo per poi convogliarlo, dopo l'impatto, verso il centro o il fondo campo avversario. È l'azione d'attacco per eccellenza di cui dispongono i giocatori di Badminton e viene utilizzata dagli stessi per vincere lo scambio o obbligare l'avversario ad una risposta alquanto debole. Attraverso un tiro di questo genere è anche possibile indirizzare lo "shuttlecock" contro il corpo dell'avversario.

	Preparazione	Back Swing	Forward Swing	Follow Through
Smash	<ul style="list-style-type: none"> ○ Usare un'impugnatura a di base; ○ Fare un passo indietro muovendosi paralleli alla linea laterale del campo; ○ Traferire il peso corporeo sulla gamba dominante. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Saltare; ○ Ruotare il tronco; ○ Posizionare il gomito in alto e in avanti; ○ Compiere una supinazione dell'avambraccio 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Proseguire con la rotazione del tronco; ○ Pronare l'avambraccio dirigendo la racchetta verso il volano; ○ Colpire il volano davanti alla spalla dominante. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Terminare la rotazione del tronco; ○ Atterrare; ○ Portare a conclusione la rotazione dell'avambraccio; ○ Spostare la racchetta davanti al corpo.

Tabella 9: Fasi dello Smash.

Capitolo 2

2 ANALISI DELLA LETTERATURA

La letteratura esistente raccoglie un numero veramente esiguo di ricerche scientifiche condotte nell'ambito del Para-Badminton. A questo proposito, non è stato trovato alcuno studio che si sia focalizzato in maniera opportuna sull'analisi del movimento nei giocatori di Badminton disabili, sia per quanto riguarda la categoria Standing sia per quanto concerne la categoria Wheelchair. Di conseguenza, considerando il materiale a nostra disposizione (GoPro HERO3⁺) e le circostanze in cui avremmo potuto lavorare (Campionati Italiani presso il PalaBadminton di Milano), sono stati controllati tutta una serie di articoli che affrontavano argomenti simili agli aspetti che desideravamo trattare. Per queste ragioni, è stato necessario affrontare un'analisi bibliografica il più approfondita possibile passando al vaglio, non solo gli studi riguardanti atleti di Badminton normodotati [9][14][15][16][17][18][19], ma anche gli sport con dinamiche simili al "Volano", come ad esempio il Tennis [10][11] e il Para-Tennis [12][13].

2.1 ATTREZZATURE UTILIZZATE PER L'ACQUISIZIONE

Nei casi di studio più sofisticati, i ricercatori usufruivano del sistema stereo-fotogrammetrico Vicon [10][12][13][17], altrimenti utilizzavano una [9][16][19] o più telecamere [11][14][15][18] abbastanza performanti da riuscire a soddisfare lo scopo finale dell'indagine. È stato utile, quindi, annotare dove le telecamere venivano collocate e come queste erano settate in fase di ripresa. Si tratta, infatti, di due fattori decisivi se si vogliono ottenere dei video di buona qualità. Secondo questo intento, il più delle volte, le camere venivano montate su un tripiede [9][16][18][19] cosicché lo strumento di video analisi in questione fosse portato ad un'altezza dal terreno di 95 cm, 1 m, 1.3 m e 1.21 m rispettivamente, garantendo una maggiore stabilità della video camera stessa durante la fase di registrazione. In particolar modo, gli studiosi impegnati nei progetti [9] e [19] utilizzavano entrambi una Canon Legria HF-S10 posizionata ad 8 m dal punto in cui gli atleti eseguivano un servizio e disposta lungo l'asse frontale, perpendicolare al piano sagittale e parallelo all'asse medio-laterale. L'articolo [9] specifica addirittura che la telecamera era leggermente inclinata verso il basso. Infine, per quanto riguarda le ricerche [16] e [18], il tripiede già equipaggiato con la telecamera veniva portato, nel primo caso, ad una distanza di 2.5 m dal giocatore e, nell'ultimo caso, ad una distanza di 4 m dietro la linea di servizio. È interessante notare come l'analisi del movimento realizzata nell'articolo [8] venga portata a termine grazie all'utilizzo di una Kinect, a dimostrazione del fatto che è possibile indagare su certi aspetti anche ricorrendo a strumenti spesso disponibili nelle nostre case. Per quanto riguarda, invece, le caratteristiche tecniche della telecamera, il frame rate nominale utilizzato era di 60 Hz [9][19] o 250 Hz [14], mentre il numero di fotogrammi per secondo era di 50 fps [11] o 120 fps [9].

Inoltre, per garantire un miglior tracciamento delle articolazioni e dell'attrezzatura da gioco, era possibile posizionare alcuni marker sulla racchetta, sul volano o sulla palla, e sui punti di repere anatomici dei soggetti in esame [10][12][15][17]. Ad esempio, M.B. Warner ed i suoi collaboratori [4] avevano optato per dei marker passivi da attaccare all'acromion posteriore, al torace (tacca sternale, processo xifoideo, vertebra C7 e T8) e nei punti chiave dell'arto superiore (omero, ulna e radio). D'altro canto, Z. Zhang e colleghi [17] hanno usato: 16 marker sull'attrezzatura di cui 1 sul volano, 3 sulla rete e 12 sulla racchetta (1 sulla base dell'impugnatura, 3 sul manico e 8 sulla testa) e 39 marker su ciascun partecipante dei quali 4 sulla testa, 5 sul tronco, 7 per ogni arto superiore, 4 sul bacino e 6 per ogni arto inferiore.

Chi intendeva invece ricavare le accelerazioni di un qualche segmento corporeo si serviva di un numero sufficiente di sensori inerziali quali Biovision [14], IMU [16] o, in genere, accelerometri triassiali [18].

2.2 ANALISI CINEMATICA DEL COLPO

Le ricerche condotte nell'ambito del Badminton spesso si dedicano all'analisi di uno specifico colpo. Ad esempio, i progetti di ricerca [9] e [19] hanno coinvolto alcuni giocatori di Badminton in numero pari a 6 ed 8 rispettivamente, cercando di identificare quale tipo di relazione sussisteva tra le variabili cinematiche e le variabili segmentali in condizioni di Servizio. Le modalità con cui gli studi sono stati portati a termine hanno permesso di scoprire alcune significative differenze tra un Servizio di Dritto Corto e un Servizio di Dritto Lungo se si osserva l'angolo di gomito [9] e, allo stesso tempo, tra un Servizio Corto di Dritto e un Servizio Corto di Rovescio se si considera l'angolo della racchetta e l'angolo della spalla [19]. In modo analogo, alcuni ricercatori hanno preferito descrivere la cinematica che caratterizza uno smash [14][15][17]. Nel primissimo caso, sono stati videoregistrati, durante un allenamento, 15 giocatori con l'obiettivo di catturare il movimento del braccio e della racchetta mentre ciascuno di loro si apprestava ad eseguire 5 smash. Si voleva quindi quantificare l'influenza delle variabili che descrivono il movimento del braccio, quali posizione della spalla, posizione del gomito e posizione del polso, sui parametri di posizione ed accelerazione della racchetta al momento dell'impatto. I risultati suggeriscono che un brusco arresto dell'arto inferiore supporti la generazione di una più alta accelerazione della racchetta. Talvolta, dopo che i dati sono stati raccolti, risulta di grande interesse effettuare un confronto tra le prestazioni dei diversi giocatori coinvolti, ad esempio tra gli atleti di sesso maschile e quelli di sesso femminile [15]. A questo scopo, M.S. Salim ed i suoi collaboratori [15] hanno preso in esame 14 studenti con conoscenze basiche nel Badminton (7 maschi e 7 femmine) dimostrando come le donne fossero più sincronizzate nei movimenti, specialmente per quanto riguarda la rotazione del polso. Inoltre, era stato anche possibile appurare come il movimento di abduzione della spalla e di estensione del gomito fosse il fattore chiave per poter eseguire uno smash piuttosto rapido. D'altra parte, Z. Zhang ed i suoi colleghi hanno preferito individuare quali

abilità sportive differenziavano 14 giocatori esperti da 10 dilettanti, focalizzandosi soprattutto sulla rotazione del tronco [17]. Il protocollo sperimentale qui designato consisteva nel riprendere 5 smash per ogni partecipante e, in seguito, esaminare i 3 che generavano una velocità del volano più alta (Tabella 9). È stato rivelato come i professionisti hanno una rotazione del tronco più ampia e, di conseguenza, una maggiore velocità di rilascio del volano, un maggiore allungamento del muscolo pettorale quando ci si prepara a colpire il volano generando, di fatto, una contrazione muscolare esplosiva e, infine, una sequenza di controllo simile a quella di una frusta (da prossimale a distale) tra i segmenti corporei responsabili di un aumento della velocità nella racchetta.

Massima Velocità del Volano (Vmax)	Riflette l'abilità tecnica degli atleti.
Past-Net Height (Hp-n)	Distanza verticale tra il volano e la rete mentre il volano oltrepassa la rete. Un buono smash ha un Hp-n più corto.
Shuttlecock Flight Angle (Ashuttle)	Angolo tra la direzione di volo del volano e il piano orizzontale immediatamente dopo l'impatto con la racchetta.
Rotazione del Tronco (X-Factor)	Angolo tra la linea che collega le creste iliache antero-superiori dell'osso pelvico e la linea che collega l'acromion destro e sinistro nella parte superiore del tronco.
ROM	Calcolato per spalla, gomito e polso come differenza tra gli angoli articolari massimi e minimi.
Lengthening of Pectoralis Major	Il grande pettorale contribuisce al movimento dell'articolazione della spalla. Si calcolano le lunghezze dei muscoli considerando la distanza tra i normali punti di attacco anatomico dei muscoli sullo scheletro. Mentre lo scheletro si muove, allungamenti e accorciamenti dinamici sono determinati.

Tabella 9: Parametri selezionati da Z. Zhang e colleghi [17].

In alternativa, è anche ragionevole concentrarsi su ciò che contraddistingue un gesto comune ai vari colpi ma che viene eseguito sui due diversi lati del campo, come un affondo su singola gamba in condizioni dritto piuttosto che di rovescio [18]. Dopo un'attenta analisi condotta, nel corso di due partite di singolo, su 18 giocatrici di Badminton si è notato come l'angolo di abduzione dell'anca in condizione di rovescio fosse più grande rispetto all'angolo in condizioni di dritto.

Inoltre, l'accelerazione laterale e verticale nel lato del campo adibito al rovescio ha mostrato correlazioni da moderate a forti con gli angoli del tronco e dell'anca.

In modo speculare, anche gli studi sul Tennis tendono ad analizzare alcuni aspetti strettamente correlati ad uno specifico fondamentale tecnico. Infatti, in un caso di studio [10] sono state selezionate 11 giocatrici di livello agonistico affinché effettuassero una serie di servizi all'interno di un Laboratorio di Biomeccanica. Più precisamente, nel Laboratorio in questione era stato disposto per l'occasione un apposito campo da tennis. Inoltre, la racchetta degli atleti era stata modificata per aumentarne gradualmente lo swing weight attraverso 3 fasi successive, al fine di valutare l'effetto di questo incremento sulla cinematica dell'attrezzatura da gioco e sul movimento del braccio. Estrapolando poi i servizi più veloci per ogni fase è stato possibile capire come la rotazione interna della spalla, la velocità di flessione del polso e l'estensione del gomito abbiano una relazione inversa rispetto allo swing weight. D'altro canto, altri ricercatori hanno cercato di ricostruire le modalità di movimento nel dritto grazie a delle riprese aventi come protagonista il giocatore di fama mondiale Karen Khachanov [11].

In ultima analisi, per quanto riguarda gli sport paraolimpici, i lavori descritti negli articoli [12] e [13] indagano sulle cause di dolore alla spalla nei giocatori di tennis in sedia a rotelle (Tabella 10).

Articolo	Gruppo di Studio	Gruppo di Controllo
[12]	11 giocatori di tennis in sedia a rotelle, di livello nazionale o internazionale, che non avevano subito alcun trauma alla spalla.	32 soggetti normodotati di cui 16 con dolore alla spalla, (<i>Impingement Group</i>) e 16 senza dolore alla spalla, (<i>Control Group</i>).
[13]	1 atleta italiano con una lesione del midollo spinale completa a livello L1 ma senza alcuna patologia alla spalla.	1 atleta italiano normodotato.

Tabella 10: Partecipanti allo studio [12] e [13]. Il gruppo di controllo è indispensabile per rimuovere i fattori di confondimento associati all'uso della carrozza che potrebbe, per l'appunto, influenzare la cinematica scapolare.

In ambedue le ricerche si è resa, quindi, necessaria un'analisi cinematica circoscritta alla sola scapola. In particolar modo, nel primo caso di studio, i soggetti analizzati erano costretti ad effettuare, in ordine del tutto casuale, 3 ripetizioni di elevazione e abbassamento omerale nel piano sagittale, scapolare e frontale. Allo stesso modo, nel secondo caso di studio, i partecipanti dovevano eseguire una serie di servizi. Così facendo, M.B. Warner ed i suoi collaboratori [12] hanno scoperto che gli atleti in carrozza hanno un'inclinazione posteriore della scapola che è maggiore sul lato dominante rispetto al lato non dominante. Tale considerazione, inoltre, vale sia durante il periodo di elevazione omerale che durante l'abbassamento. Infine, durante l'elevazione

omeroale nel piano scapolare, i Wheelchair presentano, sul lato dominante, una scapola maggiormente ruotata verso l'alto rispetto alla scapola dei soggetti con dolore alla spalla. D'altra parte, S.Fantozzi e colleghi [13] rivelano come i giocatori con una lesione del midollo spinale abbiano, non solo un range di movimento del tronco limitato, ma anche una cintura della spalla più retratta nella fase di Cocking, il che comporta meno gradi di libertà e diverse caratteristiche di movimento per l'articolazione gleno-omeroale e del gomito. Tuttavia, gli atleti in sedia a rotelle e gli atleti normodotati hanno movenze simili nella fase di Forward-Swing.

Procedendo in questo senso, siamo stati quindi in grado di impostare un protocollo sperimentale capace di valutare e confrontare le prestazioni di più atleti caratterizzati da diverse forme di limitazione fisica.

2.3 SCOPO DELLA TESI

Il presente studio ha lo scopo di effettuare un'analisi del movimento in atleti di Para-Badminton che presentano diversi livelli di disabilità fisica. Si vuole dunque esaminare la cinematica adottata dalle principali articolazioni (anca, gomito, spalla) e dalle attrezzature in uso (carrozzina, racchetta, volano). A questo scopo, le performance dei giocatori vengono valutate sulla base di alcuni video registrati in condizioni di partita durante la partecipazione degli stessi ai Campionati Italiani.

Capitolo 3

3 MATERIALI E METODI

3.1 PALABADMINTON

Le riprese sono state effettuate in occasione della seconda edizione dei Campionati Italiani di Para-Badminton. Questa importante manifestazione sportiva ha avuto luogo presso il PalaBadminton di Milano (Figura 13), sito in Via G. Cimabue 24, nelle date del 10, 11 e 12 Maggio 2019, giorno in cui sono state disputate le finali.



Figura 13: Vista laterale ed area del PalaBadminton.

Al fine di capire, per quanto possibile, quali erano le reali condizioni in cui i filmati sono stati realizzati è bene avere un'idea di come si articola lo spazio disponibile all'interno di questo stesso centro sportivo. Innanzitutto, l'impianto in questione è stato inaugurato nel 2009 e, nel Dicembre 2016, gli è stata attribuita la nomina di "Certificata Training Centre" dalla Confederazione Europea di Badminton (BEC). Un riconoscimento di questo calibro è dovuto alle caratteristiche innovative della struttura e alla presenza di uno staff tecnico altamente qualificato. Queste proprietà, infatti, rendono il suddetto Centro Tecnico Federale Nazionale il principale responsabile, non solo nel fornire una preparazione agonistica, ma anche nel migliorare ulteriormente le performance dei top player [12]. In particolar modo, il PalaBadminton si sviluppa su una superficie di 1.800 mq che viene suddivisa nella maniera più congeniale possibile come illustrato in Figura 14.

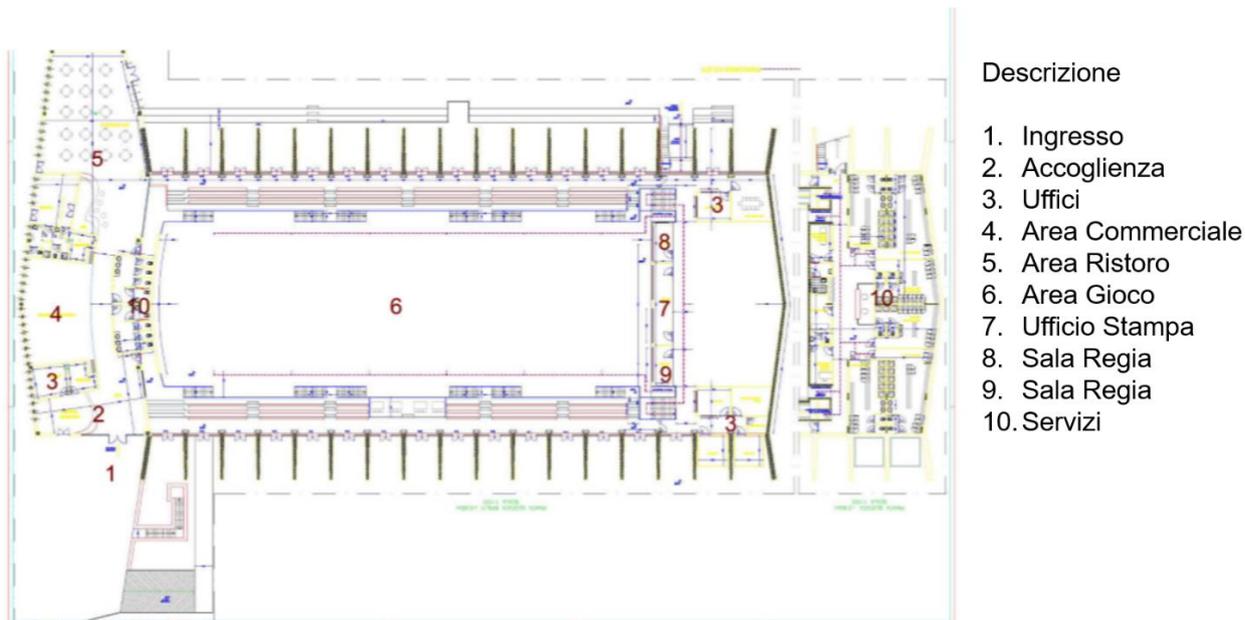


Figura 14: Disposizione interna del PalaBadminton.

Per quanto riguarda la sua disposizione interna, il palazzetto in questione può accogliere un numero di spettatori superiore a 1000 e più di 1.000 mq sono destinati esclusivamente all'area di gioco dalla quale vengono ricavati, per la precisione, sei campi da Badminton (Figura 15). Una palestra attrezzata, sei spogliatoi, e tre ambulatori medici, tra cui un'area massaggi riservata alla fisioterapia ed un'area antidoping, completano la dotazione sportiva dell'impianto. La struttura dispone, inoltre, di un'area business, di un'area commerciale, di una zona destinata ai meeting, di quattro uffici e di un punto di ristoro. Infine, la regia e la sala stampa posseggono alcuni sistemi tecnologici avanzati, tra cui una copertura integrale wireless e la piattaforma video Dartfish TV, entrambi capaci di soddisfare le moderne esigenze di comunicazione. In conclusione, la struttura può ospitare competizioni sia di livello nazionale che di livello internazionale e, data la sua conformazione, il centro non è ad uso esclusivo del Badminton ma talvolta può accogliere manifestazioni sportive legate ad altre discipline e, allo stesso tempo, ben si adatta alle esigenze organizzative di convegni che non si interessano in alcun modo del mondo dello sport [12][13].



Figura 15: Area di Gioco.

3.2 PARTECIPANTI

Dopo aver conosciuto sia l'allenatore della Nazionale, Enrico Galeani, che l'allenatore del club Milanese, Giuseppe Luca Caracausi, è stato possibile consultarsi con ambedue i preparatori al fine di selezionare un totale di sei giocatori, più precisamente un atleta per ciascuna delle categorie di gioco previste nel Para-Badminton. I giocatori in questione, una volta informati su cosa verteva la ricerca, si sono dimostrati pienamente disponibili nel partecipare allo studio, hanno quindi firmato un consenso informato e, di conseguenza, sono stati sottoposti ad una breve intervista. Il colloquio consisteva nella compilazione di un'apposita "Scheda Tecnica", riportata qui di seguito in Tabella 11.

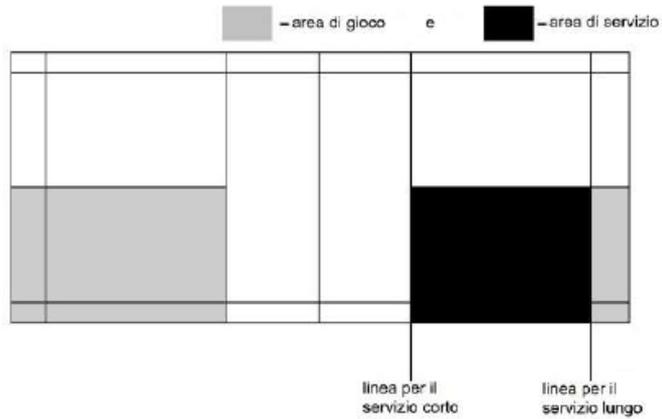
INDICARE LA POSIZIONE ASSUNTA DALLA VIDEOCAMERA RISPETTO ALLA RETE E ALLA LINEA LATERALE:

LATO DX DEL CAMPO (ATLETA DESTROMANO)

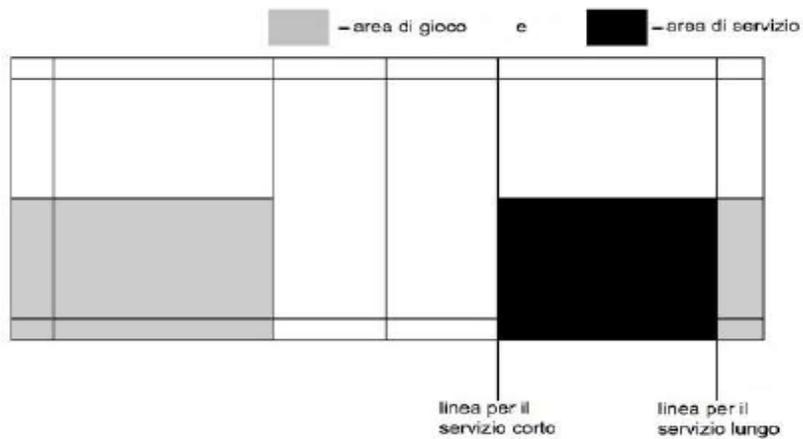
LATO SX DEL CAMPO (ATLETA MANCINO)

ALTEZZA DELLA VIDEOCAMERA

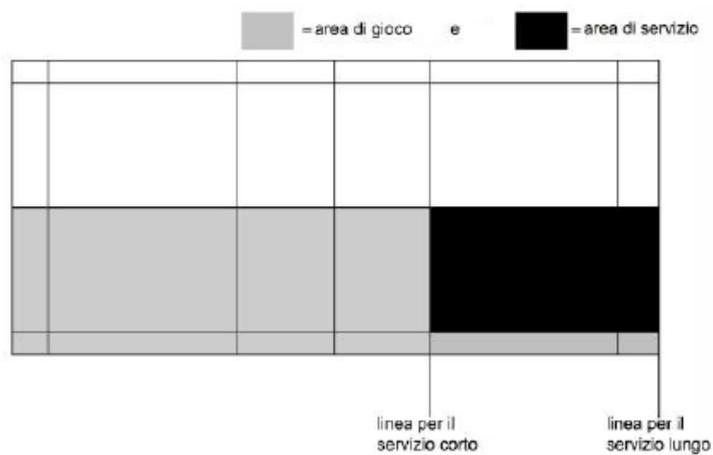
Campo da singolo WH1-WH2:



Campo da doppio WH1-WH2:



Campo da singolo SL3:



Campo da doppio SL3 e da singolo e da doppio per SL3, SL4, SU5 e SS6 (tutto campo):



ATLETA

Nome			
Cognome			
Sesso			
Età			
Altezza			
Peso			
Patologia			
Da quanti anni gioca			
Club di appartenenza			
Mano Dominante	Destra	Sinistra	
Livello del Giocatore	Nazionale	Internaz.	
Categoria	WH1	WH2	SL3
	SL4	SU5	SS6

RACCHETTA



Lunghezza Totale	
Lunghezza Testa della Racchetta	
Larghezza Testa della Racchetta	
Peso	
Materiale	
Bilanciamento	

Tabella 11: Scheda Tecnica

L'intento era, giustappunto, quello di conoscere alcune caratteristiche antropometriche dei soggetti in esame, quali peso e altezza, ed alcune informazioni personali riguardanti la loro patologia e la loro esperienza diretta con il Badminton (Tabella 12). Nel concreto, agli atleti è stata chiesta l'età e se fossero destrimani o mancini. Inoltre, è stato domandato loro da quanti anni giocavano a Badminton, a quale club di Badminton erano iscritti, a quale categoria di gioco erano stati assegnati e, infine, se partecipavano a tornei solo sul territorio nazionale o anche a livello internazionale.

Atleta	Categoria	Età [anni]	Peso [kg]	Altezza [m]	Livello	Anni come giocatore di Badminton	Disabilità
Giocatore 1	WH1	53	66	1.70	Internaz	4 anni	Paraplegico con lesione D6 – D7 completa
Giocatore 2	WH2	44	130	1.88	Nazionale	6 anni	Lesione lombare incompleta
Giocatore 3	SL3	24	70	1.82	Nazionale	5 anni	Emiplegico di lato destro
Giocatore 4	SL4	48	77	1.80	Nazionale	2 anni	Amputazione transtibiale della gamba sinistra
Giocatore 5	SU5	26	50	1.60	Internaz	-	Agnesia della mano sinistra
Giocatore 6	SS6	45	60	1.25	Internaz	3 anni	Nanismo

Tabella 12: Informazioni principali sui partecipanti.

Nello specifico, si trattava di cinque giocatori di sesso maschile (WH1, WH2, SL3, SL4, SS6) ed un solo giocatore di sesso femminile (SU5). Tutti gli atleti erano ben allenati e destrimani ad eccezione dell'atleta di categoria SL3, unico mancino tra i partecipanti. Alcuni di loro, per la precisione tre dei sei giocatori da noi esaminati (WH1, SU5, SS6), hanno preso parte a tornei al di fuori dei confini Nazionali mentre gli altri tre giocatori (WH2, SL3, SL4) non hanno mai disputato partite di livello Internazionale. Ogni soggetto qui presentato era iscritto ad un proprio club di Badminton con sede a Milano (WH1, WH2), Verona (SL3) o in diverse città della Sicilia (SL4, SU5, SS6). La loro età spaziava dai 24 anni, per l'atleta più giovane di categoria SL3, ai 53 anni per l'atleta più grande di categoria WH1, con un valore medio di 40 ± 11 anni. Inoltre, le altezze dei Wheelchair riportate in Tabella 12 si riferiscono ai giocatori senza sedia a rotelle, come se stessero virtualmente in piedi, ma allo stesso tempo sono state ricavate anche le loro altezze una volta seduti in carrozzina: 1.25 m per il WH1 e 1.40 m per il WH2.

Nel frattempo, è stato possibile annotare tutta una serie di misure riguardanti la racchetta utilizzata dal singolo giocatore, considerandone oltretutto il peso, il materiale di cui è fatta, la flessibilità e l'equilibrio (Tabella 13). In particolar modo, si tratta di tre diverse misurazioni, prese servendosi di un semplice metro, con lo scopo di individuare eventuali similitudini o discrepanze nelle attrezzature adoperate dagli atleti:

- Lunghezza totale della racchetta, dalla sua estremità superiore in prossimità della testa fino alla base del manico lungo l'asse longitudinale che attraversa la racchetta stessa dall'alto verso il basso;

- Lunghezza della testa della racchetta, dalla sua estremità superiore in prossimità della testa fino alla sua estremità inferiore situata in corrispondenza della gola, mantenendosi pur sempre lungo l'asse longitudinale;
- Larghezza della testa della racchetta, dall'estremità sinistra della testa fino alla sua estremità destra lungo l'asse trasversale che oltrepassa l'area accordata nel punto di massima ampiezza.

	WH1	WH2	SL3	SL4	SU5	SS6
Lunghezza Tot. [cm]	67.5	68	67	67.5	-	67
Lunghezza Testa [cm]	25	25.5	25	25	-	25
Larghezza Testa [cm]	20	20	20	19.2	-	20
Peso [g]	85	75	88	-	-	70
Materiale	Grafite	Carbonio	Grafite	Grafite	-	Carbonio
Bilanciamento	In testa	In testa	Sul manico	In testa	-	In testa

Tabella 13: Informazioni Principali sulle racchette in dotazione ai giocatori.

Sulla base della tabella 13 sopra rappresentata possiamo affermare che la racchetta utilizzate dai giocatori cambiano in minima misura l'una dall'altra. Si tratta, di fatto, di differenze impercettibili ad occhio nudo.

La stessa "Scheda Tecnica", come si può evincere dalla Tabella 7, è stata anche usata per indicare, man mano che un video veniva realizzato, a quale distanza la telecamera veniva posizionata rispetto alla rete e alla linea laterale del campo. Si tratta, ad ogni modo, di dettagli che verranno approfonditi nel paragrafo successivo. In generale, il fatto di avere un questionario preimpostato fornisce un duplice vantaggio, in primis ha permesso di uniformare le interviste, concentrandosi per giunta sui dati da noi ritenuti più importanti ai fini dello studio e, in secondo luogo, ha permesso di indicare come era stata sistemata la videocamera in modo pratico e veloce, soprattutto grazie all'ausilio delle immagini che raffigurano lo specifico campo con cui si aveva a che fare durante la registrazione di un determinato video.

3.3 SET-UP DELLA VIDEOCAMERA E PROTOCOLLO

Le riprese sono state effettuate servendosi di una GoPro Hero 3⁺ (Figura 16).



Figura 16: GoPro Hero 3⁺.

Per quanto riguarda la configurazione di una generica telecamera, chiunque riconosce i pixel come la più piccola componente elementare di un'immagine. In altre parole, tutti noi identifichiamo i pixel con dei semplici puntini i quali, dopo essere stati assemblati tra loro, danno forma all'immagine finale che l'utente tanto desidera. A tal proposito, la risoluzione dello schermo viene definita considerando il numero di pixel che ogni immagine possiede sia orizzontalmente che verticalmente. Nello specifico, la risoluzione video è stata impostata a 720p e da questa caratteristica ne deriva un rapporto di aspetto di 16:9 e un numero di pixel pari a 1280x720, che vengono peraltro visualizzati sullo schermo in entrambe le direzioni di lunghezza e di larghezza. Proseguendo con la spiegazione circa il settaggio della videocamera (Tabella 14), la National Television Standards Committee (NTSC) è un sistema di codifica usato negli Stati Uniti che stabilisce, non solo la modalità con cui i fotogrammi vengono inizialmente catturati dalla telecamera, ma anche il processo per mezzo del quale sono successivamente trasmessi e riprodotti. Dato che in America l'energia elettrica è generata a 60 Hz, ne consegue che il segnale NTSC è in grado di inviare un numero di fotogrammi al secondo, detto frame rate, che è multiplo di 30: 30 fps, 60 fps, 90 fps e 120 fps. Il metodo di codifica NTSC ha quindi una velocità di trasmissione maggiore, tuttavia tende a falsare i colori poiché manca una procedura capace di correggere in modo automatico gli errori di fase. Per questa ragione, avendo bisogno di raccogliere più informazioni possibili, è stato necessario optare per una frequenza di campionamento uguale a 120 fps la quale esiste solo ed esclusivamente adottando il sistema di codifica NTSC e che, peraltro, è la massima frequenza utilizzata negli studi di letteratura precedentemente riportati (Capitolo 2). È utile sapere, dunque, come un valore di frames per secondo piuttosto alto ci consenta di ottenere un'immagine più fluida ma, al tempo stesso, meno luminosa. Infine, la GoPro è stata configurata in modalità Narrow e, contemporaneamente, in modalità Protune. La modalità Narrow sfrutta un angolo di campo pari a 90 gradi che, a sua volta, comporta una minore distorsione, una buona acquisizione, se effettuata da una certa distanza, e una ripresa più piccola ma di qualità e definizione migliore. D'altra parte, la modalità Protune, quando è attiva, sovrascrive il doppio dei dati e permette di avere pieno controllo dei video registrati in fase di post-produzione.

Risoluzione Video	720p
Risoluzione Schermo	16:9, 1280X720
Sistema di Codifica	NTSC
Frequenza di Campionamento	120 fps
Modalità di Ripresa Attive	Narrow, Protune

Tabella 14: Parametri di settaggio della GoPro Hero 3.*

In ultima analisi, la videocamera è stata portata ad un'altezza dal terreno di 1.11 m grazie all'utilizzo di un tripiede e la sua posizione rispetto alla rete e alla linea laterale del campo è stata cambiata da un video all'altro come dimostra lo schema riportato a fine paragrafo (Tabella 15).

Come si può chiaramente vedere in Figura 17, la telecamera è stata sempre collocata lungo il corridoio in parquet che separa un campo di Badminton dall'altro a lui adiacente. Nonostante sia stata prestata grande attenzione circa la posizione occupata della Go-Pro, avendo utilizzato una sola video camera è stato possibile acquisire informazioni solo su un unico piano che, per come si è scelto di sistemare la telecamera, corrispondeva a quello sagittale.



Figura 17: Posizione generica assunta dalla GoPro Hero 3+.

In ogni caso, è di fondamentale importanza considerare una serie di differenti problematiche che si sono presentate con una certa ricorrenza nel corso delle riprese. Infatti, nello stesso luogo e negli stessi giorni si sono tenuti anche i Campionati Italiani Assoluti ai quali hanno partecipato soggetti normodotati che come tali saltavano da una zona all'altra del campo in modo piuttosto celere facendo sussultare di tanto in tanto la stessa GoPro. Nel contempo, gli atleti normodotati difficilmente concedevano un punto all'avversario, motivo per cui i loro scambi risultavano anche più lunghi del previsto. Di conseguenza, i giocatori di ParaBadminton, principalmente Standing, che dovevano disputare un match su quello stesso campo vedevano obbligatoriamente slittati gli orari delle proprie partite a giustificare la differenza di durata nei vari video e la differenza nel numero di video registrati per ciascun atleta. Il numero di filmati registrati per atleta e la loro durata sono dipesi anche dalla limitata batteria della videocamera che più volte è stata messa in carica. In particolar modo, sono stati ripresi 2 video per ciascun partecipante, ad eccezione del giocatore di categoria WH2 per il quale è stato girato un unico filmato e, ad ogni modo, questi video sono stati acquisiti uno di seguito all'altro per cercare di ottimizzare i tempi. Nel frattempo, non ci si è focalizzati sulla quantità e sulla tipologia di colpi a cui gli atleti ricorrevano, lasciandoli liberi di scegliere ciò che ritenevano più giusto e, oltretutto, lasciandoli liberi di muoversi con naturalezza. Per ragioni analoghe a quelle precedentemente indicate, le riprese spesso sono iniziate mentre la partita era già in corso di svolgimento. Questo significa che le misure, prese con il metro, per

indicare la corretta posizione assunta dalla telecamera, talvolta, sono state approssimative non potendo, d'altronde, irrompere in campo a gioco iniziato. Il posizionamento della telecamera, inoltre, non è stato immediato poiché la connessione Wi-Fi funzionava ad intermittenza impedendo di disporre sul cellulare dell'anteprima. In genere, tutti gli atleti qui ripresi hanno affrontato delle partite di singolo, precedute da un periodo di riscaldamento nella zona adibita a palestra. Per la precisione, nel corso delle partite i Wheelchair si sono scontrati con altri giocatori appartenenti alla loro stessa categoria (WH1 vs WH1, WH2 vs WH2), come imposto d'altronde dalla FIBa. D'altra parte, durante i vari match gli Standing si sono scontrati l'uno contro l'altro senza però badare alla loro esatta categoria di appartenenza e, di fatto, senza rispettare quanto richiesto dal regolamento. Una scelta di questo tipo è da imputare al fatto che i giocatori appartenenti alle classi Standing Lower, Standing Upper e Short Stature non gareggiavano in via ufficiale ma partecipavano ad una semplice esibizione in via del tutto informale. Infine, i Wheelchair, partecipando ad una competizione ufficiale, hanno giocato solo su di una metà del campo in parquet le cui dimensioni si attenevano a quanto previsto dal regolamento (4.72 x 3.07 m). Di contro, lo staff tecnico, trattandosi di una semplice dimostrazione, ha deciso di far giocare a tutto campo chiunque appartenesse alle classi Standing o Short Stature, inclusi anche gli SL3 (13.40 x 5.18 m). Il campo degli Standing, sempre attenendosi alle regole di gioco, era rivestito da un sottile tappetino.

WH1	
Video N°1 (8m24s)	Video N°2 (11m)
WH2	
Video N°1 (6m40s)	

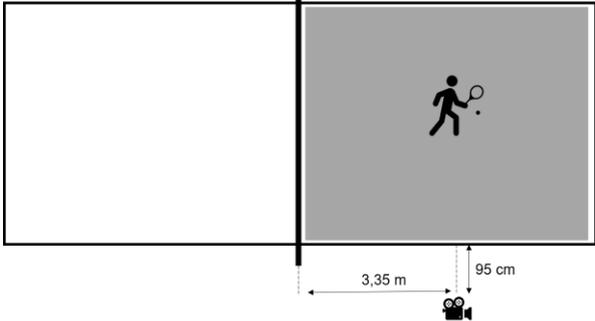
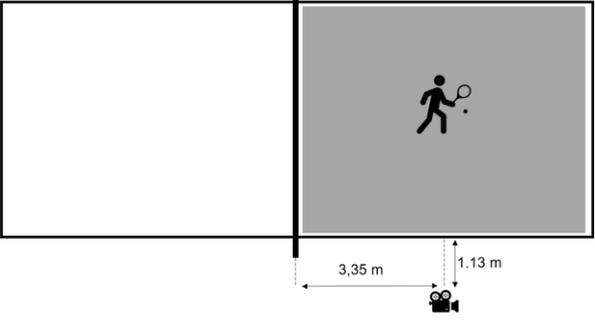
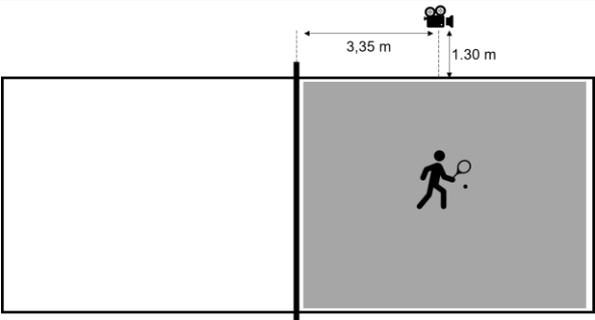
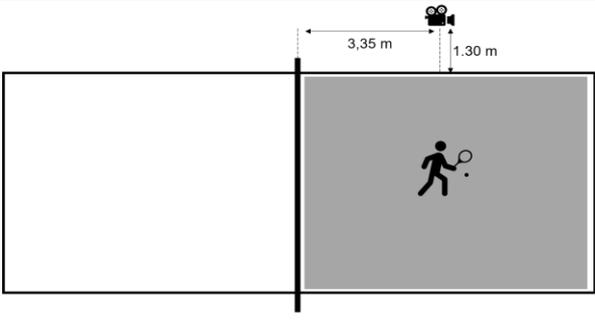
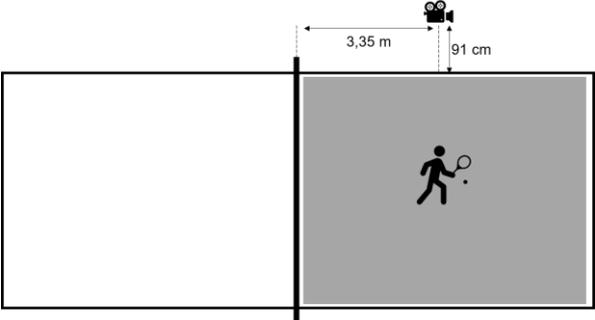
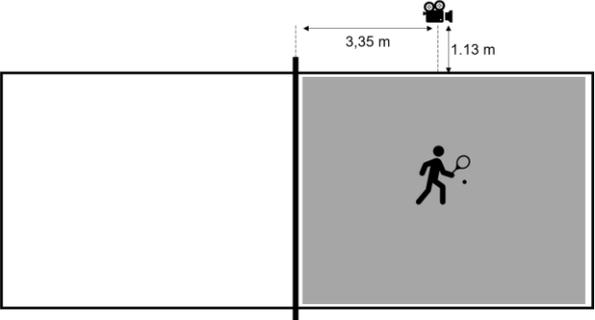
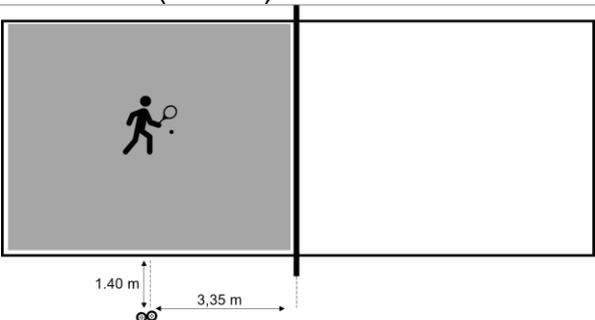
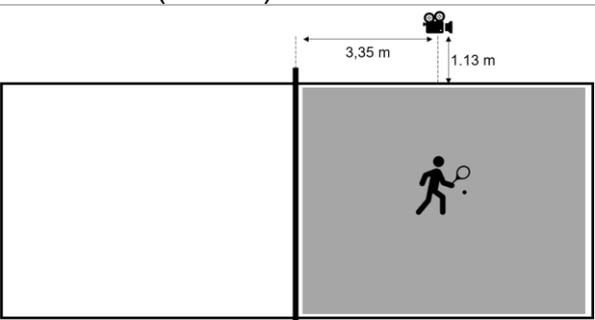
SL3	
Video N°1 (2m03s)	Video N°2 (5m15s)
	
SL4	
Video N°1 (4m59s)	Video N°2 (6m47s)
	
SU5	
Video N°1 (7m47s)	Video N°2 (2m40s)
	
SS6	
Video N°1 (8m61s)	Video N°2 (7m44s)
	

Tabella 15: Posizione assunta dalla Go-Pro Hero 3* durante la fase di registrazione dei video.

3.4 ELABORAZIONE VIDEO: KINOVEA

Prima di procedere con l'analisi dei video in Kinovea, è stato assolutamente necessario osservare con attenzione i filmati in modo da riconoscere con esattezza il tipo di colpo impiegato dall'atleta in un preciso istante di tempo. A partire da questa prima indagine, è stata creata una tabella (Tabella 16) con lo scopo di memorizzare la totalità di Clear, Drive, Drop di Dritto, Drop di Rovescio, Lob di Dritto, Lob di Rovescio, Net Drop, Servizio di Dritto, Servizio di Rovescio e Smash a cui il giocatore ricorre durante gli spezzoni di partita da noi ripresi. Tuttavia, da questa tabella, sono stati esclusi i colpi che l'atleta ha steccato, quelli che non hanno superato la rete ed i servizi eseguiti solo ed esclusivamente per restituire il volano all'avversario, ovvero colpi che, come tali, non potevano essere considerati validi ai fini del gioco e, di conseguenza, ai fini dello studio.

COLPI	WH1	WH2	SL3	SL4	SU5	SS6
Clear	13	18	17	22	12	24
Drive	1	1	3	2	0	4
Drop di Dritto	5	0	4	7	9	11
Drop di Rovescio	5	2	8	3	7	9
Lob di Dritto	9	2	3	3	5	2
Lob di Rovescio	7	3	7	3	8	3
Net Drop	0	0	3	0	0	0
Servizio di Dritto	8	0	0	18	14	28
Servizio di Rovescio	32	7	12	0	0	0
Smash	3	6	4	11	11	7

Tabella 16: Occorrenza dei colpi in partita.

Come si può facilmente osservare, i colpi utilizzati in maggior misura dai giocatori sono il Clear ed il Servizio. D'altra parte, ci sono colpi come il Drive e il Drop di Dritto che non sono mai stati osservati nei video acquisiti, rispettivamente, per i giocatori di categoria SU5 e WH2. Situazione ancora più estrema per il Net Drop che, invece, è stato impiegato solo tre volte ed esclusivamente dal soggetto emilegico. Per questa ragione, la quantità di Clear e di Servizi esaminati è superiore rispetto a quanto fatto per tutte le altre tecniche di gioco. Innanzitutto, il video di partenza è stato accuratamente segmentato per isolare i singoli colpi. In altre parole, dai filmati di partenza sono state estrapolate delle piccole porzioni di video in cui il soggetto si appresta ad eseguire uno specifico colpo. Ne consegue che, per ogni atleta, questi frammenti di video sono in numero pari a 5 per il Clear ed il Servizio, a sua volta di Dritto o di Rovescio in base alle preferenze del singolo giocatore e, dove possibile, in numero pari a 3 per Drive, Drop di Dritto, Drop di Rovescio, Lob di Dritto, Lob di Rovescio, Net Drop e Smash. Più precisamente, poiché gli atleti usano in misura nettamente inferiore questi ultimi sette colpi, non sempre è stato possibile trovare almeno tre videoclip in cui il giocatore ricorre, senza errori, a tali tecniche di gioco, considerando, oltretutto, che alcuni di questi videoclip sono stati ulteriormente scartati in quanto ritenuti difficili da

analizzare. D'altronde, il Para-Badminton è uno sport estremamente veloce in cui il movimento dell'atleta, spesso, è caratterizzato da una complessa evoluzione nello spazio. Ci sono colpi, come il Servizio di Dritto, che vengono maggiormente eseguiti nel piano sagittale ma altri, come i colpi di rovescio, che richiedono una rotazione dell'intero corpo o anche solo dell'arto superiore. Ne consegue che queste particolari tecniche di gioco rendono l'analisi nel solo piano sagittale inevitabilmente imprecisa. Ad esempio, se il corpo del soggetto, durante l'esecuzione di un determinato tipo di tiro, è eccessivamente ruotato rispetto all'inquadratura della Go-Pro allora tale obliquità non renderà possibile il tracciamento dei punti di interesse. Situazione analoga, se non addirittura peggiore, quando l'atleta rivolge la schiena all'obiettivo della telecamera impedendo una corretta identificazione dei punti a cui intendiamo riferirci, sia per quanto riguarda l'arto superiore sia per quanto concerne l'arto inferiore o l'attrezzatura. D'altro canto, il Net Drop è stato esaminato in Kinovea ma tale analisi non è stata adeguatamente approfondita nelle fasi successive dello studio in quanto, come già accennato, si tratta di un colpo utilizzato di rado: è stato, di fatto, individuato un solo videoclip utile ai fini della ricerca ed unicamente per il giocatore di categoria SL3. Non era pertanto attuabile una ricostruzione verosimile del movimento che il soggetto adotta in condizioni di Net Drop e, tanto meno, un confronto tra gli atleti.

Il secondo passaggio è stato quello di importare su Kinovea i filmati relativi ai singoli colpi e, in seguito, fissare per ciascun videoclip un Sistema di Riferimento da noi comunemente indicato con il nome di "Sistema di Riferimento Assoluto". Tale denominazione è strettamente dovuta al fatto che il Sistema in questione risulta solidale al campo da gioco. A questo punto, l'origine del Sistema viene posizionata nell'angolo in basso a sinistra muovendo il cursore all'interno di una nuova finestra che Kinovea mette a disposizione dell'utente e nella quale appare, per l'appunto, il primissimo fotogramma (Figura 18). Così facendo tutte le coordinate temporali che descrivono, istante per istante, la posizione assunta da uno specifico punto di riferimento risulteranno positive e, di conseguenza, più facili da comprendere ed elaborare.

Procedendo in questa direzione, è stata disegnata, attraverso lo strumento "Linea", una retta che congiunge la sommità della testa alla base dei piedi per i giocatori appartenenti alla categoria degli Standing o degli Short Stature. D'altro canto, la stessa retta è stata disegnata per i giocatori che appartengono alla classe dei Wheelchair andando ad unire la sommità della testa con la base di una delle due ruote che compongono la carrozzina. Successivamente, è stata definita sin da subito la lunghezza di questa linea conoscendo, grazie alle interviste precedentemente fatte agli atleti, quanto ognuno di loro è alto (Figura 18). Per la precisione, la linea è stata disegnata considerando il fotogramma in cui l'atleta risulta il più possibile esteso. Così facendo il valore assunto dalle coordinate x e y di ciascun punto di interesse dipenderà fortemente dall'altezza, a noi nota, dei soggetti. Inoltre, tale linea, sviluppandosi in verticale lungo l'asse delle ordinate, ci ha permesso di avere una minima percezione della profondità, seppur non sufficiente. Infatti, uno dei grandi limiti di questa tesi consiste nel riportare un qualcosa che di per sé è tridimensionale

su di un piano sagittale, problema che sarà ancora più evidente nelle fasi successive dello studio. D'altra parte, di fronte ad una simile limitazione, si è deciso di rivolgere lo studio a quei movimenti che si sviluppano principalmente nel piano, tenendo ovviamente conto di questa approssimazione durante l'interpretazione dei risultati.

Infine, vengono fissati sul lato dominante del soggetto e, tramite lo strumento "Marcatori a Croce", un totale di 10 Marker per gli Standing ed 11 per i Wheelchair (Figura 18) che vengono disposti come segue:

- 3 marker per l'arto superiore (spalla, gomito, polso);
- 3 marker per l'arto inferiore (anca, ginocchio, caviglia);
- 3 marker per l'attrezzatura (testa della racchetta, impugnatura della racchetta, asse della ruota per i giocatori in carrozzina);

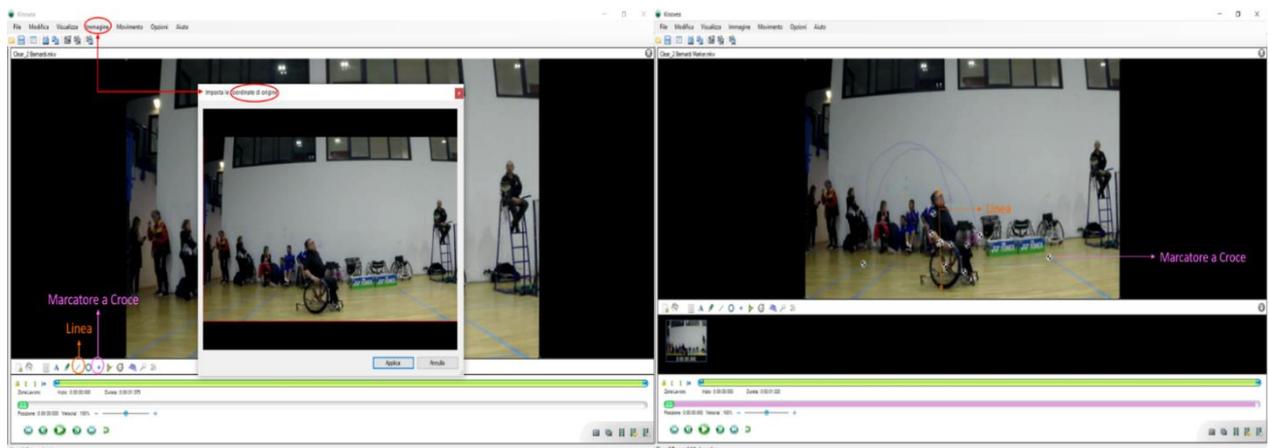


Figura 18: Set – up di Kinovea.

Inoltre, nel caso del Servizio, sia di Dritto che di Rovescio, è stato aggiunto, per ogni giocatore, un ulteriore Marker con l'intento di tracciare il volano a partire dall'istante immediatamente successivo al suo impatto con l'area accordata. Tuttavia, nelle porzioni di filmato appartenenti al secondo video dell'atleta WH1 sono stati disposti solo 9 Marker. In particolar modo, non è stato possibile imporre un Marker sulla caviglia ed un Marker sull'asse della ruota a causa di un'inquadratura della Go-Pro troppo ravvicinata rispetto all'atleta che non rende per nulla visibile questi stessi punti di interesse. Si tratta di un ulteriore ostacolo nella prosecuzione del progetto di tesi: nella fase di Elaborazione Dati in Matlab, infatti, non c'è stato alcun modo di accoppiare le informazioni contenute nel primo video con le nozioni racchiuse nel secondo filmato obbligandoci a scartare alcuni videoclip già analizzati in Kinovea. L'origine del problema è, con elevata probabilità, attribuibile ad una considerevole differenza nella posizione occupata dal Marker di Spalla: si tratta di uno sbaglio commesso involontariamente dall'operatore. Questo intoppo, come il precedente, verrà ribadito più volte nelle pagine a venire. In genere, una esatta identificazione dei punti di riferimento da cui dipende un altrettanto corretto posizionamento dei Marker è stato un compito tutt'altro che semplice. Infatti, benché sia stato utilizzato lo strumento di zoom, i vestiti

troppo scuri indossati dai giocatori non permettevano di individuare con precisione i punti di repere, sia per quanto concerne l'arto superiore sia per quanto riguarda l'arto inferiore anche se, talvolta, sin sono rivelati d'aiuto l'uso di polsini, ginocchiere o cavigliere. Ragionamento analogo se consideriamo il volano: è stato difficile, infatti, seguire l'esatto spostamento dello "shuttlecock" dato che in alcuni fotogrammi il volano, di colore bianco, si confondeva con lo sfondo del video, a sua volta bianco, e coincidente, di fatto, con la parete del palazzetto. Nei colpi di rovescio la situazione si aggravava quando l'impugnatura e la testa della racchetta si nascondevano dietro al busto del partecipante. La difficoltà ovviamente aumentava a causa di una scarsa illuminazione del Pala-Badminton e a causa di una distanza Atleta-Telecamera eccessivamente piccola tale per cui alcuni punti di interesse venivano esclusi dall'inquadratura. Inoltre, alcuni Marker sono stati tracciati in prossimità dei contorni del video subendo un certo grado di distorsione che rende imprecisi i valori delle coordinate.

In conclusione, una volta impostati i Marker come descritto sopra, è stato possibile tracciare la posizione assunta da ciascun punto, frame by frame, dall'inizio fino alla fine del videoclip (Figura 19) e, in seguito, esportare i dati della sua traiettoria sottoforma di file Excel. Questi dati sono, per l'appunto, i valori assunti dalle coordinate x e y di ciascun Marker nei diversi istanti di tempo che compongono un videoclip, videoclip che ritrae il soggetto mentre è intento ad eseguire un certo tipo di colpo.

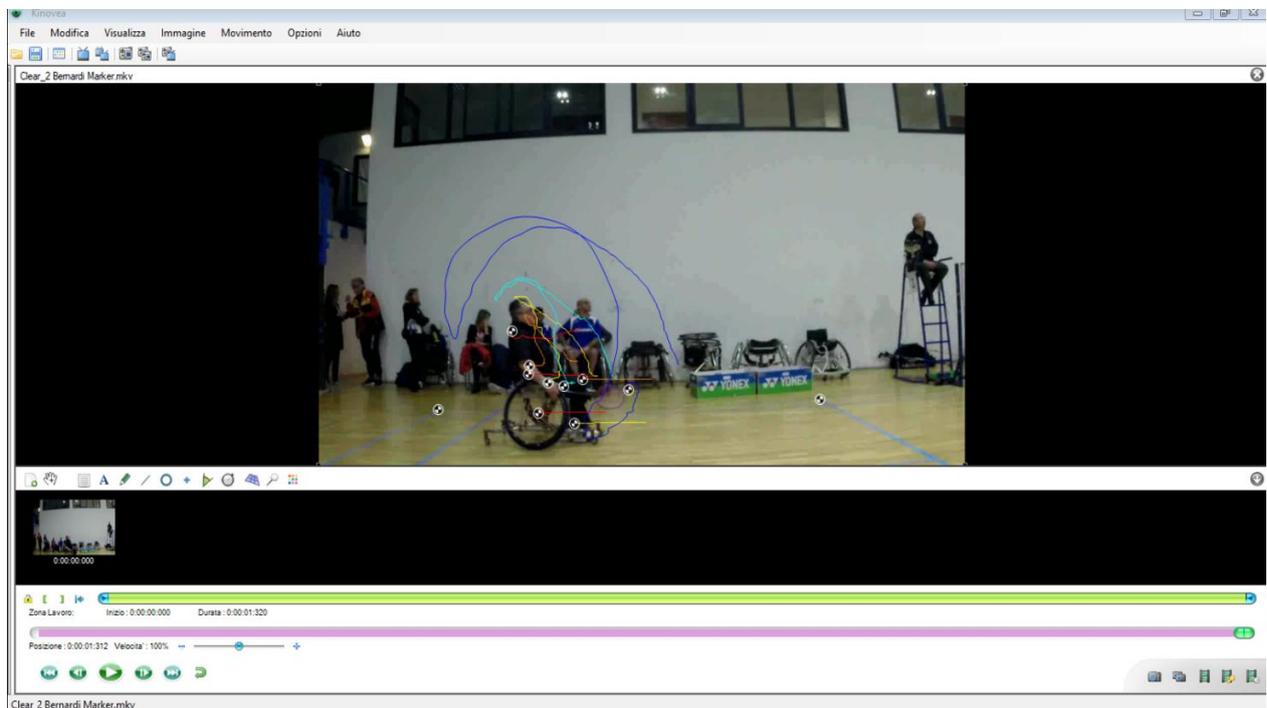


Figura 19: Traiettorie complete dei Marker al termine del Videoclip.

3.5 ELABORAZIONE DATI: MATLAB

Per tutti i colpi fino a qui menzionati, i dati Excel, ottenuti da Kinovea, sono stati importati in Matlab, sottoforma di apposite Struct, e quanto descritto nel seguito è stato ripetute tante volte

quanti sono i colpi di nostro interesse e altrettante volte quanti sono i partecipanti. Come già accennato in precedenza, il Net Drop è stato estromesso da questa fase di “Elaborazione Dati” poiché utilizzato pochissime volte ed unicamente dall’atleta di categoria SL3. A partire da questa constatazione si è pertanto giunti alla ovvia conclusione che non era in alcun modo ottenibile un andamento medio, per ciascun Marker, che fosse abbastanza indicativo delle traiettorie seguite dagli stessi punti di reperi in condizioni di Net Drop e, a maggior ragione, era assolutamente da escludere un confronto tra gli atleti.

A questo punto, prima di procedere con un qualunque tipo di calcolo, si è reso necessario specchiare i dati dell’atleta SL3 rispetto all’asse delle ordinate affinché risultasse virtualmente destrimano come tutti gli altri giocatori, semplificando di conseguenza i confronti tra le categorie.

Sulla basa delle coordinate definite rispetto al Sistema di Riferimento Assoluto, precedentemente fissato in Kinovea, sono stati misurati diversi parametri:

- La distanza totale percorsa dalla carrozzina durante l’esecuzione di uno specifico colpo. Tale distanza è stata calcolata considerando le coordinate in ascissa dell’asse della ruota e, in genere, si tratta di un ottimo criterio per valutare di quanto i Wheelchair si spostano quando ricorrono ad una determinata tecnica di gioco;
- La traiettoria del volano dopo l’impatto e, di conseguenza, la sua velocità media e l’angolo medio che lo stesso “shuttlecock” forma rispetto all’orizzontale. In tutte le condizioni qui esaminate, sono stati considerati i primi 4 fotogrammi successivi all’impatto per un totale di 0.033 s. Queste tre misure sono state ricavate solo per il Servizio, sia di Dritto che di Rovescio, poiché si tratta di un colpo di inizio scambio e, in quanto tale, i movimenti richiesti per una sua corretta esecuzione sono estremamente controllati. Eventuali anomalie nelle traiettorie di uno stesso Marker potrebbero essere imputabili, attraverso queste tre variabili, a ciò che si verifica in seguito alla collisione tra volano e racchetta.

Procedendo con la stesura del codice, sono state definite delle nuove coordinate, note con il nome di coordinate relative. Infatti, senza escludere nemmeno un Marker, ad ogni loro coordinata assoluta sono state sottratte le coordinate, sempre assolute, che definiscono la posizione nel tempo dell’Anca. Quest’ultima articolazione è diventata, quindi, l’origine di un Sistema di Riferimento Relativo, così chiamato perché solidale al corpo dell’atleta. Dato che l’Anca è un punto di reperi anatomico allora le coordinate temporali che otteniamo sono in grado di delineare un movimento, per ciascun Marker, che rispecchia il punto di vista dell’atleta e non quello dello spettatore. Inoltre, l’articolazione di Anca è, più o meno, allineata con il baricentro del soggetto garantendo un trattamento uniforme dei diversi punti di interesse. Allo stesso tempo, l’Anca è visibile in tutti i videoclip di tutti i giocatori permettendoci di lavorare in maniera omogenea su tutti gli atleti. Questa scelta è stata, tra l’altro, avvalorata da una prova iniziale che prevedeva l’utilizzo della Caviglia, per gli Standing, e dell’Asse della Ruota, per i Wheelchair, come origini per l’appunto del Sistema di Riferimento Relativo. Infatti, in seguito a questa primo approccio, ci si è

accorti che non sempre la Caviglia e l'Asse della Ruota erano visibili e, inoltre, non garantivano un trattamento uniforme dei giocatori.

In parallelo al lavoro fatto su Matlab, sapendo a quali videoclip i dati corrispondevano, Kinovea si è rivelato nuovamente utile per indicare una serie di variabili temporali:

- Istante di carico, istante di tempo in cui la testa della racchetta raggiunge la sua massima estensione allontanandosi dal volano;
- Istante di impatto, quando la racchetta si scontra con il volano;
- Durata totale del colpo;
- Durata della fase di Back Swing, idealmente inizia quando il soggetto è fermo in posizione di guardia e finisce quando l'atleta assume una nuova postura dovuta al raggiungimento dell'istante di carico;
- Durata della fase di Forward Swing, indicativamente dall'istante di carico fino all'istante di impatto;
- Durata della fase di Follow Through, dall'istante di impatto fino a quando l'atleta torna ad assumere una nuova posizione di guardia.

Calcolando le durate di Back Swing, Forward Swing e Follow Through è stato quindi possibile scomporre l'intero ciclo di cui si compone il movimento in tre fasi a ognuna delle quali è stata assegnata una certa percentuale.

Queste informazioni si sono rivelate di fondamentale importanza per la fase del "taglio". In primis, sono state graficate in un unico plot le traiettorie raffiguranti l'andamento della sola racchetta. Una decisione del genere è dovuta principalmente al fatto che questa traiettoria esemplifica nel migliore modo possibile la tipologia di colpo realizzata dal giocatore. In secondo luogo, sulla base di questo grafico, sono stati cancellati dalla traiettoria della racchetta e, di conseguenza, dalla traiettoria di tutti gli altri Marker, lo stesso ragguardevole numero di punti. Infatti, durante questa fase di "taglio", l'obiettivo primario era allineare l'inizio e la fine delle traiettorie nei 3 o 5 videoclip, pur mantenendo le coordinate x e y sia dell'istante di carico che dell'istante di impatto. Si tratta di un passaggio doveroso poiché nell'eliminare alcune righe dalla Struct, gli andamenti dei Marker nei 3 o 5 videoclip assumono un'evoluzione molto simile tra loro, agevolando il calcolo delle medie che verrà a breve introdotto.

Le coordinate relative, e oramai tagliate, vengono dunque ricampionate affinché i dati delle varie videoclip e di tutti i giocatori abbiano la stessa lunghezza. A questo proposito, si è scelto di definire un vettore di 100 campioni in modo da andare a definire gli istanti come percentuale dell'intero gesto.

Come già accennato in precedenza, per ogni giocatore i 3 o 5 videoclip riferiti ad uno specifico colpo, sono stati mediati nello spazio per ottenere le traiettorie medie di ciascun Marker. Ne consegue che le traiettorie dei singoli colpi e le traiettorie medie sono riportate nei risultati per

tutte le tecniche di gioco e per tutti gli atleti. Arrivati a questo step, ci si è accorti che per l'atleta di categoria WH1 non era possibile unire le informazioni appartenenti al primo video con le nozioni contenute nel secondo filmato. Di conseguenza, in una condizione di questo tipo, i videoclip estrapolati dal secondo filmato sono stati scartati poiché privi del Marker di caviglia e del Marker riferito all'asse della ruota. Proseguendo in questa direzione, la suddetta indagine biomeccanica è stata portata avanti calcolando ulteriori parametri e ricavando tutta una serie di grafici d'interesse:

- L'altezza e l'ampiezza della traiettoria rappresentante l'andamento della racchetta per ciascuno dei 3 o 5 videoclip in cui l'atleta si appresta ad eseguire un certo tipo di colpo;
- L'altezza e l'ampiezza della traiettoria rappresentante l'andamento medio della racchetta;
- L'andamento della testa della racchetta nei 3 o 5 videoclip a cui si va a sovrapporre il suo stesso andamento medio;
- L'andamento di spalla, polso e gomito nei 3 o 5 videoclip a cui si va a sovrapporre il loro stesso andamento medio.

Le altezze e le ampiezze qui calcolate vengono sempre normalizzate rispetto a quanto sono alti i giocatori risultando quindi adimensionali. Nel caso dei Wheelchair, il processo di normalizzazione viene portato a termine usando l'altezza dei giocatori presa quando gli stessi sono seduti sulla carrozzina. Il continuo paragone, per quanto concerne uno specifico colpo ed uno specifico giocatore, tra l'andamento dei marker nei singoli videoclip e l'andamento medio degli stessi permette di verificare se l'esecuzione tecnica del movimento è quanto meno ripetibile. Inoltre, su tutte le traiettorie sono stati sempre indicati l'istante di carico e l'istante di impatto. D'altro canto, visti i risultati fino a qui ottenuti, è parsa una valida scelta quella di stabilire la posizione assunta dalla Testa della Racchetta, nell'istante di carico e nell'istante di impatto, rispetto alla Spalla, al Gomito e all'Anca.

In ultima analisi, sono stati misurati per ciascuna videoclip tre differenti angoli:

- Angolo interno di gomito, presi i marker di spalla, gomito e polso;
- Angolo interno di spalla, fissati i marker di gomito, spalla ed anca;
- Angolo interno di anca, considerando i marker di spalla, anca e ginocchio.

Per ogni giocatore, i valori che l'angolo di gomito assume nei 3 o 5 colpi sono stati mediati lungo la terza dimensione. Di conseguenza, le variazioni subite dall'angolo di gomito nei 3 o 5 colpi vengono plottate in funzione della percentuale di ciclo per riconoscere più agevolmente le tre principali fasi del movimento: Back, Forward e Follow. Come già fatto in precedenza, nel grafico appena descritto viene aggiunto l'andamento medio dell'angolo di gomito segnalando sempre gli istanti di carico e di impatto. In modo analogo, si procede per l'angolo di spalla e l'angolo di anca. Infine, è stato calcolato il range di movimento (ROM) delle articolazioni di gomito, spalla ed anca tenendo conto dei valori medi assunti dall'angolo corrispondente.

Capitolo 4

4 RISULTATI E DISCUSSIONI

Come ribadito più volte nel Capitolo 3, le partite di Para-Badminton si contraddistinguono per i gesti rapidi eseguiti dagli stessi giocatori lungo una qualunque direzione e, per questo motivo, a ogni tecnica di gioco corrisponde una specifica sequenza di movimenti che, a loro volta, necessitano di uno sviluppo ben preciso nello spazio. Ne consegue che alcuni colpi di rovescio richiedono una rotazione dell'intero corpo o anche solo dell'arto superiore e, per questa ragione, si è deciso di non mostrare i risultati ottenuti in fase di "Elaborazione Dati" per il Drop ed il Lob di Rovescio. Infatti, per entrambi i colpi appena menzionati l'analisi nel solo piano sagittale è apparsa inevitabilmente imprecisa.

4.1 OCCORRENZA DEI COLPI IN PARTITA

4.1.1 Il Clear.

COLPI	WH1	WH2	SL3	SL4	SU5	SS6
Clear	13	18	17	22	12	24
Drive	1	1	3	2	0	4
Drop di Dritto	5	0	4	7	9	11
Drop di Rovescio	5	2	8	3	7	9
Lob di Dritto	9	2	3	3	5	2
Lob di Rovescio	7	3	7	3	8	3
Net Drop	0	0	3	0	0	0
Servizio di Dritto	8	0	0	18	14	28
Servizio di Rovescio	32	7	12	0	0	0
Smash	3	6	4	11	11	7

Tabella 17: Occorrenza in partita dei colpi di Clear.

Il Clear appartiene alla categoria dei colpi alti e, in quanto tale, è in assoluto il più utilizzato tra i suoi simili (Tabella 17), ovvero il Drive e lo Smash, tanto è vero che tutti i giocatori lo utilizzano con estrema ricorrenza esattamente come accade per il Servizio. Nello specifico, l'atleta di categoria SS6 è colui che utilizza questa particolare tecnica di gioco in maggior misura rispetto agli altri partecipanti (24). Di contro, il giocatore di categoria SU5 si avvale tante volte del colpo di Clear ma non così spesso quanto i suoi colleghi (12).

4.1.2 Il Drive.

COLPI	WH1	WH2	SL3	SL4	SU5	SS6
Clear	13	18	17	22	12	24
Drive	1	1	3	2	0	4
Drop di Dritto	5	0	4	7	9	11
Drop di Rovescio	5	2	8	3	7	9
Lob di Dritto	9	2	3	3	5	2
Lob di Rovescio	7	3	7	3	8	3
Net Drop	0	0	3	0	0	0
Servizio di Dritto	8	0	0	18	14	28
Servizio di Rovescio	32	7	12	0	0	0
Smash	3	6	4	11	11	7

Tabella 18: Occorrenza in partita dei colpi di Drive.

Il Drive appartiene alla categoria dei colpi alti ma in quanto tale è in assoluto il meno utilizzato tra i suoi simili (Tabella 18), ovvero il Clear e lo Smash, tanto è vero che alcuni giocatori non vi ricorrono nemmeno, come accade in questo specifico caso per il giocatore di categoria SU5. Di fatto, anche l'atleta di categoria SS6 usa pochissime volte questa particolare tecnica di gioco, nonostante si avvalga del Drive in maggior misura rispetto agli altri partecipanti (4).

4.1.3 Lo Smash.

COLPI	WH1	WH2	SL3	SL4	SU5	SS6
Clear	13	18	17	22	12	24
Drive	1	1	3	2	0	4
Drop di Dritto	5	0	4	7	9	11
Drop di Rovescio	5	2	8	3	7	9
Lob di Dritto	9	2	3	3	5	2
Lob di Rovescio	7	3	7	3	8	3
Net Drop	0	0	3	0	0	0
Servizio di Dritto	8	0	0	18	14	28
Servizio di Rovescio	32	7	12	0	0	0
Smash	3	6	4	11	11	7

Tabella 19: Occorrenza in partita dei colpi di Smash.

Lo Smash, come i colpi visti fino ad ora, appartiene alla categoria dei colpi alti. In tal senso, possiamo affermare che, in condizioni di partita, gli atleti si apprestano ad eseguire un colpo di Smash con maggior frequenza rispetto alle volte in cui ricorrono ad un Drive ma, allo stesso tempo, la qui presente tecnica di gioco viene utilizzata molto meno se confrontata con un Clear. Analizzando la Tabella 19 e, nello specifico, considerando solo il numero di Smash usati dai singoli giocatori è possibile sostenere un confronto tra i sei partecipanti allo studio. A questo proposito, gli atleti di categoria SL4 e SU5 utilizzano questo particolare tipo di tiro in maggior

misura rispetto agli altri partecipanti (11). Di contro, il giocatore di categoria WH1 si avvale poche volte del colpo di Smash (3).

4.1.4 Il Servizio di Dritto.

COLPI	WH1	WH2	SL3	SL4	SU5	SS6
Clear	13	18	17	22	12	24
Drive	1	1	3	2	0	4
Drop di Dritto	5	0	4	7	9	11
Drop di Rovescio	5	2	8	3	7	9
Lob di Dritto	9	2	3	3	5	2
Lob di Rovescio	7	3	7	3	8	3
Net Drop	0	0	3	0	0	0
Servizio di Dritto	8	0	0	18	14	28
Servizio di Rovescio	32	7	12	0	0	0
Smash	3	6	4	11	11	7

Tabella 20: Occorrenza in partita di un Servizio di Dritto.

Il Servizio di Dritto (Tabella 20) rientra nella categoria dei colpi di inizio scambio e, in quanto tale, viene usato dai giocatori che lo prediligono rispetto ad un Servizio di Rovescio. Gli atleti che ricorrono più volte ad un Servizio di Dritto appartengono principalmente alla classe degli Standing, nello specifico, alle categorie di gioco SL4, SU5 e SS6. Tanto è vero che il soggetto affetto da acondroplasia utilizza questa particolare tecnica di gioco in maggior misura rispetto agli altri partecipanti (28). D'altro canto, anche il giocatore di categoria WH1 adoperava di tanto in tanto il Servizio di Dritto ma, come vedremo in seguito, vi preferisce il Servizio di Rovescio. Ne consegue che l'atleta in carrozzina si avvale del Servizio di Dritto pochissime volte (8). In genere, tutti i giocatori utilizzano i colpi di Servizio con estrema ricorrenza esattamente come accadeva per il Clear.

4.1.5 Il Servizio di Rovescio.

COLPI	WH1	WH2	SL3	SL4	SU5	SS6
Clear	13	18	17	22	12	24
Drive	1	1	3	2	0	4
Drop di Dritto	5	0	4	7	9	11
Drop di Rovescio	5	2	8	3	7	9
Lob di Dritto	9	2	3	3	5	2
Lob di Rovescio	7	3	7	3	8	3
Net Drop	0	0	3	0	0	0
Servizio di Dritto	8	0	0	18	14	28
Servizio di Rovescio	32	7	12	0	0	0
Smash	3	6	4	11	11	7

Tabella 21: Occorrenza in partita di un Servizio di Rovescio.

Il Servizio di Rovescio (Tabella 21) rientra nella categoria dei colpi di inizio scambio e, in quanto tale, viene usato dai giocatori che lo prediligono rispetto ad un Servizio di Dritto. Gli atleti che ricorrono più volte ad un Servizio di Rovescio appartengono alle categorie di gioco WH1, WH2 e SL3. Tanto è vero che il giocatore di categoria WH1 utilizza questa particolare tecnica di gioco in maggior misura rispetto agli altri partecipanti (32). Di contro, l'atleta di categoria WH2 non se ne avvale così spesso come il suo collega (8). In genere, il Servizio di Rovescio è stato usato tante volte quanto il Servizio di Dritto ed il Clear.

4.1.6 Il Drop di Dritto.

COLPI	WH1	WH2	SL3	SL4	SU5	SS6
Clear	13	18	17	22	12	24
Drive	1	1	3	2	0	4
Drop di Dritto	5	0	4	7	9	11
Drop di Rovescio	5	2	8	3	7	9
Lob di Dritto	9	2	3	3	5	2
Lob di Rovescio	7	3	7	3	8	3
Net Drop	0	0	3	0	0	0
Servizio di Dritto	8	0	0	18	14	28
Servizio di Rovescio	32	7	12	0	0	0
Smash	3	6	4	11	11	7

Tabella 22: Occorrenza in partita di un Drop di Dritto.

Il Drop di Dritto appartiene, in un certo qual modo, alla categoria dei colpi alti ma si distingue da quelli precedentemente menzionati, quali Clear, Drive e Smash, poiché la racchetta non va ad impattare contro il volano sopra la testa del giocatore ma, al contrario, l'impatto si verifica sul lato destro del soggetto. Apparentemente, non sembra una tecnica molto utilizzata dagli atleti (Tabella 22) i quali la impiegano solo quando si trovano costretti dall'avversario a correre in una precisa zona del campo. Questa considerazione viene supportata dal fatto che il giocatore di categoria WH2 non vi ricorre nemmeno. D'altra parte, l'atleta di categoria SS6 è colui che utilizza questa particolare tipologia di colpo in maggior misura rispetto agli altri partecipanti (11) e in maggior numero rispetto allo Smash, a dimostrazione del fatto che, talvolta, l'uso di una particolare tecnica piuttosto che di un'altra dipende esclusivamente dalla predilezione di un giocatore per quello specifico colpo.

4.1.7 Il Lob di Dritto.

COLPI	WH1	WH2	SL3	SL4	SU5	SS6
Clear	13	18	17	22	12	24
Drive	1	1	3	2	0	4
Drop di Dritto	5	0	4	7	9	11
Drop di Rovescio	5	2	8	3	7	9
Lob di Dritto	9	2	3	3	5	2
Lob di Rovescio	7	3	7	3	8	3
Net Drop	0	0	3	0	0	0
Servizio di Dritto	8	0	0	18	14	28
Servizio di Rovescio	32	7	12	0	0	0
Smash	3	6	4	11	11	7

Tabella 23: Occorrenza in partita di un Lob di Dritto.

Il Lob di Dritto appartiene alla categoria dei colpi bassi e, in quanto tale, si contraddistingue da tutte le altre tecniche di gioco fino a qui menzionate poiché, in questo specifico caso, la racchetta va ad impattare contro il volano in un punto ben al di sotto delle spalle situato, per giunta, sul lato destro del soggetto. Ciò nonostante, non si tratta di una tecnica molto utilizzata dagli atleti (Tabella 23) i quali vi ricorrono solo quando il volano si avvicina pericolosamente alla superficie del campo. Nello specifico, l'atleta di categoria WH1 è colui che utilizza questa particolare tipologia di colpo in maggior misura rispetto agli altri partecipanti (9). Di contro, i giocatori di categoria WH2 e SS6 se ne avvalgono di rado (2).

4.2 MOVIMENTO ASSOLUTO DELL'ASSE DELLA RUOTA NEI DIFFERENTI COLPI (WH1 E WH2)

4.2.1 Il Clear.

Atleta	Videoclip	Distanza percorsa [m]	Media \pm Dev.Std. [m]
WH1	N ° 1	0.75	0.87 \pm 0.59
WH1	N ° 2	0.34	
WH1	N ° 3	1.51	
WH2	N ° 1	0.94	1.28 \pm 0.21
WH2	N ° 2	1.26	
WH2	N ° 3	1.50	
WH2	N ° 4	1.33	
WH2	N ° 5	1.39	

Tabella 24: Movimento dell'asse della ruota nel Clear.

Nella Tabella 24 viene indicata la distanza percorsa dalla sedia a rotelle mentre i partecipanti allo studio eseguono un Clear. In generale, osservando le porzioni di filmato dove entrambi i soggetti ricorrono a questa particolare tecnica di gioco, si nota come l'atleta di categoria WH1 assuma una posizione di guardia che, quasi sempre, è coerente con il punto di arrivo del volano

ma non del tutto sufficiente per colpirlo. Talvolta, come accade nel primo videoclip, il giocatore si trova costretto ad indietreggiare leggermente o, in alternativa, deve necessariamente inclinare la carrozzina verso destra, o verso sinistra, a seconda di dove atterrerà lo “shuttlecock”. In quest’ultimo caso, come era prevedibile, la distanza percorsa dall’atleta corrisponde alla più piccola distanza qui tabellata (0.34 m). Ciò nonostante, nel terzo ed ultimo videoclip, il giocatore di categoria WH1 si muove all’indietro percorrendo un buon tratto di campo per riuscire a raggiungere il volano, tanto è vero che, in una condizione di questo tipo, la distanza percorsa dall’asse della ruota assume il valore in assoluto maggiore (1.51 m). Al contrario, l’atleta di categoria WH2 assume una posizione di guardia molto più vicino alla linea di servizio e, di conseguenza, è obbligato a spostarsi quasi sempre verso la linea di fondo nel tentativo ultimo di non perdere lo scambio. Infine, i valori medi rispecchiano la maggior tendenza del giocatore di categoria WH2 nel muoversi molto di più rispetto a quanto fatto dal suo collega.

4.2.2 Il Drive.

Atleta	Videoclip	Distanza Percorsa [m]
WH1	N° 1	1.34
WH2	N° 1	0.37

Tabella 25: Movimento dell’asse della ruota nel Drive.

La distanza totale percorsa dalla sedia a rotelle (Tabella 25) mentre i partecipanti allo studio si apprestano ad eseguire un Drive mostra come l’atleta di categoria WH1 si muova nettamente di più (1.34 m) rispetto al giocatore di categoria WH2 (0.37 m). Infatti, osservando le porzioni di filmato dove entrambi i soggetti ricorrono a questa particolare tecnica di gioco, si nota come l’atleta di categoria WH1 assuma una posizione di guardia molto più retratta rispetto al punto di arrivo del volano e, di conseguenza, sia costretto ad avanzare per non perdere lo scambio. Inoltre, dopo aver colpito il volano, ritorna alla posizione di guardia ma, probabilmente, lo sforzo fisico compiuto per riuscire ad intercettare il volano porta la carrozza ad inclinarsi leggermente verso sinistra percorrendo un ulteriore tratto di campo. Al contrario, il giocatore di categoria WH2 assume una posizione di guardia di poco più coerente con il punto di arrivo del volano ma non comunque sufficiente per colpirlo: deve avanzare leggermente e, a differenza del suo collega, sfrutta il controllo dei muscoli addominali per inclinare il tronco in avanti.

4.2.3 Lo Smash.

Atleta	Videoclip	Distanza percorsa [m]	Media ± Dev.Std. [m]
WH2	N ° 1	0.10	0.19 ± 0.12
WH2	N ° 2	0.33	
WH2	N ° 3	0.16	

Tabella 26: Movimento dell’asse della ruota nello Smash.

Nel caso del giocatore di categoria WH1 non è stato possibile calcolare la distanza percorsa dalla sedia a rotelle (Tabella 26). Infatti, i videoclip di cui si dispone sono stati estrapolati dal secondo filmato dove il Marker relativo all'asse della ruota non è visibile. Di conseguenza, l'andamento nel tempo di questo punto di interesse non è tracciabile. D'altra parte, andando ad osservare le porzioni di filmato dove l'atleta di categoria WH2 ricorre allo Smash, si nota come il qui presente giocatore assuma una posizione di guardia che, quasi sempre, è coerente con il punto di arrivo del volano. Talvolta, come accade nel secondo videoclip, l'atleta si trova costretto ad indietreggiare leggermente, percorrendo un misero tratto di campo per riuscire a raggiungere il volano. In una condizione di questo tipo, lo spostamento compiuto dall'asse della ruota assume il valore in assoluto più grande (0.33 m). Si tratta, tuttavia, di uno spostamento che, di per sé, è trascurabile. In alternativa, come accade nel primo ed ultimo videoclip, il qui presente partecipante deve necessariamente inclinare la carrozzina verso destra, o verso sinistra, a seconda di dove atterrerà lo "shuttlecock". In quest'ultimo caso, la distanza percorsa dall'atleta corrisponde, ovviamente, alla più piccola distanza qui tabellata (0.10 m).

4.2.4 Il Servizio di Dritto.

Atleta	Videoclip	Distanza Percorsa [m]	Media \pm Dev.Std. [m]
WH1	N ° 1	0.08	0.19 \pm 0.11
WH1	N ° 2	0.21	
WH1	N ° 3	0.29	

Tabella27: Movimento dell'asse della ruota nel Servizio di Dritto.

I valori numerici riportati in Tabella 27 quantificano gli spostamenti effettuati dall'asse della ruota mentre l'atleta di categoria WH1 esegue un Servizio di Dritto. Per una migliore interpretazione dei dati, sono state osservate con attenzione le porzioni di filmato corrispondenti. A questo proposito, nel terzo videoclip, il soggetto inclina la carrozzina verso destra, o verso sinistra, a causa della forza che viene impressa al colpo. In una condizione di questo tipo, lo spostamento compiuto dall'asse della ruota assume il valore in assoluto più grande (0.29 m). Si tratta, tuttavia, di uno spostamento che, di per sé, è trascurabile rispetto al tratto di campo realmente percorribile. D'altra parte, come accade nel primo videoclip, vi è una leggera oscillazione delle ruote attorno al proprio asse dovuta, nuovamente, alla forza necessaria per ribattere il volano. In quest'ultimo caso, la distanza percorsa dall'atleta corrisponde, ovviamente, alla più piccola distanza qui tabellata (0.08 m).

4.2.5 Il Servizio di Rovescio.

Atleta	Videoclip	Distanza Percorsa [m]	Media \pm Dev.Std. [m]
WH1	N ° 1	0.15	0.10 \pm 0.04
WH1	N ° 2	0.14	
WH1	N ° 3	0.09	
WH1	N ° 4	0.08	
WH1	N ° 5	0.06	
WH2	N ° 1	0.14	0.14 \pm 0.03
WH2	N ° 2	0.12	
WH2	N ° 3	0.10	
WH2	N ° 4	0.16	
WH2	N ° 5	0.19	

Tabella 28: Movimento dell'asse della ruota nel Servizio di Rovescio.

I valori numerici riportati in Tabella 28 indicano in che misura i Wheelchair si muovono quando ricorrono ad un Servizio di Rovescio. Per dar credito ai dati, sono state osservate con attenzione le porzioni di filmato corrispondenti. A questo proposito, in alcuni videoclip, il soggetto inclina la carrozzina verso destra, o verso sinistra, a causa della forza che viene impressa nel colpo. In una condizione di questo tipo, lo spostamento compiuto dall'asse della ruota assume il valore in assoluto più grande ma, ad ogni modo, è pur sempre trascurabile rispetto alle dimensioni praticabili del campo. Ne è un chiaro esempio il quinto videoclip associato all'atleta di categoria WH2 (0.19 m). D'altra parte, come accade in altri filmati, vi è una leggera oscillazione delle ruote attorno al proprio asse dovuta, nuovamente, alla forza necessaria per ribattere il volano. In quest'ultimo caso, la distanza percorsa dall'atleta corrisponde, ovviamente, alla più piccola distanza qui tabellata. Né è una prova il quinto videoclip acquisito per l'atleta di categoria WH1 (0.06 m). Infine, le medie confermano ciò che i singoli videoclip hanno già dimostrato. Si tratta, infatti, di spostamenti irrilevanti che assumono valori di poco maggiori nel giocatore di categoria WH2.

4.2.6 Il Drop di Dritto.

Atleta	Videoclip	Distanza Percorsa [m]	Media \pm Dev.Std. [m]
WH1	N ° 1	0.43	0.58 \pm 0.21
WH1	N ° 2	0.73	

Tabella 29: Movimento dell'asse della ruota nel Drop di Dritto.

Osservando le porzioni di filmato dove l'atleta di categoria WH1 ricorre ad un Drop di Dritto, si nota come il qui presente giocatore assuma una posizione di guardia che è abbastanza coerente con il punto di arrivo del volano. Nonostante la distanza percorsa (Tabella 29) nei due videoclip differisca di ben 0.30 m, in ambe due i colpi qui analizzati l'atleta si trova costretto ad avanzare leggermente per riuscire a raggiungere il volano inclinando, nel contempo, la carrozzina un po'

verso destra e un po' verso sinistra. Infine, ad impatto avvenuto, la sedia a rotelle si sposta ancora di più verso rete a causa dello sforzo fisico esercitato.

4.2.7 Il Lob di Dritto.

Atleta	Videoclip	Distanza Percorsa [m]	Media \pm Dev.Std. [m]
WH1	N ° 1	0.61	0.99 \pm 0.72
WH1	N ° 2	0.55	
WH1	N ° 3	1.82	
WH2	N ° 1	0.46	1 \pm 0.76
WH2	N ° 2	1.54	

Tabella 30: Movimento dell'asse della ruota nel Lob di Dritto.

I valori numerici riportati in Tabella 30 quantificano gli spostamenti effettuati dall'asse della ruota mentre i Wheelchair eseguono un Lob di Dritto. Per una migliore interpretazione dei dati, sono state osservate con attenzione le porzioni di filmato corrispondenti. Nello specifico, il giocatore di categoria WH1 tende a spingere la carrozzina in avanti per riuscire a raggiungere il volano e, a causa della forza trasferita nel colpo, la sedia a rotelle si inclina leggermente verso sinistra, come accade nei primi due videoclip, oppure si avvicina ancora di più a rete, come succede nell'ultimo videoclip. In una condizione di questo tipo, lo spostamento compiuto dall'asse della ruota assume il valore in assoluto più grande (1.82 m). D'altra parte, l'atleta di categoria WH2 sposta la carrozzina in avanti con continuità dall'inizio fino alla fine del colpo, come accade nel secondo videoclip, oppure è caratterizzato da una leggera oscillazione delle ruote attorno al proprio asse dovuta, nuovamente, alla forza necessaria per rinviare il volano, come si verifica invece nel primo videoclip. In quest'ultimo caso, la distanza percorsa dall'atleta corrisponde, ovviamente, alla più piccola distanza qui tabellata (0.46 m). Tuttavia, i valori medi capovolgono quanto appena rivelato dai singoli videoclip. Sembra, infatti, che il giocatore di categoria WH2 si muova mediamente di più rispetto al suo collega.

Sulla base delle riflessioni fino a qui avanzate, sembrerebbe che il movimento associato all'asse della ruota, se preso singolarmente, non sia una variabile a cui ci si può affidare senza remore per valutare le eventuali differenze, o similitudini, che contraddistinguono, o accomunano, un Wheelchair di categoria WH1 dal suo collega di categoria WH2. Ad esempio, è stato ribadito più volte e per più colpi che, durante l'esecuzione degli stessi, ci sono state alcune rotazioni parziali della carrozzina a causa delle quali l'analisi condotta nel piano sagittale e riguardante il movimento relativo all'asse della ruota potrebbe aver dato informazioni inaccurate. Allo stesso tempo, spesso è stato fatto notare che i due Wheelchair associavano ad un movimento della carrozzina un movimento di inclinazione del tronco. Di conseguenza, considerare solo le informazioni racchiuse in questo primo parametro, escludendo, di fatto, le nozioni che ci vengono fornite da una seconda variabile, potrebbero non rispecchiare in modo sufficientemente esaustivo il reale movimento dell'atleta nel singolo colpo.

4.3 TRAIETTORIA, VELOCITÀ ED ANGOLO DEL VOLANO NELLE DUE TIPOLOGIE DI SERVIZI

4.3.1 Il Servizio di Dritto.

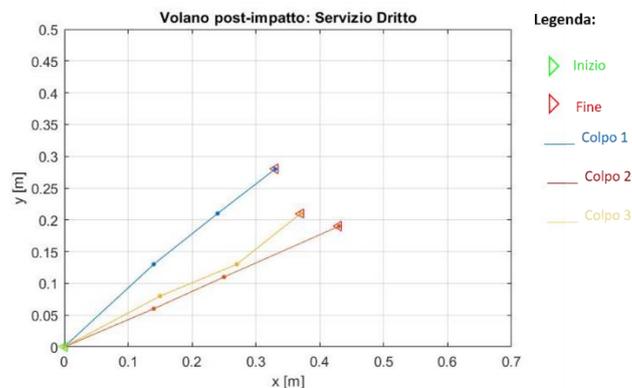


Figura 20: Traiettoria del Volano post-impatto nel giocatore di categoria WH1 durante il Servizio di Dritto.

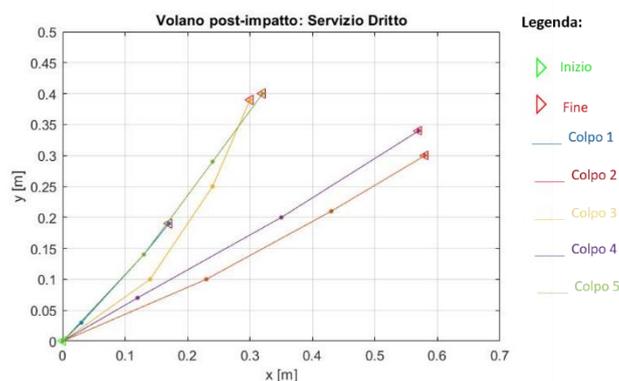


Figura 21: Traiettoria del Volano post-impatto nel giocatore di categoria SL4 durante il Servizio di Dritto.

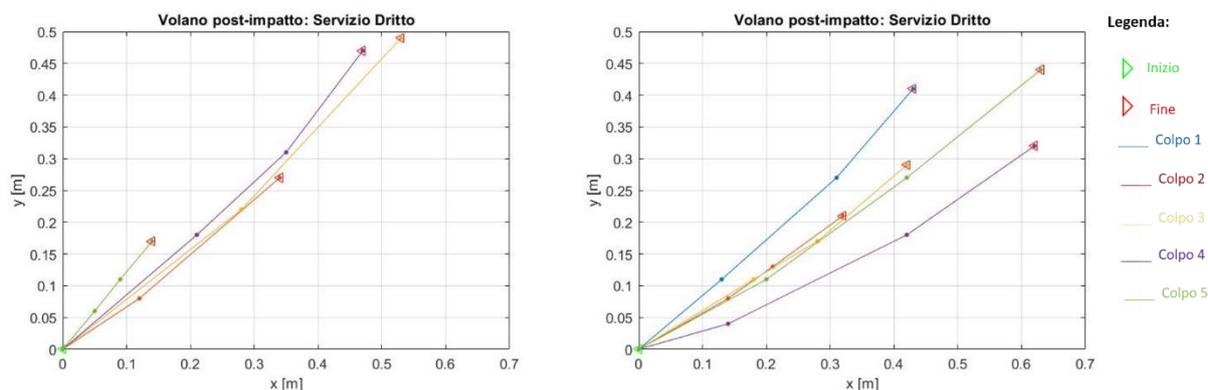


Figura 22: Traiettoria del Volano post-impatto negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante il Servizio di Dritto.

Nelle Figure 20, 21 e 22 si nota un andamento per lo più crescente, andamento atteso perché il volano si sposta sempre di più verso l'alto nel tentativo di superare la rete e raggiungere, di conseguenza, il campo avversario. Tuttavia, si osservano, talvolta, delle diramazioni nelle

traiettorie imputabili al fatto che lo “shuttlecock”, mentre è in movimento, riesce a vincere la resistenza aereodinamica che gli si oppone e, di fatto, si sposta per raggiungere una posizione di altezza decisamente maggiore. Altre volte ancora gli andamenti che illustrano il comportamento del volano post-impatto sono descritti da alcune curve che si sovrappongono in parte, o addirittura in toto, l’una sull’altra ad indicare un’effettiva ripetibilità nel gesto del Servizio dovuta, a sua volta, ad un elevato controllo da parte del soggetto quando si appresta a ribattere il volano.

Atleta	Velocità [m/s]					Media ± Dev.Std
	Colpo 1	Colpo 2	Colpo 3	Colpo 4	Colpo 5	
WH1	17.3	18.8	17.0	-	-	17.7 ± 1.0
SL4	10.2	26.1	19.7	26.6	20.5	20.6 ± 5.9
SU5	8.8	17.4	28.9	26.6	8.8	18.1 ± 8.5
SS6	23.8	15.3	20.4	27.9	30.7	23.6 ± 5.5

Tabella 31: Velocità del Volano dopo l’impatto nel Servizio di Dritto.

L’atleta di categoria SU5 raggiunge, nel primo ed ultimo colpo di Servizio, una velocità post-impatto che è in assoluto la più piccola possibile (8.81 m/s) tra i valori numerici qui tabellati (Tabella 31). D’altronde, nella Figura 22 le traiettorie plottate nel grafico a sinistra e associate al primo ed ultimo videoclip si sovrappongono completamente. Di contro, il quinto videoclip associato al giocatore di categoria SS6 è caratterizzato da una velocità di rinvio del volano che è in assoluto la più grande (30.7 m/s) rispetto ai valori riportati per gli altri partecipanti. Tanto è vero che, in Figura 22, la curva plottata nel grafico a sinistra e associata al quinto videoclip mostra chiaramente che il volano ha percorso una distanza decisamente maggiore rispetto a quanto fatto negli altri casi e, di conseguenza, ha raggiunto un punto di fine traiettoria che risulta più alto degli altri. Tuttavia, la media conferma solo in parte quanto appena constatato attraverso i dati riportati per i singoli videoclip. Infatti, i giocatori di categoria SS6 e WH1 sono caratterizzati da un valore numerico medio che corrisponde, rispettivamente, alla velocità maggiore (23.63 ± 5.45 m/s) e minore (17.71 ± 0.96 m/s) raggiunta dal volano dopo l’esecuzione di un buon Servizio. Inoltre, il Wheelchair di categoria WH1, essendo il giocatore con la deviazione standard minore, è quello che ha una riproducibilità del colpo maggiore per quanto concerne la velocità raggiunta dal volano dopo il distacco dalla racchetta.

Atleta	Angolo [°]					Media ± Dev.Std
	Colpo 1	Colpo 2	Colpo 3	Colpo 4	Colpo 5	
WH1	46.1	31.9	36.3	-	-	38.1 ± 7.3
SL4	60.5	34.7	58.9	41.9	59.5	51.1 ± 12.0
SU5	36.0	39.0	43.3	46.0	36.0	40.0 ± 4.5
SS6	45.6	38.5	41.0	38.4	39.7	40.7 ± 3.0

Tabella 32: Angolo del Volano dopo l’impatto nel Servizio di Dritto.

In ultima analisi, passando al vaglio i valori numerici indicati in Tabella 32, possiamo affermare che l’angolo formatosi tra la traiettoria del volano e l’asse delle ascisse assume un valore

nell'intorno dei 40° per il giocatore di categoria WH1 e per due dei tre giocatori appartenenti alla classe degli Standing (SU5 e SS6). Di contro, l'angolo che si forma tra la traiettoria del volano e l'orizzontale assume un valore particolarmente grande (60.51°) per l'atleta di categoria SL4, ad indicare una traiettoria decisamente più verticale rispetto a quanto graficato per i suoi colleghi.

4.3.2 Il Servizio di Rovescio.

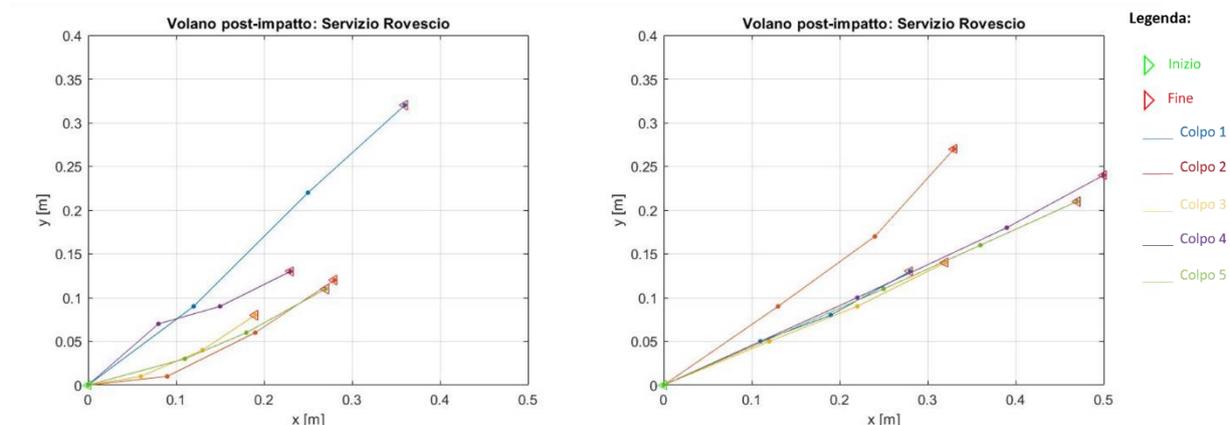


Figura 23: Traiettoria del Volano post-impatto nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante il Servizio di Rovescio.

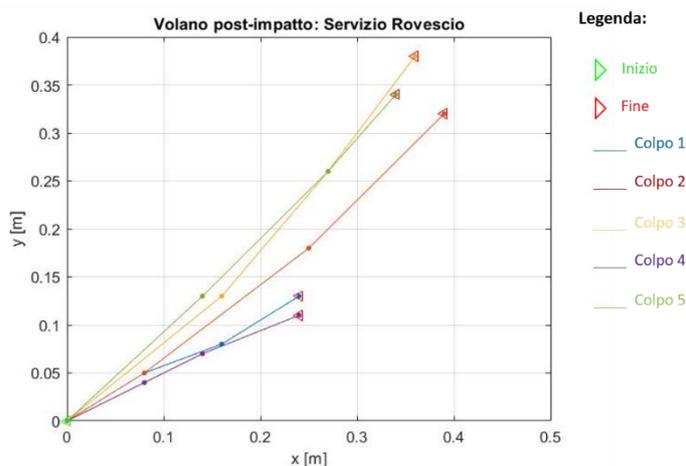


Figura 24: Traiettoria del Volano post-impatto nel giocatore di categoria SL3 durante il Servizio di Rovescio.

Nelle Figure 23 e 24 si nota un andamento solitamente costante dove il volano si sposta sempre di più verso l'alto nel tentativo di superare la rete e raggiungere, di conseguenza, l'avversario. Come per il Servizio di Dritto, anche per il Servizio di Rovescio lo "shuttlecock" devia dal suo naturale percorso spostandosi verso il basso o, in alternativa, ancora di più verso l'alto. Infatti, alcune di queste diramazioni sono attribuibili al fatto che il volano, mentre è in movimento, riesce a vincere la resistenza aerea che gli si oppone e, di fatto, si sposta per raggiungere una posizione la cui altezza è nettamente maggiore. Altre volte ancora, questo cambiamento di direzione è imputabile al fatto che lo "shuttlecock", mentre avanza, non è in grado di contrapporsi alla resistenza aerea che lo ostacola. Ne consegue che, in una condizione di questo tipo, il volano si sposta raggiungendo una posizione la cui altezza è decisamente inferiore. Infine,

gli andamenti che illustrano il comportamento del volano post-impatto sono descritti da alcune curve che procedono una affianco all'altra, quasi a sovrapporsi, indicando un'effettiva ripetibilità nel gesto del servizio ed un elevato controllo da parte del soggetto. Ne sono un chiaro esempio ben quattro delle cinque traiettorie analizzate per l'atleta di categoria WH2 che, di fatto, avanzano procedendo l'uno accanto all'altra quasi a sovrapporsi tra loro.

Atleta	Velocità [m/s]					
	Colpo 1	Colpo 2	Colpo 3	Colpo 4	Colpo 5	Media \pm Dev.Std
WH1	19.3	12.2	8.3	10.6	11.7	12.4 \pm 4.1
WH2	12.4	17.1	14.0	22.2	20.6	17.2 \pm 4.2
SL3	10.9	20.2	20.9	10.6	19.2	16.4 \pm 5.2

Tabella 33: Velocità del Volano dopo l'impatto nel Servizio di Dritto.

L'atleta di categoria WH1 raggiunge, nel terzo Servizio, una velocità post-impatto che è in assoluto la più piccola possibile (8.25 m/s) tra i valori numerici qui tabellati (Tabella 33). Tanto è vero che, in Figura 23, la curva plottata nel grafico a sinistra e associata al terzo videoclip mostra chiaramente che il volano ha percorso una distanza decisamente minore rispetto a quanto fatto negli altri casi e, di conseguenza, ha raggiunto un punto di fine traiettoria che risulta più basso degli altri. Di contro, il quarto videoclip associato al giocatore di categoria WH2 è caratterizzato da una velocità di rinvio del volano che è in assoluto più grande (22.18 m/s) rispetto ai valori riportati per gli altri partecipanti. Infatti, in Figura 23, la curva plottata nel grafico a destra e associata al quarto videoclip mostra chiaramente che il volano si è allontanato molto di più dal punto di impatto rispetto a quanto fatto negli altri casi e, di conseguenza, ha raggiunto un punto di fine traiettoria decisamente più alto. Inoltre, i valori medi vanno ad avvalorare quanto osservato nei singoli videoclip.

Atleta	Angolo [°]					
	Colpo 1	Colpo 2	Colpo 3	Colpo 4	Colpo 5	Media \pm Dev.Std
WH1	38.7	37.2	28.1	34.9	32.9	34.4 \pm 4.7
WH2	27.5	39.4	17.9	26.7	21.3	26.5 \pm 8.2
SL3	41.6	44.1	55.9	26.5	50.3	43.7 \pm 11.1

Tabella 34: Angolo del Volano dopo l'impatto nel Servizio di Dritto.

In ultima analisi, passando al vaglio i valori numerici indicati in Tabella 34 per ogni singolo partecipante e per ognuno dei suoi videoclip, possiamo affermare che l'angolo formatosi tra la traiettoria del volano e l'asse delle ascisse assume un valore mediamente più piccolo (26.5°) nel giocatore di categoria WH2. Di contro, l'angolo che si forma tra la traiettoria del volano e l'orizzontale assume un valore particolarmente grande (43.6°) per l'atleta di categoria SL3.

In ambedue le tipologie di Servizio, sembrerebbe che i giocatori con una limitazione fisica agli arti inferiori (SL3 e SL4) rinviino il volano imponendogli una traiettoria più verticale, mentre i Wheelchair, l'atleta con agenesia alla mano sinistra e il giocatore affetto da nanismo tendono a condurre il volano lungo una traiettoria più orizzontale.

In genere, pur considerando un partecipante alla volta, se ad un colpo corrisponde la velocità massima non è detto che gli corrisponda anche l'angolo in assoluto più grande e viceversa. Inoltre, i valori numerici che esprimono la velocità del volano post-impatto (Tabella 31 e 33) sono coerenti con l'andamento conseguito dallo stesso "shuttlecock" dopo il distacco dalla racchetta e, allo stesso modo, anche i dati che indicano l'angolo formatosi tra la traiettoria del volano e l'asse delle ascisse (Tabelle 32 e 34) sono conformi con quanto graficato nei diversi plot

4.4 DURATA TOTALE DEI COLPI E DURATA DELLE FASI DI BACK SWING, FORWARD SWING E FOLLOW THROUGH

4.4.1 Il Clear.

Atleta	Videoclip	Durata Tot [s]	Durata Back [s]	Durata Forward [s]	Durata Follow [s]
WH1	N ° 1	1.320	0.688	0.072	0.560
WH1	N ° 2	1.192	0.760	0.072	0.360
WH1	N ° 3	1.816	1.160	0.088	0.568
WH2	N ° 1	1.104	0.584	0.104	0.416
WH2	N ° 2	1.024	0.456	0.088	0.480
WH2	N ° 3	1.120	0.640	0.088	0.392
WH2	N ° 4	0.992	0.600	0.096	0.296
WH2	N ° 5	1.064	0.480	0.104	0.480
SL3	N ° 1	1.096	0.632	0.136	0.328
SL3	N ° 2	1.664	0.744	0.144	0.756
SL3	N ° 3	1.512	0.600	0.176	0.736
SL3	N ° 4	1.376	0.488	0.216	0.672
SL3	N ° 5	1.208	0.520	0.224	0.464
SL4	N ° 1	1.344	0.888	0.096	0.360
SL4	N ° 2	1.312	0.472	0.088	0.752
SL4	N ° 3	1.456	0.728	0.080	0.648
SL4	N ° 4	1.312	0.736	0.096	0.480
SL4	N ° 5	0.984	0.560	0.104	0.320
SU5	N ° 1	1.432	0.920	0.112	0.400
SU5	N ° 2	1.352	0.856	0.096	0.400
SU5	N ° 3	1.440	0.784	0.120	0.536
SU5	N ° 4	0.984	0.264	0.088	0.632
SU5	N ° 5	0.976	0.592	0.120	0.264
SS6	N ° 1	0.968	0.728	0.080	0.160
SS6	N ° 2	1.344	0.816	0.128	0.400
SS6	N ° 3	1.312	0.952	0.096	0.264
SS6	N ° 4	1.244	0.864	0.080	0.300
SS6	N ° 5	1.136	0.912	0.088	0.136

Tabella 35: Durata totale e durate delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Clear.

La Tabella 35 suggerisce che, dai filmati di partenza registrati per ciascun giocatore, sono stati estrapolati cinque videoclip dove si può vedere il soggetto mentre è intento ad eseguire un colpo di Clear. Tuttavia, fa eccezione l'atleta di categoria WH1 per il quale vengono inclusi nella fase di "Elaborazione Dati" solo tre dei cinque videoclip precedentemente importati in Kinovea.

Volendo esaminare le variabili temporali qui presentate, possiamo avanzare una serie di considerazioni su come i singoli atleti gestiscono il tempo a loro disposizione una volta che il volano viene rinviato dall'avversario. Di fatto, l'atleta di categoria WH1 è colui che impiega il maggior tempo possibile per realizzare un buon Clear (1.816 s). A questo proposito, anche la sua fase di Back Swing è particolarmente lunga rispetto a quanto indicato per i suoi colleghi (1.160 s) ma, ad ogni modo, è anche il giocatore con la fase di Forward Swing più breve (0.072 s). D'altra parte, l'atleta di categoria SS6 è colui che si serve del minor tempo possibile per realizzare un Clear che sia tecnicamente corretto (0.968 s). Inoltre, anche la sua fase di Follow Through è in assoluto la più breve (0.136 s). Procedendo in tal senso, possiamo affermare che l'atleta di categoria SL3 trascorre molto tempo nella fase di Forward Swing (0.224 s) e nella fase di Follow Through (0.756 s) rispetto a quanto fatto dagli altri partecipanti allo studio. Infine, il giocatore di categoria SU5 raggiunge in maniera piuttosto celere l'istante di carico presentando una durata della fase di Back Swing che è minima (0.264 s). Si vuole, peraltro, porre l'attenzione su come l'atleta di categoria SL4 non si distingue in alcun modo dai suoi compagni se si considerano le durate da lui totalizzate in ciascuna delle fasi che compongono il movimento di Clear.

Atleta	Durata Media Tot ± Dev.Std. [s]	Durata Media Back ± Dev.Std. [s]	Durata Media Forward ± Dev.Std. [s]	Durata Media Follow ± Dev.Std. [s]
WH1	1.443 ± 0.330	0.869 ± 0.254	0.077 ± 0.009	0.496 ± 0.118
WH2	1.061 ± 0.054	0.552 ± 0.080	0.096 ± 0.008	0.413 ± 0.076
SL3	1.371 ± 0.228	0.597 ± 0.101	0.179 ± 0.040	0.591 ± 0.187
SL4	1.282 ± 0.177	0.677 ± 0.163	0.093 ± 0.009	0.512 ± 0.185
SU5	1.237 ± 0.237	0.683 ± 0.265	0.107 ± 0.015	0.446 ± 0.141
SS6	1.201 ± 0.153	0.854 ± 0.087	0.094 ± 0.020	0.252 ± 0.108

Tabella 36: Durata totale media e durata media delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Clear.

I valori medi riportati in Tabella 36 confermano quanto detto in precedenza per le fasi di Forward Swing e Follow Through. Tuttavia, le conclusioni a cui si è giunti osservando i valori numerici riportati per ogni singolo videoclip vengono solo parzialmente avvalorate dalle medie calcolate per la durata totale e la fase di Back Swing. Infatti, il giocatore che si serve del minor tempo possibile per realizzare un buon Servizio è il giocatore di categoria WH2 (1.061 ± 0.054 s). Allo stesso modo, si nota come il giocatore appena menzionato impieghi meno tempo del previsto per caricare il colpo (0.552 ± 0.080 s). Queste variazioni sono dovute ad una diversa gestione del colpo che contraddistingue ciascuno dei videoclip estrapolati per un dato giocatore.

In genere, la fase di Forward Swing (Figura 25) è in assoluto la più veloce. In altre parole, dall'istante di carico all'istante di impatto trascorre un periodo di tempo molto limitato e questa considerazione è valida per tutti i giocatori qui analizzati. D'altra parte, la fase di Back Swing sembra che necessiti di un periodo di tempo maggiore rispetto a quanto richiesto dalla fase di Follow Through. Tuttavia, focalizzandoci sul giocatore di categoria SL3, le durate che definiscono queste ultime due fasi sono estremamente simili.

4.4.2 Il Drive.

Atleta	Videoclip	Durata Tot [s]	Durata Back [s]	Durata Forward [s]	Durata Follow [s]
WH1	N ° 1	1.544	0.832	0.184	0.528
WH2	N ° 1	1.120	0.432	0.080	0.608
SL3	N ° 1	0.624	0.248	0.056	0.320
SL3	N ° 2	0.896	0.424	0.128	0.344
SL3	N ° 3	0.920	0.272	0.120	0.528
SL4	N ° 1	1.736	1.216	0.184	0.336
SL4	N ° 2	1.391	0.832	0.240	0.319
SS6	N ° 1	1.520	0.984	0.208	0.328
SS6	N ° 2	1.288	0.936	0.072	0.280
SS6	N ° 3	1.244	0.616	0.056	0.572

Tabella 37: Durata totale e durata delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Drive.

La tabella 37 suggerisce che il numero di videoclip estrapolati dal filmato originale è diverso a seconda della frequenza con cui gli atleti si apprestano ad eseguire un Drive in condizioni di partita. Infatti, dai filmati di partenza registrati per ciascun giocatore, è stato estrapolato un solo videoclip nel caso dei Wheelchair, due videoclip per il giocatore di categoria SL4 e, infine, tre videoclip per gli atleti di categoria SL3 e SS6.

Volendo esaminare le variabili temporali qui presentate, possiamo avanzare una serie di considerazioni su come i singoli giocatori gestiscono il tempo a loro disposizione una volta che il volano viene rinviato dall'avversario. Di fatto, l'atleta di categoria SL4 è colui che impiega il maggior tempo possibile per realizzare un buon Drive (1.736 s). A questo proposito, anche la sua fase di Back Swing (1.216 s) e la sua fase di Forward Swing (0.240 s) sono particolarmente lunghe rispetto a quanto indicato per i suoi colleghi. D'altra parte, l'atleta di categoria SL3 è colui che si serve del minor tempo possibile per realizzare un Drive che sia tecnicamente corretto (0.624 s). Inoltre, anche la sua fase di Back Swing (0.272 s) e la sua fase di Forward Swing (0.056 s) sono in assoluto le più brevi, ma in condizioni di Forward Swing condivide questo primato con il giocatore di categoria SS6 (0.056 s). Procedendo in tal senso, possiamo affermare che l'atleta di categoria WH2 trascorre molto tempo nella fase di Follow Through (0.608s) rispetto a quanto fatto dagli altri partecipanti allo studio. Di contro, il giocatore di categoria SS6 raggiunge in maniera piuttosto celere una nuova posizione di guardia presentando una durata della fase di Follow Through che è minima (0.208 s).

Atleta	Durata Media Tot ± Dev.Std. [s]	Durata Media Back ± Dev.Std. [s]	Durata Media Forward ± Dev.Std. [s]	Durata Media Follow ± Dev.Std. [s]
WH1	1.544 ± 0.000	0.832 ± 0.000	0.184 ± 0.000	0.528 ± 0.000
WH2	1.120 ± 0.000	0.432 ± 0.000	0.080 ± 0.000	0.608 ± 0.000
SL3	0.813 ± 0.164	0.315 ± 0.095	0.101 ± 0.039	0.397 ± 0.114
SL4	1.564 ± 0.244	1.024 ± 0.272	0.212 ± 0.040	0.328 ± 0.012
SS6	1.351 ± 0.148	0.845 ± 0.148	0.112 ± 0.084	0.393 ± 0.157

Tabella 38: Durata totale media e durata media delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Drive.

Possiamo affermare che i valori medi (Tabella 38) calcolati per la durata totale e per la fase di Back Swing danno credito alle osservazioni messe precedentemente per iscritto. Tuttavia, le medie riportate per la fase di Forward Swing e Follow Through vanno a comprovare solo in parte le considerazioni maturate in precedenza sulla base dei singoli videoclip. Infatti, il giocatore di categoria WH2 è colui che, dopo aver caricato il colpo, si serve del minor tempo possibile (0.080 ± 0.000 s) per colpire il volano. D'altra parte, si nota come il giocatore di categoria SL4 torni ben presto ad assumere una nuova posizione di guardia (0.328 ± 0.012 s). Queste variazioni sono dovute ad una diversa gestione del colpo che contraddistingue ciascuno dei videoclip estrapolati per un dato giocatore.

In genere, la fase di Forward Swing (Figura 26) è in assoluto la più veloce. In altre parole, dall'istante di carico all'istante di impatto trascorre un periodo di tempo molto limitato e questa considerazione è valida per tutti i giocatori qui analizzati. D'altra parte, le durate che caratterizzano la fase di Back Swing e la fase di Follow Through hanno un andamento estremamente soggettivo. Talvolta, la fase di Back Swing si prolunga molto di più nel tempo rispetto a quanto fatto dalla fase di Follow Through (WH1, SL4 e SS6), altre volte ancora si verifica l'esatto opposto (WH2 e SL3).

4.4.3 Lo Smash.

Atleta	Videoclip	Durata Tot [s]	Durata Back [s]	Durata Forward [s]	Durata Follow [s]
WH1	N ° 1	0.984	0.424	0.072	0.488
WH1	N ° 2	1.280	0.707	0.069	0.504
WH1	N ° 3	1.048	0.480	0.072	0.496
WH2	N ° 1	1.120	0.432	0.192	0.496
WH2	N ° 2	1.240	0.624	0.152	0.464
WH2	N ° 3	1.080	0.520	0.120	0.440
SL3	N ° 1	1.232	0.896	0.104	0.232
SL3	N ° 2	1.352	0.528	0.176	0.648
SL3	N ° 3	1.624	0.784	0.168	0.672
SL4	N ° 1	1.440	0.944	0.080	0.416
SL4	N ° 2	1.128	0.552	0.080	0.496
SL4	N ° 3	0.888	0.576	0.112	0.200
SU5	N ° 1	0.992	0.464	0.064	0.464
SU5	N ° 2	1.336	0.744	0.112	0.480
SU5	N ° 3	1.296	0.960	0.072	0.264
SS6	N ° 1	1.296	1.024	0.088	0.184
SS6	N ° 2	1.320	0.840	0.072	0.408
SS6	N ° 3	1.048	0.776	0.078	0.184

Tabella 39: Durata totale e delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nello Smash.

La Tabella 39 suggerisce che, dai filmati di partenza registrati per ciascun giocatore, sono stati estrapolati tre videoclip dove si può vedere il soggetto mentre è intento ad eseguire un colpo di Smash.

Volendo esaminare le variabili temporali qui presentate, possiamo avanzare una serie di considerazioni su come i singoli atleti gestiscono il tempo a loro disposizione una volta che il volano viene rinviato dall'avversario. Di fatto, l'atleta di categoria SL3 è colui che impiega il maggior tempo possibile (1.624 s) per realizzare un buono Smash. A questo proposito, anche la sua fase di Follow Through è particolarmente lunga (0.672 s) rispetto a quanto indicato per gli altri partecipanti. D'altra parte, l'atleta di categoria SL4 è colui che si serve del minor tempo possibile (0.888 s) per realizzare uno Smash che sia tecnicamente corretto. Procedendo in tal senso, possiamo affermare che l'atleta di categoria WH2 trascorre molto tempo (0.192 s) nella fase di Forward Swing, soprattutto se confrontato con l'altro suo collega che compete in carrozzina. Infatti, il giocatore di categoria WH1 raggiunge in maniera piuttosto celere sia l'istante di carico che l'istante di impatto presentando una durata minima in ambedue le fasi di Back (0.424 s) e Forward (0.069 s). Infine, l'atleta di categoria SS6 possiede una fase di Back Swing (1.024 s), e una fase di Follow Through (0.184 s), che sono rispettivamente maggiori, e minori, rispetto alle durate tabellate per gli altri soggetti e che riguardano, per l'appunto, questi stessi parametri. Si vuole, peraltro, porre l'attenzione su come l'atleta di categoria SU5 non si distingue in alcun modo dai suoi compagni se si considerano le durate da lui totalizzate in ciascuna delle fasi che compongono il movimento di Smash.

Atleta	Durata Media Tot ± Dev.Std. [s]	Durata Media Back ± Dev.Std. [s]	Durata Media Forward ± Dev.Std. [s]	Durata Media Follow ± Dev.Std. [s]
WH1	1.104 ± 0.156	0.537 ± 0.150	0.071 ± 0.002	0.496 ± 0.008
WH2	1.147 ± 0.083	0.525 ± 0.096	0.155 ± 0.036	0.467 ± 0.028
SL3	1.403 ± 0.201	0.736 ± 0.189	0.149 ± 0.039	0.517 ± 0.247
SL4	1.152 ± 0.277	0.691 ± 0.220	0.091 ± 0.018	0.371 ± 0.153
SU5	1.208 ± 0.188	0.723 ± 0.249	0.083 ± 0.026	0.403 ± 0.120
SS6	1.221 ± 0.151	0.880 ± 0.129	0.079 ± 0.008	0.259 ± 0.129

Tabella 40: Durata totale media e durata media delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nello Smash.

I valori medi riportati in Tabella 40 confermano in toto quanto detto prima per la fase di Forward Swing ma convalidano solo in parte quanto dedotto per le altre fasi, inclusa la durata totale. Infatti, in base alla durata totale media, il giocatore che si serve del minor tempo possibile per realizzare uno Smash che sia tecnicamente valido è il giocatore di categoria WH1 (1.104 ± 0.156 s). D'altra parte, la fase di Back Swing risulta particolarmente corta (0.525 ± 0.096 s) se consideriamo i valori medi indicati per questa specifica fase. Infine, osservando le medie riportate lungo l'ultima colonna, si nota come il giocatore di categoria SL4 tenda ad assumere piuttosto in fretta una nuova posizione di guardia (0.371 ± 0.153 s). Queste variazioni sono dovute ad una diversa gestione del colpo che contraddistingue ciascuno dei videoclip estrapolati per un dato giocatore.

In genere, la fase di Forward Swing (Figura 27) è in assoluto la più veloce. In altre parole, dall'istante di carico all'istante di impatto trascorre un periodo di tempo molto limitato e questa considerazione è valida per tutti i giocatori qui analizzati. D'altra parte, la fase di Back Swing e la

fase di Follow Through hanno una durata che dipende fortemente da come ciascun partecipante utilizza il tempo a sua disposizione. Solitamente la fase di Back Swing si protrae maggiormente nel tempo rispetto a quanto accade per la fase di Follow Through ma, nel caso dei Wheelchair, le durate che definiscono ambedue le fasi sono abbastanza comparabili tra loro.

4.4.4 Il Servizio di Dritto.

Atleta	Videoclip	Durata Tot [s]	Durata Back [s]	Durata Forward [s]	Durata Follow [s]
WH1	N ° 1	0.936	0.624	0.104	0.208
WH1	N ° 2	1.160	0.400	0.080	0.680
WH1	N ° 3	1.340	0.552	0.080	0.708
SL4	N ° 1	0.944	0.288	0.112	0.544
SL4	N ° 2	1.040	0.248	0.144	0.648
SL4	N ° 3	1.016	0.288	0.104	0.624
SL4	N ° 4	1.120	0.280	0.144	0.696
SL4	N ° 5	0.940	0.296	0.080	0.564
SU5	N ° 1	1.200	0.304	0.112	0.784
SU5	N ° 2	1.104	0.280	0.072	0.752
SU5	N ° 3	1.272	0.336	0.056	0.880
SU5	N ° 4	1.152	0.296	0.056	0.800
SU5	N ° 5	1.192	0.312	0.056	0.824
SS6	N ° 1	1.192	0.280	0.112	0.800
SS6	N ° 2	1.352	0.568	0.160	0.624
SS6	N ° 3	1.416	0.472	0.096	0.848
SS6	N ° 4	1.408	0.640	0.064	0.704
SS6	N ° 5	1.360	0.440	0.064	0.856

Tabella 41: Durata totale e delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Servizio di Dritto.

Come suggerisce la Tabella 41, il numero di video analizzati cambia a seconda di quante volte l'atleta ha dato inizio allo scambio avvalendosi di un Servizio di Dritto. In altre parole, dal filmato originale sono stati acquisiti tre videoclip per il giocatore in carrozzina e cinque videoclip per i giocatori appartenenti alla classe Standing o Short Stature. Infatti, quantomeno in condizioni di partita, il Wheelchair preferisce ricorrere ad un Servizio di Rovescio piuttosto che ad un Servizio di Dritto.

Volendo esaminare le variabili temporali qui presentate, possiamo avanzare una serie di considerazioni su come i singoli giocatori gestiscono il tempo a loro disposizione. A questo proposito, l'atleta di categoria SS6 è colui che impiega il maggior tempo possibile per realizzare un buon Servizio (1.416 s). Inoltre, anche la sua fase di Back Swing (0.640 s) e la sua fase di Forward Swing (0.160 s) sono particolarmente lunghe rispetto a quanto indicato per i suoi colleghi. D'altra parte, l'atleta di categoria WH1 è colui che si serve del minor tempo possibile per realizzare un Servizio che sia tecnicamente corretto (0.936 s) e anche la sua fase di Follow Through (0.208 s) è in assoluto la più breve. Di contro, rispetto al giocatore in carrozzina, l'atleta di categoria SU5 raggiunge più lentamente una nuova posizione di guardia presentando una

durata della fase di Follow Through che è massima (0.056 s). Tuttavia, l'impatto tra l'area accordata della racchetta ed il volano si verifica in modo piuttosto celere, tanto è vero che la fase di Forward Swing associata all'atleta di categoria SU5 assume il valore minimo (0.880 s) tra quelli qui tabellati. Infine, possiamo affermare che l'atleta di categoria SL4 trascorre poco tempo nella fase di Back Swing (0.248 s) rispetto a quanto fatto dagli altri partecipanti allo studio.

Atleta	Durata Media Totale ± Dev.Std. [s]	Durata Media Back ± Dev.Std. [s]	Durata Media Forward ± Dev.Std. [s]	Durata Media Follow ± Dev.Std. [s]
WH1	1.145 ± 0.202	0.525 ± 0.114	0.088 ± 0.014	0.532 ± 0.281
SL4	1.012 ± 0.075	0.280 ± 0.019	0.117 ± 0.027	0.615 ± 0.062
SU5	1.184 ± 0.062	0.306 ± 0.021	0.070 ± 0.024	0.808 ± 0.048
SS6	1.346 ± 0.090	0.480 ± 0.137	0.099 ± 0.040	0.766 ± 0.100

Tabella 42: Durata totale media e durata media delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Servizio di Dritto.

I valori medi riportati in Tabella 42 confermano in toto quanto detto prima per la fase di Back Swing ma convalidano solo in parte quanto dedotto per le altre fasi, inclusa la durata totale. Infatti, in base alla durata totale media, il giocatore che si serve del minor tempo possibile per realizzare un buon Servizio è il giocatore con protesi transtibiale (1.012 ± 0.075 s). Al contrario, la sua fase di Forward Swing (0.117 ± 0.027 s) risulta particolarmente lunga se consideriamo i valori medi indicati per questa specifica fase. Infine, osservando le medie riportate lungo la seconda colonna, si nota come il giocatore di categoria WH1 impieghi più tempo del previsto per caricare il colpo (0.532 ± 0.281 s). Queste variazioni sono dovute ad una diversa gestione del colpo che contraddistingue ciascuno dei videoclip estrapolati per un dato giocatore.

In genere, la fase di Forward Swing (Figura 28) è in assoluto la più veloce. In altre parole, dall'istante di carico all'istante di impatto trascorre un periodo di tempo molto limitato e questa considerazione è valida per tutti i giocatori qui analizzati. Solitamente la fase di Follow Through ha una durata maggiore rispetto a quanto indicato per la fase di Back Swing ma, nel caso del giocatore in carrozzina, le durate che definiscono ambedue le fasi sono tra loro equiparabili.

4.4.5 Il Servizio di Rovescio.

Atleta	Videoclip	Durata Tot [s]	Durata Back [s]	Durata Forward [s]	Durata Follow [s]
WH1	N ° 1	0.800	0.136	0.040	0.624
WH1	N ° 2	0.928	0.096	0.072	0.760
WH1	N ° 3	1.568	0.776	0.056	0.736
WH1	N ° 4	0.880	0.192	0.048	0.640
WH1	N ° 5	0.704	0.088	0.056	0.560
WH2	N ° 1	0.896	0.120	0.032	0.744
WH2	N ° 2	0.864	0.168	0.040	0.656
WH2	N ° 3	0.896	0.152	0.096	0.648
WH2	N ° 4	0.856	0.160	0.032	0.664
WH2	N ° 5	0.936	0.160	0.040	0.736
SL3	N ° 1	1.328	0.760	0.048	0.520
SL3	N ° 2	1.432	0.760	0.064	0.608
SL3	N ° 3	1.624	0.776	0.088	0.760
SL3	N ° 4	1.336	0.792	0.056	0.488
SL3	N ° 5	1.616	0.752	0.040	0.824

Tabella 43: Durata totale e delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Servizio di Rovescio.

La Tabella 43 suggerisce che, dai filmati di partenza registrati per ciascun giocatore, sono stati estrapolati cinque videoclip dove il soggetto è intento ad eseguire un Servizio di Rovescio.

Volendo esaminare le variabili temporali qui presentate, possiamo avanzare una serie di considerazioni su come i singoli atleti gestiscono il tempo a loro disposizione. Se consideriamo la durata totale e le durate associate alla fase di Back Swing allora i valori in assoluto più piccoli vengono conseguiti dal giocatore di categoria WH1 (Totale: 0.704 s; Back Swing: 0.088 s). Al contrario, le stesse durate ottengono i valori massimi se passiamo al vaglio i dati associati all'unico Standing qui analizzato (Totale: 1.624 s; Back Swing: 0.792 s). D'altra parte, la fase di Follow Through assume il valore più piccolo possibile (0.488 s) nell'atleta di categoria SL3 ma, di contro, assume il valore più grande possibile (0.760 s) nel giocatore di categoria WH1. Infine, si ricade in un caso particolare, tale per cui la durata della fase di Forward Swing è sia massima (0.096 s), terzo videoclip, che minima (0.032 s), quarto videoclip, nel giocatore di categoria WH2.

Atleta	Durata Media Totale \pm Dev.Std. [s]	Durata Media Back \pm Dev.Std. [s]	Durata Media Forward \pm Dev.Std. [s]	Durata Media Follow \pm Dev.Std. [s]
WH1	0.976 \pm 0.342	0.258 \pm 0.293	0.054 \pm 0.012	0.664 \pm 0.083
WH2	0.890 \pm 0.032	0.152 \pm 0.019	0.048 \pm 0.027	0.690 \pm 0.046
SL3	1.467 \pm 0.145	0.768 \pm 0.016	0.059 \pm 0.018	0.640 \pm 0.147

Tabella 44: Durata totale media e durata media delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Servizio di Rovescio.

I valori medi riportati in Tabella 44, non sempre permettono di dar credito a quanto scoperto in precedenza. Ad ogni modo, la durata media totale e le durate medie calcolate per le singole fasi

assumono i valori in assoluto più grandi per il soggetto affetto da emiplegia. Di contro, le stesse durate medie sono minime nel giocatore di categoria WH2.

In genere, la fase di Forward Swing (Figura 29) è in assoluto la più veloce. In altre parole, dall'istante di carico all'istante di impatto trascorre un periodo di tempo molto limitato e questa considerazione è valida per tutti i giocatori qui analizzati. Solitamente la fase di Follow Through ha una durata maggiore rispetto alle tempistiche che caratterizzano la fase di Back Swing ma, nel caso del giocatore di categoria SL3, le durate che definiscono queste ultime due fasi sono estremamente simili.

4.4.6 Il Drop di Dritto.

Atleta	Videoclip	Durata Tot [s]	Durata Back [s]	Durata Forward [s]	Durata Follow [s]
WH1	N ° 1	1.312	0.648	0.072	0.592
WH1	N ° 2	1.040	0.392	0.040	0.608
SL3	N ° 1	1.232	0.560	0.048	0.624
SL3	N ° 2	1.608	0.576	0.048	0.984
SL3	N ° 3	1.440	0.984	0.048	0.408
SL4	N ° 1	0.888	0.280	0.064	0.544
SL4	N ° 2	0.928	0.448	0.088	0.392
SL4	N ° 3	0.616	0.208	0.064	0.344
SU5	N ° 1	0.936	0.440	0.080	0.416
SS6	N ° 1	0.856	0.464	0.152	0.240
SS6	N ° 2	1.072	0.672	0.120	0.280
SS6	N ° 3	1.072	0.616	0.072	0.384

Tabella 45: Durata totale e delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Drop di Dritto.

La Tabella 45 suggerisce che il numero di videoclip estrapolati dal filmato originale è diverso a seconda della frequenza con cui gli atleti si apprestano ad eseguire un Drop. Infatti, dai filmati di partenza registrati per ciascun partecipante, è stato estrapolato un solo videoclip per il giocatore di categoria SU5, due videoclip per il giocatore in carrozzina e, infine, tre videoclip per gli atleti di categoria SL3, SL4 e SS6.

Volendo esaminare le variabili temporali qui presentate, possiamo avanzare una serie di considerazioni su come i singoli atleti gestiscono il tempo a loro disposizione dopo che il volano viene rinvio dall'avversario. Di fatto, l'atleta di categoria SL3 è colui che impiega il maggior tempo possibile per realizzare un buon Drop (1.608 s). A questo proposito, anche le sue fasi di Back Swing e Follow Through sono particolarmente lunghe rispetto a quanto indicato per i suoi colleghi e, in particolare modo, queste stesse fasi hanno ugual durata (0.984 s). D'altra parte, l'atleta di categoria SL4 è colui che si serve del minor tempo possibile per realizzare un Drop che sia tecnicamente corretto (0.616 s). Inoltre, anche la sua fase di Back Swing è in assoluto la più breve (0.208 s). Procedendo in tal senso, possiamo affermare che l'atleta di categoria SS6 trascorre

molto tempo nella fase di Forward Swing (0.152 s) ma, d'altro canto, è anche il giocatore che passa meno tempo possibile nella fase di Follow Through (0.240 s). Infine, il giocatore di categoria WH1 raggiunge in maniera piuttosto celere l'istante di impatto presentando una durata minima nella fase di Forward Swing (0.040 s). Si vuole, peraltro, porre l'attenzione su come l'atleta di categoria SU5 non si distingue in alcun modo dai suoi compagni se si considerano le durate da lui totalizzate in ciascuna delle fasi che compongono il movimento di Drop.

Atleta	Durata Media Totale \pm Dev.Std. [s]	Durata Media Back \pm Dev.Std. [s]	Durata Media Forward \pm Dev.Std. [s]	Durata Media Follow \pm Dev.Std. [s]
WH1	1.176 \pm 0.192	0.520 \pm 0.181	0.056 \pm 0.023	0.600 \pm 0.011
SL3	1.427 \pm 0.188	0.707 \pm 0.240	0.048 \pm 0.000	0.672 \pm 0.291
SL4	0.811 \pm 0.170	0.312 \pm 0.123	0.072 \pm 0.014	0.427 \pm 0.104
SU5	0.936 \pm 0.000	0.440 \pm 0.000	0.080 \pm 0.000	0.416 \pm 0.000
SS6	1.000 \pm 0.125	0.584 \pm 0.108	0.115 \pm 0.040	0.301 \pm 0.074

Tabella 46: Durata totale media e durata media delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Drop di Dritto.

I valori medi (Tabella 46) calcolati, non solo per la durata totale, ma anche per la fase di Back Swing e Follow Through, danno credito alle osservazioni messe precedentemente per iscritto. Tuttavia, i valori medi riportati per la fase di Forward Swing vanno a comprovare solo in parte le considerazioni maturate in precedenza sulla base dei singoli videoclip. Infatti, il giocatore di categoria SL3 è colui che, dopo aver caricato il colpo, si serve del minor tempo possibile (0.048 \pm 0.000 s) per colpire il volano. Queste variazioni sono dovute ad una diversa gestione del colpo che contraddistingue ciascuno dei videoclip estrapolati per un dato giocatore.

In genere, la fase di Forward Swing (Figura 30) è in assoluto la più veloce. In altre parole, dall'istante di carico all'istante di impatto trascorre un periodo di tempo molto limitato e questa considerazione è valida per tutti i giocatori qui analizzati. D'altra parte, la durata media che definisce la fase di Back Swing è simile alla durata che determina la fase di Follow Through. Tuttavia, il giocatore affetto da nanismo presenta una differenza tra queste due fasi che non è per nulla trascurabile. Infatti, considerando l'atleta di categoria SS6, l'intervallo di tempo che intercorre tra la posizione di guardia e l'istante di carico è decisamente maggiore rispetto al tempo che trascorre dall'istante di impatto fino alla nuova posizione di riposo. Nel soggetto con protesi transtibiale e nel soggetto in carrozzina si verifica l'esatto opposto ma il divario in termini di durata tra le due fasi è meno consistente.

4.4.7 Il Lob di Dritto.

Atleta	Videoclip	Durata Totale [s]	Durata Back [s]	Durata Forward [s]	Durata Follow [s]
WH1	N ° 1	0.888	0.352	0.056	0.480
WH1	N ° 2	0.896	0.328	0.080	0.488
WH1	N ° 3	1.664	0.488	0.272	0.904
WH2	N ° 1	1.528	0.416	0.096	1.016
WH2	N ° 2	1.072	0.408	0.096	0.568
SL3	N ° 1	1.160	0.464	0.064	0.632
SL3	N ° 2	1.152	0.296	0.032	0.824
SL3	N ° 3	1.184	0.504	0.048	0.632
SL4	N ° 1	1.256	0.664	0.096	0.496
SL4	N ° 2	0.552	0.000	0.176	0.376
SU5	N ° 1	0.768	0.232	0.024	0.512
SU5	N ° 2	0.992	0.416	0.064	0.512
SS6	N ° 1	1.240	0.552	0.064	0.624
SS6	N ° 2	1.032	0.432	0.096	0.504

Tabella 47: Durata totale e delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Lob di Dritto.

Come suggerisce la Tabella 47, il numero di videoclip estrapolati dal filmato originale è diverso a seconda della frequenza con cui gli atleti eseguono un Lob in condizioni di partita. Tanto è vero che, dal filmato originale, sono stati acquisiti tre videoclip sia per l'atleta di categoria WH1 che per il soggetto emiplegico. Di contro, per tutti gli altri Giocatori qui esaminati e, quindi, appartenenti alla classe Standing o Short Stature, sono stati isolati solo due colpi di Lob.

Volendo esaminare le variabili temporali qui presentate, possiamo avanzare una serie di considerazioni su come i singoli atleti gestiscono il tempo a loro disposizione una volta che il volano viene rinvio dall'avversario. Innanzitutto, l'atleta di categoria SL4 è colui che impiega il maggior tempo possibile per realizzare un buon Lob (1.256 s). A questo proposito, anche le sue fasi di Back Swing e Forward Swing sono particolarmente lunghe rispetto a quanto indicato per i suoi colleghi (Back Swing: 0.664 s; Forward Swing: 0.176 s). Tuttavia, il giocatore di Para-Badminton appena menzionato è colui che, nel frattempo, è anche in grado di servirsi del minor tempo possibile per realizzare un Lob che sia tecnicamente corretto (0.552 s), andando quindi a contraddire quanto appena dimostrato. Inoltre, la fase di Back Swing che compone il suo secondo colpo di Lob è in assoluto la più breve (0.000 s). Di conseguenza, anche i risultati ottenuti in condizioni di Back Swing vanno in contrasto l'uno con l'altro proprio perché, nel secondo videoclip, lo stesso atleta carica il colpo sin dall'inizio. Procedendo in tal senso, il giocatore di categoria SL4 raggiunge in maniera piuttosto celere una nuova posizione di guardia presentando una durata minima della fase di Follow Through (0.376s). Fase che, di contro, è massima (1.016s) per l'atleta di categoria WH2. Infine, possiamo affermare che l'atleta di categoria SL3 trascorre poco tempo nella fase di Forward Swing (0.032 s). Si vuole, peraltro, porre l'attenzione

su come gli atleti di categoria WH1, SU5 e SS6 non si distinguono in alcun modo dai loro compagni se si considerano le durate da loro totalizzate in ciascuna delle fasi che compongono il movimento di Lob.

Atleta	Durata Media Totale \pm Dev.Std. [s]	Durata Media Back \pm Dev.Std. [s]	Durata Media Forward \pm Dev.Std. [s]	Durata Media Follow \pm Dev.Std. [s]
WH1	1.149 \pm 0.446	0.389 \pm 0.086	0.136 \pm 0.118	0.624 \pm 0.243
WH2	1.300 \pm 0.322	0.412 \pm 0.006	0.096 \pm 0.000	0.792 \pm 0.317
SL3	1.165 \pm 0.017	0.421 \pm 0.110	0.048 \pm 0.016	0.696 \pm 0.111
SL4	0.904 \pm 0.498	0.332 \pm 0.470	0.136 \pm 0.057	0.436 \pm 0.085
SU5	0.880 \pm 0.158	0.324 \pm 0.130	0.044 \pm 0.028	0.512 \pm 0.000
SS6	1.136 \pm 0.147	0.492 \pm 0.085	0.080 \pm 0.023	0.564 \pm 0.085

Tabella 48: Durata totale media e durata media delle diverse fasi (Back, Forward e Follow) nel Lob di Dritto.

I valori medi riportati in Tabella 48 confermano in toto quanto detto prima per la fase di Follow Through ma convalidano solo in parte quanto dedotto per le altre fasi, inclusa la durata totale. Infatti, in base alla durata totale media, il giocatore che si serve del minor tempo possibile per realizzare un buon Lob è il giocatore di categoria SU5 (0.880 \pm 0.158 s). Allo stesso modo, le sue fasi di Back Swing (0.324 \pm 0.130 s) e Forward Swing (0.044 \pm 0.028 s) risultano particolarmente brevi se consideriamo tutti i valori medi indicati per questa specifica fase. Infine, si nota come il giocatore di categoria SS6 impieghi più tempo del previsto per caricare il colpo (0.492 \pm 0.085 s). Queste variazioni sono dovute ad una diversa gestione del colpo che contraddistingue ciascuno dei videoclip estrapolati per un dato giocatore.

In genere, la fase di Forward Swing (Figura 31) è in assoluto la più veloce. In altre parole, dall'istante di carico all'istante di impatto trascorre un periodo di tempo molto limitato e questa considerazione è valida per tutti i giocatori qui analizzati. Solitamente la fase di Follow Through ha una durata maggiore rispetto a quanto indicato per la fase di Back Swing e, nel caso del giocatore di categoria SS6, le durate medie relative ad ambedue le fasi sono tra loro equiparabili.

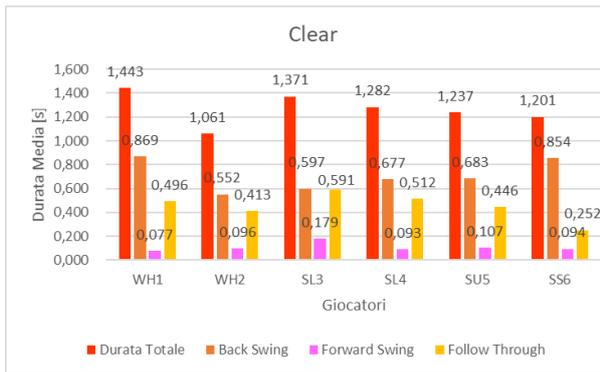


Figura 25: Istogramma delle durate medie nel Clear.

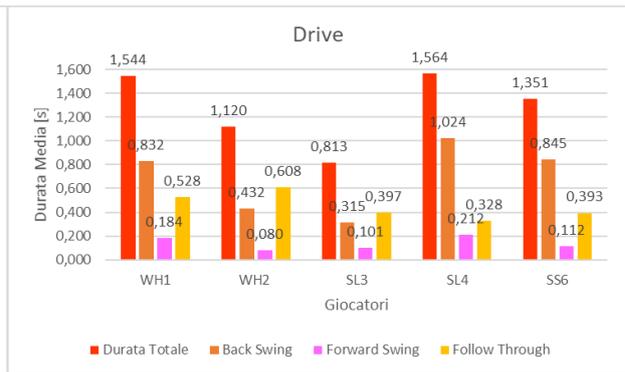


Figura 26: Istogramma delle durate medie nel Drive.

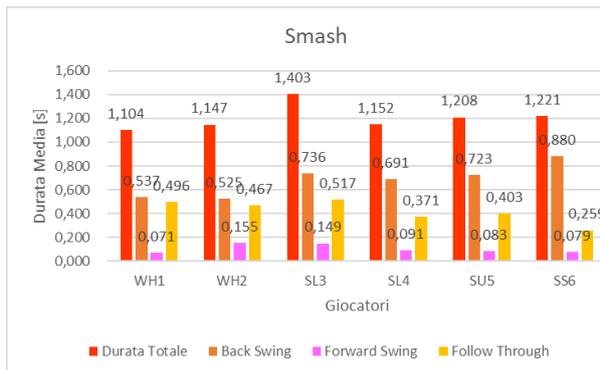


Figura 27: Istogramma delle durate medie nello Smash.

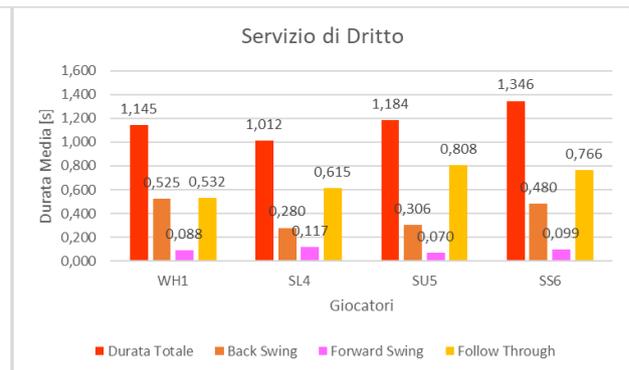


Figura 28: Istogramma delle durate medie nel Servizio Di Dritto

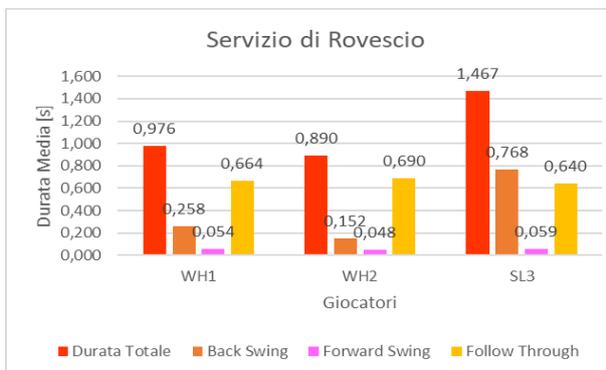


Figura 29: Istogramma delle durate medie nel Servizio di Rovescio

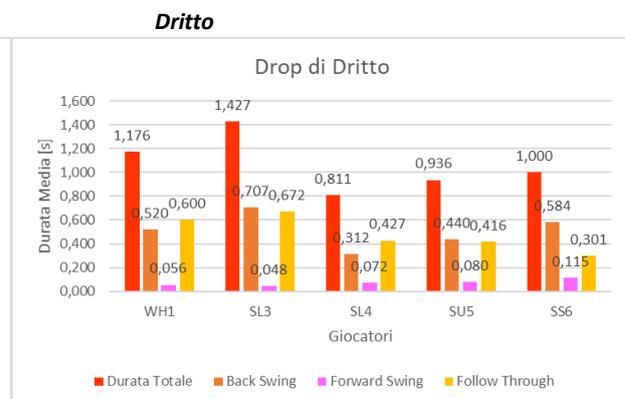


Figura 30: Istogramma delle durate medie nel Drop di Dritto

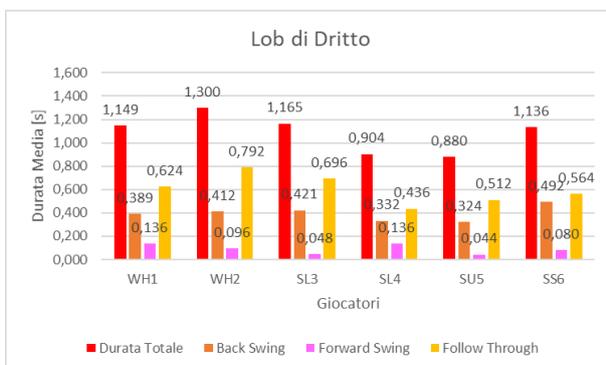


Figura 31: Istogramma delle durate medie nel Lob di Dritto

Volendo fare un confronto di massima sulle tempistiche richieste da ciascun colpo, è possibile osservare gli istogrammi precedentemente riportati considerando, oltretutto, i valori medi indicati sulla sommità delle colonne volte a rappresentare ciascuna delle tre fasi che compongono una specifica tecnica di gioco inclusa, ad ogni modo, la durata complessiva. Apparentemente, il colpo che richiede il maggior tempo possibile per essere eseguito correttamente è il Drive (1.564 s) a cui corrispondono una fase di Back Swing (1.024 s) ed una fase di Forward Swing (0.212 s) altrettanto lunghe. Fasi che, al contrario, assumono il valore in assoluto più piccolo, rispettivamente, per il Servizio di Rovescio (0.152 s) ed il Lob di Dritto (0.044s). D'altra parte, la tecnica di gioco che necessita del minor tempo possibile parrebbe coincidere con il Drop di Dritto (0.811 s). Infine, nel Servizio di Dritto gli atleti hanno bisogno di molto più tempo per tornare ad una nuova posizione di guardia (0.808s). Tuttavia, si verifica l'esatto opposto nel Clear (0.252s).

4.5 TRAIETTORIA DELLA RACCHETTA E DEGLI ARTI SUPERIORI

Nell'analizzare i seguenti grafici dove vengono riportati gli andamenti dell'arto superiore è sempre utile ricorrere ad un fattore chiave valido in ogni colpo e per ogni giocatore. Infatti, gli andamenti di Spalla, Gomito e Polso risulteranno simili tra loro ma tanto più ampi quanto più l'articolazione è vicina alla racchetta. Le differenti altezze raggiunte da tali articolazioni dovranno, invece, essere attribuite alla loro naturale posizione anatomica. Inoltre, alla fine di ogni sotto paragrafo è stata inserita una Tabella con l'intento di mostrare come i singoli atleti ripartiscono il tempo a loro disposizione dopo che il volano viene rinviato dall'avversario o, d'altro canto, quando si apprestano a ribattere lo "shuttlecock" in condizioni di inizio scambio. Infatti, un ciclo di movimento completo può essere scomposto in tre fasi che si susseguono secondo un ordine ben preciso: la fase iniziale nota con il nome di Back Swing (la sua percentuale dipende dall'intervallo di tempo che intercorre tra l'attesa del volano e l'istante di carico), la fase intermedia che prende il nome di Forward Swing (la sua percentuale è strettamente correlata al tempo impiegato dall'atleta per colpire il volano dopo aver già caricato il colpo) e, infine, la terza ed ultima fase detta fase di Follow Through (inizia con l'istante di impatto e termina con una nuova posizione di guardia). Ne consegue che queste fasi altro non sono che vere e proprie porzioni del ciclo di movimento e, per questa ragione, sommando le percentuali che le caratterizzano si ottiene, di fatto, il 100% del ciclo.

4.5.1 Il Clear.

Le Figure 32 e 33 hanno l'obiettivo di far vedere chiaramente quali sono i quattro momenti principali che si susseguono l'uno dopo l'altro durante l'esecuzione di un Clear. Infatti, a partire da sinistra, e procedendo verso destra, si osservano quattro fotogrammi che vengono presentati secondo un ordine ben preciso: nel primo il giocatore aspetta l'arrivo del volano, nel secondo è intento a caricare il colpo, nel terzo il soggetto si appresta a colpire il volano e, infine, nell'ultimo

torna ad assumere una nuova posizione di guardia. Questa spiegazione sottoforma di immagini viene fornita prima per i Wheelchair e poi per gli atleti che appartengono alla classe degli Standing o degli Short Stature.



Figura 32: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono il Clear nei Wheelchair (WH1).



Figura 33: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono il Clear nei Wheelchair (SU5).

- RACCHETTA

Durante lo scambio gli atleti tornano più volte ad assumere una posizione di guardia in attesa che il volano venga rinvio dall'avversario e, di conseguenza, oltrepassi la rete. A questo proposito, nella maggior parte dei giocatori, il movimento principale eseguito dalla racchetta ha inizio subito dopo l'istante di carico e si sviluppa ad un'altezza decisamente maggiore rispetto al punto di partenza indicato sulla traiettoria. Tuttavia, fa eccezione l'atleta affetto da acondroplasia per il quale il suddetto movimento progredisce ben al di sotto del punto di partenza. Solitamente, i giocatori qui analizzati tendono a caricare il colpo all'indietro in uno dei punti più bassi della traiettoria e, in seguito, portano la racchetta verso l'alto spostandola in avanti con continuità. Talvolta, dopo aver già caricato il colpo, la traiettoria si chiude leggermente su se stessa delineando una sorta di ovale che precede la fase di innalzamento della racchetta. Ricorrendo ad un simile gesto, l'impatto tra l'area accordata e lo "shuttlecock" avviene in un punto abbastanza alto della traiettoria che, nello specifico, si posiziona sopra la testa del giocatore. Così facendo, la traiettoria che descrive l'andamento completo della racchetta disegna una sorta di parabola

simile, in un certo qual modo, ad un uncino la cui punta è decisamente più stretta rispetto all'ampiezza che caratterizza la medesima traiettoria all'inizio e alla fine del colpo. Questa sorta di parabola si sviluppa in larghezza per i Wheelchair (Figura 34) e per gli Standing appartenenti alle categorie SL4 (Figura 35, lato destro) e SS6 (Figura 36, lato destro). D'altra parte, la curva rappresentata nei grafici a venire progredisce maggiormente lungo l'asse delle ordinate se si considera il giocatore di categoria SL3 (Figura 21, lato sinistro). Un andamento di questo genere potrebbe essere giustificato dal fatto che l'atleta appena menzionato, a causa della patologia di cui è affetto, tende a spostarsi per lo più in verticale nel tentativo di bilanciare il proprio peso e non cadere a terra. Allo stesso modo, la traiettoria che descrive l'andamento della racchetta nel giocatore di categoria SU5 (Figura 36, lato sinistro) si sviluppa tanto in ampiezza quanto in altezza. Infatti, durante l'esecuzione di un Clear il qui presente giocatore si sposta verso la linea di fondo compiendo una serie di balzi che portano i piedi ad innalzarsi di molto dal terreno. In genere, l'andamento medio rispecchia in modo adeguato il comportamento che caratterizza la testa della racchetta nei singoli videoclip ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto.

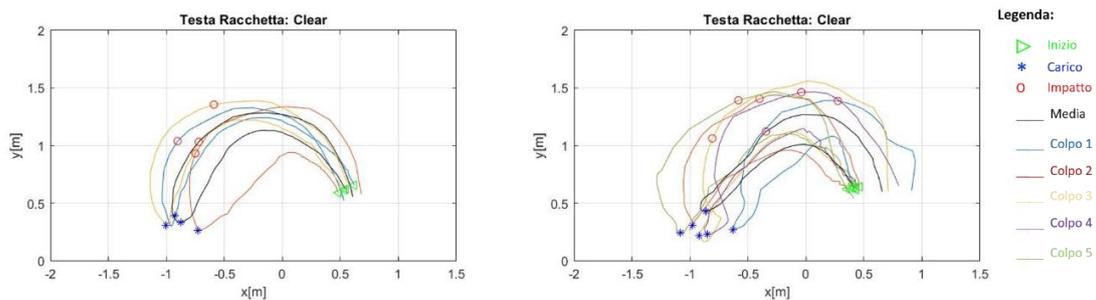


Figura 34: Traiettoria della Racchetta nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante l'esecuzione di un Clear.

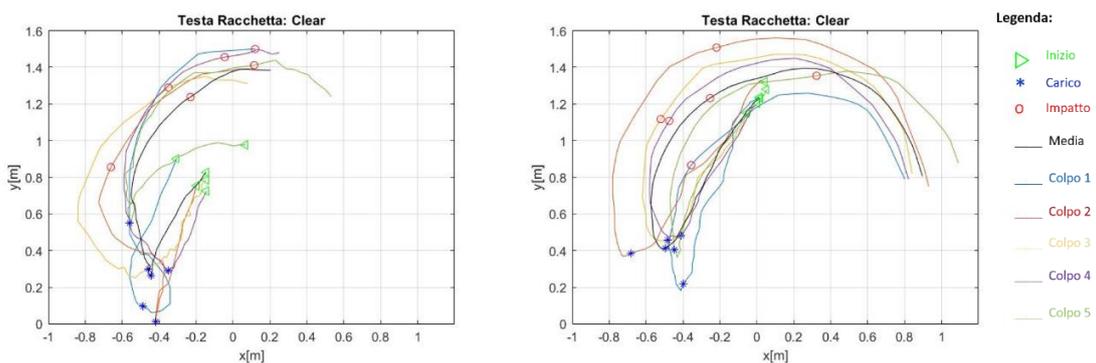


Figura 35: Traiettoria della Racchetta negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante l'esecuzione di un Clear.

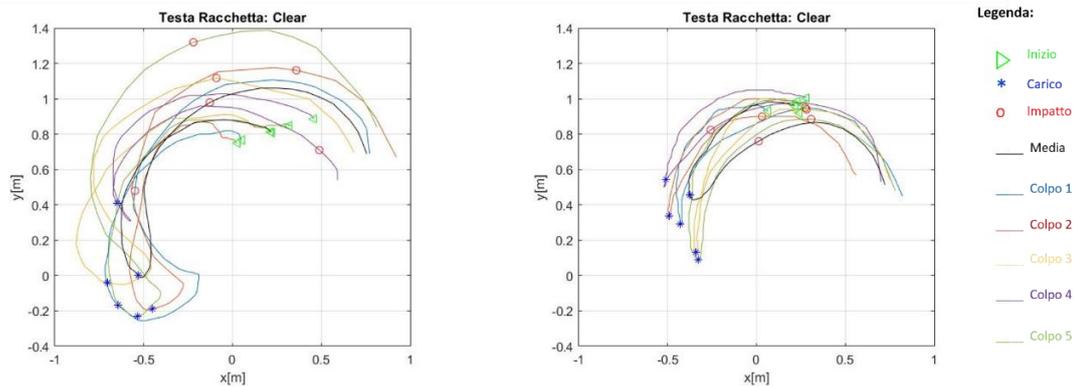


Figura 36: Traiettoria della Racchetta negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante l'esecuzione di un Clear.

- ARTO SUPERIORE

Il movimento di Spalla è alquanto caotico perché confinato in un intervallo piuttosto ristretto che ne rende difficile la descrizione. In particolar modo, non sempre è possibile distinguere chiaramente l'esatto susseguirsi dell'istante di carico e dell'istante di impatto. Ciò nonostante, il polso ed il gomito indietreggiano spostandosi, nel contempo, verso l'alto per favorire il sollevamento della racchetta. Dopo che il polso ed il gomito si posizionano su un punto della loro traiettoria che, di fatto, corrisponde all'istante di carico, le suddette due articolazioni si innalzano ulteriormente con lo scopo di portare la racchetta alla medesima quota a cui si trova il volano. Ciò significa che l'istante di carico si trova in prossimità del tratto in salita. A questo punto, i summenzionati punti di reperi avanzano e cominciano a percorrere una piccola parte di traiettoria che si mantiene all'incirca alla testa altezza. All'inizio o alla fine di questo specifico tratto si verifica l'impatto tra l'area accordata ed il volano, ne consegue che il gomito e il polso si abbassano per ritornare alla posizione di guardia originaria. Lo sviluppo in ampiezza piuttosto che in altezza delle curve qui di seguito graficate (Figura 37, 38 e 39) è concorde con quanto detto in precedenza per la testa della racchetta. Inoltre, come accadeva per la racchetta, gli andamenti medi rispecchiano in modo adeguato il comportamento che caratterizza una specifica articolazione nei singoli videoclip ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto.

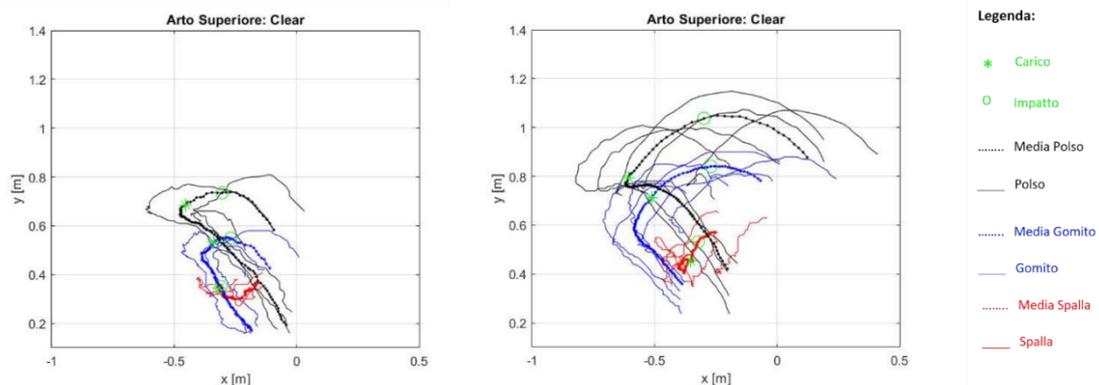


Figura 37: Traiettoria dell'Arto Superiore nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante l'esecuzione di un Clear.

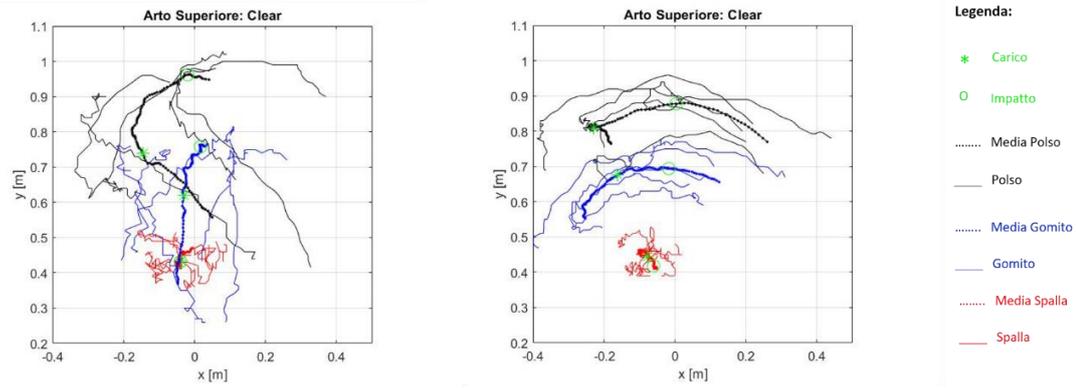


Figura 38: Traiettoria dell'Arto Superiore negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante l'esecuzione di un Clear.

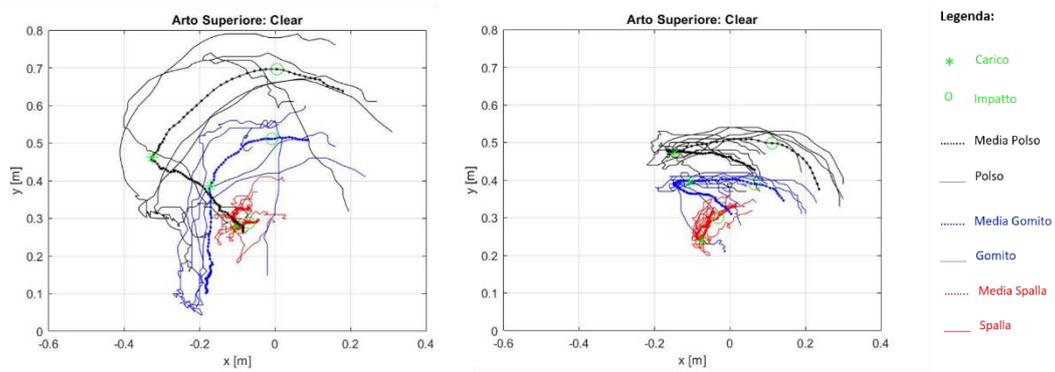


Figura 39: Traiettoria dell'Arto Superiore negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante l'esecuzione di un Clear.

- PERCENTUALI DEL COLPO

Atleta	Colpo	Back [%]	Media±Std [%]	Forward [%]	Media±Std [%]	Follow [%]	Media±Std [%]
WH1	N ° 1	73	75 ± 3	13	12 ± 2	14	14 ± 2
WH1	N ° 2	78		10		12	
WH1	N ° 3	73		12		15	
WH2	N ° 1	63	64 ± 6	24	18 ± 3	13	17 ± 7
WH2	N ° 2	57		17		26	
WH2	N ° 3	69		15		16	
WH2	N ° 4	71		19		10	
WH2	N ° 5	61		17		22	
SL3	N ° 1	37	37 ± 6	63	53 ± 9	0	11 ± 6
SL3	N ° 2	32		55		13	
SL3	N ° 3	45		43		12	
SL3	N ° 4	30		59		11	
SL3	N ° 5	40		43		17	
SL4	N ° 1	58	51 ± 6	22	26 ± 3	20	23 ± 6
SL4	N ° 2	52		27		21	
SL4	N ° 3	44		25		31	
SL4	N ° 4	44		28		28	
SL4	N ° 5	55		29		16	
SU5	N ° 1	48	58 ± 8	31	29 ± 3	21	13 ± 6
SU5	N ° 2	63		30		7	
SU5	N ° 3	51		33		16	
SU5	N ° 4	62		28		10	
SU5	N ° 5	66		24		10	
SS6	N ° 1	74	67 ± 12	18	21 ± 6	8	12 ± 7
SS6	N ° 2	48		30		22	
SS6	N ° 3	80		15		5	
SS6	N ° 4	66		18		16	
SS6	N ° 5	67		25		8	

Tabella 49: Percentuali attribuite alle tre fasi del colpo (Back, Forward e Follow) nel Clear.

Osservando i valori medi riportati in Tabella 49 per ognuna delle tre fasi che compongono un ciclo di Clear, gli atleti passano la maggior parte del tempo a loro disposizione nella fase di Back Swing. A questo proposito, il giocatore di categoria WH2 (64 ± 6 %) ed il soggetto affetto da acondroplasia (67 ± 12 %) hanno conseguito una percentuale media molto simile nella fase di Back Swing. Discorso analogo per l'atleta dotato di protesi transtibiale SL4 (51 ± 6 %) ed il giocatore di categoria SU5 (58 ± 8 %). Al contrario, il giocatore di categoria WH1 e l'atleta affetto da emiplegia SL3 hanno un comportamento differente e, per questa ragione, corrispondono rispettivamente all'outlier massimo (75 ± 3 %) e minimo (37 ± 6 %). Ciò nonostante, i risultati dell'atleta di categoria SL3 sono coerenti con quanto identificato dalle traiettorie, che essendo molto verticali, riducono la durata percentuale della fase di caricamento, lasciando maggior

spazio a quella di spinta. Le altre due fasi del ciclo sono caratterizzate da valori percentuali abbastanza simili tra loro. Tuttavia, ed in accordo con quanto detto in precedenza, fa eccezione l'atleta di categoria SL3 la cui fase di Forward Swing ($53 \pm 9 \%$) ha una percentuale decisamente maggiore rispetto a quella che caratterizza la fase finale ($11 \pm 6 \%$).

4.5.2 Il Drive.

Le Figure 40 e 41 hanno l'obiettivo di far vedere quali sono i quattro momenti principali che si susseguono l'uno dopo l'altro durante l'esecuzione di un Drive. Infatti, a partire da sinistra, e procedendo verso destra, si osservano ben quattro fotogrammi che vengono presentati secondo un ordine ben preciso: nel primo il giocatore aspetta l'arrivo del volano, nel secondo è intento a caricare il colpo, nel terzo il soggetto si appresta a colpire il volano e, infine, nell'ultimo torna ad assumere una nuova posizione di guardia. Questa spiegazione sottoforma di immagini viene fornita prima per i Wheelchair e poi per gli atleti che appartengono alla classe degli Standing o degli Short Stature.



Figura 40: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono il Drive nei Wheelchair (WH1).



Figura 41: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono il Drive negli Standing (SL4).

- RACCHETTA

Nella maggior parte dei giocatori, il movimento principale eseguito dalla racchetta ha inizio subito dopo l'istante di carico e, in seguito, si sviluppa sopra il punto di partenza indicato in traiettoria (Figura 42 e 43, lato sinistro). Tuttavia, fa eccezione l'atleta affetto da acondroplasia e l'atleta con protesi transtibiale (Figura 44 e 43, lato destro) per i quali il suddetto movimento progredisce ad un'altezza decisamente inferiore rispetto al punto di partenza. Solitamente, i

giocatori qui analizzati tendono a caricare il colpo all'indietro in uno dei punti più bassi della traiettoria che, generalmente, si colloca sull'estremità sinistra della stessa. A questo punto, la racchetta viene portata verso l'alto e, in seguito, viene spostata in avanti con continuità. Solo per il Wheelchair appartenente alla categoria WH2, la traiettoria si chiude leggermente su se stessa formando una sorta di ovale che si delinea più chiaramente durante la fase di innalzamento della racchetta. Ricorrendo senza errori ad un simile gesto, l'impatto tra l'area accordata e lo "shuttlecock" avviene in un punto abbastanza alto della traiettoria che, nello specifico, si posiziona sopra la testa del giocatore. Così facendo, la traiettoria che descrive l'andamento completo della racchetta risulta più affusolata per gli atleti assegnati alle categorie di gioco WH1, SL4, e SS6 e, di contro, appare più ampia per i giocatori di categoria WH2 e SL3. Di conseguenza, per i primi tre giocatori l'estremità sinistra è decisamente più stretta rispetto all'ampiezza che caratterizza la traiettoria all'inizio e alla fine del colpo. D'altra parte, per gli atleti di categoria SL4 e SS6, la curva rappresentata nei grafici a venire presenta un'estremità sinistra ampia tanto quanto lo è la traiettoria all'inizio o alla fine del colpo. In ultima analisi, questa sorta di parabola tende a svilupparsi in larghezza per tutti coloro che hanno partecipato al presente studio. In genere, l'andamento medio rispecchia in modo adeguato il comportamento che caratterizza la testa della racchetta nei singoli videoclip ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto.

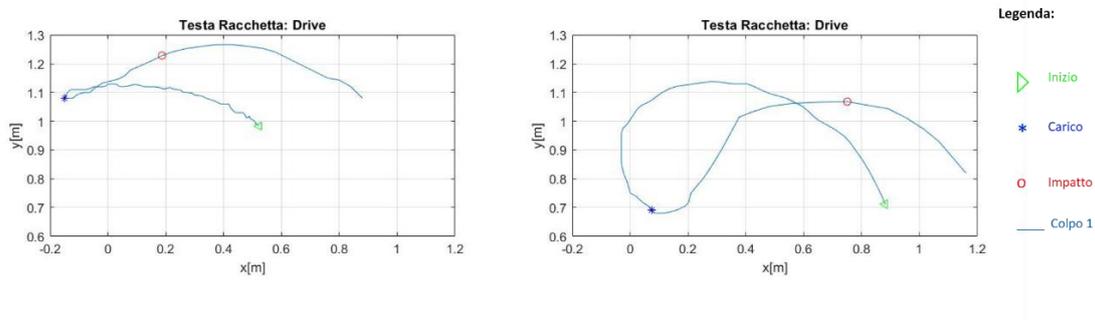


Figura 42: Traiettoria della Racchetta nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante l'esecuzione di un Drive.

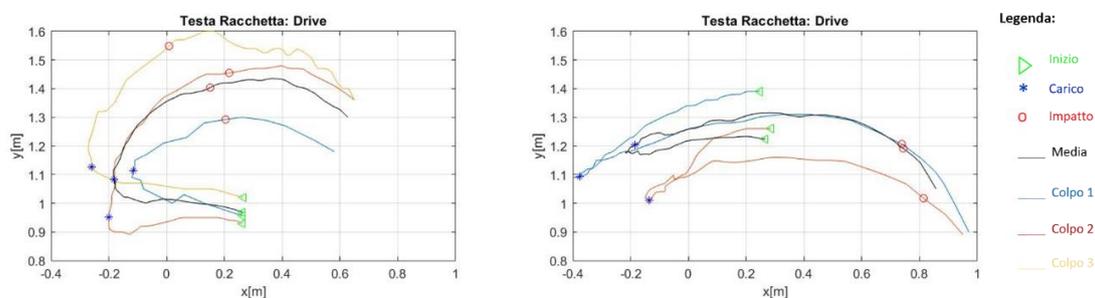


Figura 43: Traiettoria della Racchetta negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante l'esecuzione di un Drive.

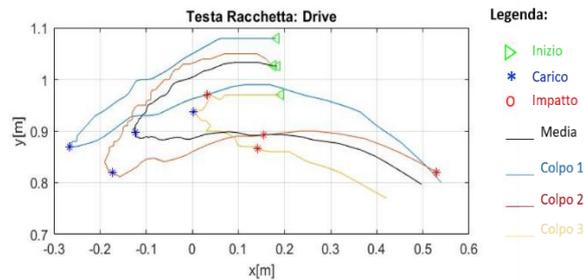


Figura 44: Traiettoria della Racchetta nel giocatore di categoria SS6 durante l'esecuzione di un Drive.

- **ARTO SUPERIORE**

Osservando la Figura 47 relativa al giocatore di categoria SS6, possiamo affermare che il movimento di Spalla che lo caratterizza risulta abbastanza caotico perché confinato in un intervallo piuttosto ristretto che ne rende difficile la descrizione. Infatti, in questo specifico caso, non è possibile risalire chiaramente a come l'istante di carico e l'istante di impatto si susseguono nel tempo. Al contrario, per tutti gli altri giocatori, la Spalla presenta un andamento pressoché costante che, nella maggior parte dei casi, si sviluppa lungo l'asse delle ascisse (Figura 45 e Figura 46, lato destro). Fa eccezione, tuttavia, il soggetto emiplegico (Figura 46, lato sinistro) il cui movimento di Spalla disegna una traiettoria che progredisce man mano lungo l'asse delle ordinate. Nel contempo, tutti i giocatori, escluso l'atleta affetto da acondroplasia, spostano il Polso ed il Gomito verso l'alto per favorire il sollevamento della racchetta. Di contro, il giocatore di categoria SS6 preferisce spostare sia il Gomito che il Polso all'indietro senza, tuttavia, innalzarli. A questo punto, il movimento di ambe due le articolazioni prosegue secondo due diverse strategie, la prima usata dal giocatore di categoria SL3 e la seconda adottata dal resto dei partecipanti:

- Dopo che il Polso ed il Gomito si posizionano su un punto della loro traiettoria che, di fatto, corrisponde all'istante di carico, le suddette due articolazioni si innalzano ulteriormente con lo scopo di portare la racchetta il più vicino possibile al volano. Ciò significa che l'istante di carico si trova in prossimità del tratto in salita. A questo punto, i summenzionati punti di repere avanzano e cominciano a percorrere una piccola parte di traiettoria che si mantiene all'incirca alla testa altezza. All'inizio o alla fine di questo specifico tratto si verifica l'impatto tra l'area accordata ed il volano, ne consegue che il Gomito e il Polso si abbassano per ritornare alla posizione di guardia originaria;
- Al termine del tratto in salita, il Polso e il Gomito cominciano a percorrere una piccola parte di traiettoria che si mantiene più o meno alla testa quota. All'inizio o alla fine di questo specifico tratto i giocatori caricano il colpo e, successivamente, queste due articolazioni si abbassano per ritornare alla posizione di guardia. Ciò significa che durante la fase di discesa si verifica l'impatto tra l'area accordata ed il volano.

In generale, i vari andamenti si sviluppano sempre da sinistra verso destra ma dobbiamo, tuttavia, escludere da questa evidenza tutte le curve che caratterizzano l'atleta affetto da acondroplasia e, inoltre, la curva che descrive il comportamento assunto dal Gomito nel giocatore di Categoria SL3. Infatti, queste traiettorie iniziano in corrispondenza del lato destro del grafico e terminano in prossimità del lato sinistro del plot. Infine, come accadeva per la racchetta, gli andamenti medi rispecchiano in modo adeguato il comportamento che caratterizza una specifica articolazione nei singoli videoclip ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto.

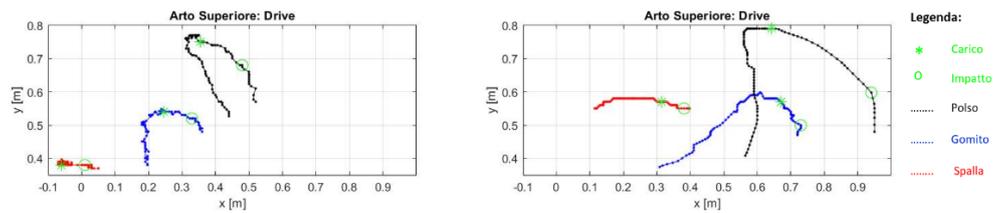


Figura 45: Traiettoria dell'Arto Superiore nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante l'esecuzione di un Drive.

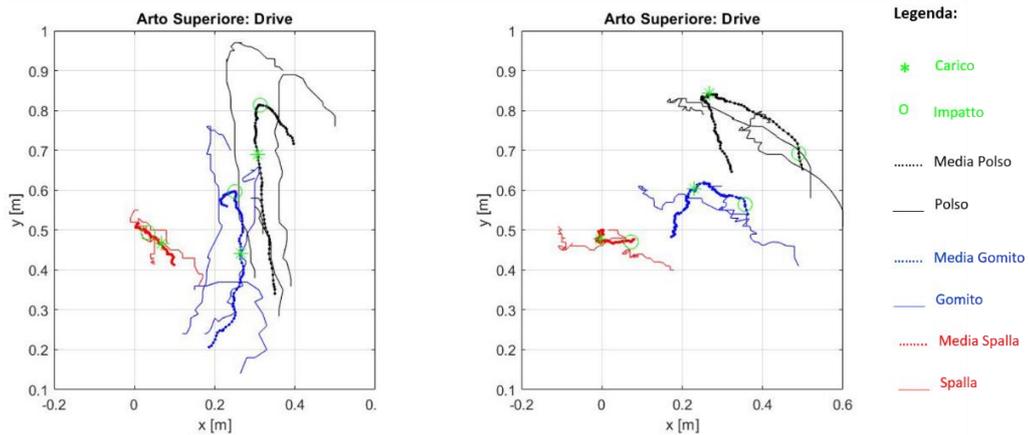


Figura 46: Traiettoria dell'Arto Superiore negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante l'esecuzione di un Drive.

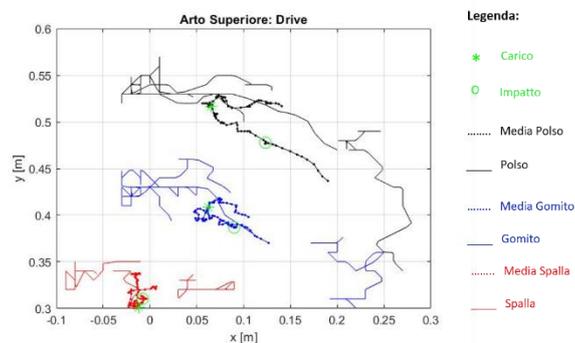


Figura 47: Traiettoria dell'Arto Superiore nel giocatore di categoria SS6 durante l'esecuzione di un Drive.

- PERCENTUALI DEL COLPO

Atleta	Colpo	Back [%]	Media±Std [%]	Forward [%]	Media±Std [%]	Follow [%]	Media±Std [%]
WH1	N ° 1	65	65 ± 0	20	20 ± 0	15	15 ± 0
WH2	N ° 1	70	70 ± 0	23	23 ± 0	7	7 ± 0
SL3	N ° 1	43	36 ± 9	33	32 ± 4	24	31 ± 13
SL3	N ° 2	40		36		24	
SL3	N ° 3	26		28		46	
SL4	N ° 1	52	51 ± 1	43	45 ± 2	5	5 ± 1
SL4	N ° 2	50		46		4	
SS6	N ° 1	55	57 ± 18	22	29 ± 10	23	14 ± 13
SS6	N ° 2	75		25		0	
SS6	N ° 3	40		40		20	

Tabella 50: Percentuali attribuite alle tre fasi del colpo (Back, Forward e Follow) nel Drive.

In modo abbastanza speculare al Clear, anche nel Drive (Tabella 50) gli atleti dedicano, in media, più tempo possibile alla fase di Back Swing. Si osserva come i giocatori di categoria SL4 (51 ± 1 %) e SS6 (57 ± 18 %) assumano una percentuale nella fase di Back Swing che è tra loro comparabile. Di contro, l'atleta affetto da emiplegia può essere riconosciuto, in un certo qual modo, come un outlier (36 ± 9 %) avendo un movimento che si sviluppa principalmente in verticale. Infatti, all'atleta appena menzionato gli corrisponde il valore percentuale in assoluto più piccolo. Di contro, la fase di Forward Swing e la fase di Follow Through conseguono un comportamento abbastanza simile solo nel giocatore di categoria WH1 (Forward: 20 ± 0 %; Follow: 15 ± 0 %) e nel soggetto emiplegico (Forward: 32 ± 4 %; Follow: 31 ± 13 %). D'altro canto, tutti gli altri partecipanti allo studio spendono molto più tempo nella fase intermedia.

4.5.3 Lo Smash.

Le Figure 48 e 49 hanno l'obiettivo di mostrare i quattro momenti principali che si susseguono durante l'esecuzione di uno Smash. Infatti, a partire da sinistra, e procedendo verso destra, è possibile osservare la posizione assunta dal giocatore in quattro precisi istanti di tempo che, peraltro, vengono presentati secondo un ordine ben preciso: nel primo il giocatore aspetta l'arrivo del volano, nel secondo è intento a caricare il colpo, nel terzo il soggetto si appresta a colpire il volano e, infine, nell'ultimo torna ad assumere una nuova posizione di guardia. Questa spiegazione sottoforma di immagini viene fornita prima per i Wheelchair e poi per gli atleti che appartengono alla classe degli Standing o degli Short Stature.



Figura 48: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono lo Smash nei Wheelchair (WH2).



Figura 49: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono lo Smash negli Standing (SL4).

- RACCHETTA

Durante lo scambio gli atleti tornano più volte ad assumere una posizione di guardia in attesa che il volano venga rinviato dall'avversario e, di conseguenza, oltrepassi la rete. A questo proposito, in tutti i giocatori, il movimento principale eseguito dalla racchetta, che ha inizio subito dopo l'istante di carico, si sviluppa ad un'altezza decisamente maggiore rispetto al punto di partenza indicato sulla traiettoria. Solitamente, i giocatori qui analizzati tendono a caricare il colpo all'indietro in uno dei punti più bassi della traiettoria e, in seguito, portano la racchetta verso l'alto spostandola in avanti con continuità. Talvolta, dopo aver già caricato il colpo, la traiettoria si chiude leggermente su se stessa delineando una sorta di ovale che precede la fase di innalzamento della racchetta. Ricorrendo senza errori ad un simile gesto, l'impatto tra l'area accordata e lo "shuttlecock" avviene in un punto abbastanza alto della traiettoria che, nello specifico, si posiziona sopra la testa del giocatore. Così facendo, la traiettoria che descrive l'andamento completo della racchetta disegna una sorta di parabola simile, in un certo qual modo, ad un uncino la cui punta è solitamente più stretta rispetto all'ampiezza che caratterizza la medesima traiettoria all'inizio e alla fine del colpo. Questa sorta di parabola si sviluppa in larghezza per i Wheelchair (Figura 50) e per gli Standing appartenenti alle categorie SL4 (Figura 51, lato destro) e SS6 (Figura 52, lato destro). D'altra parte, la curva rappresentata nei grafici a

venire progredisce maggiormente lungo l'asse delle ordinate se si considerano i giocatori di categoria SL3 e SU5 (Figura 51, lato sinistro e Figura 52, lato sinistro). In genere, l'andamento medio rispecchia in modo adeguato il comportamento che caratterizza la testa della racchetta nei singoli videoclip ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto. Tuttavia, fanno eccezione gli atleti assegnati alle categorie di gioco SL3 e SL4. Infatti, gli andamenti conseguiti dalla racchetta nei singoli videoclip differiscono di molto l'uno dall'altro come se l'atleta adottasse di volta in volta una nuova tecnica di gioco. Ne consegue che, a causa di questi outlier, la media non è per nulla rappresentativa di ciò che realmente accade durante l'esecuzione di uno Smash.

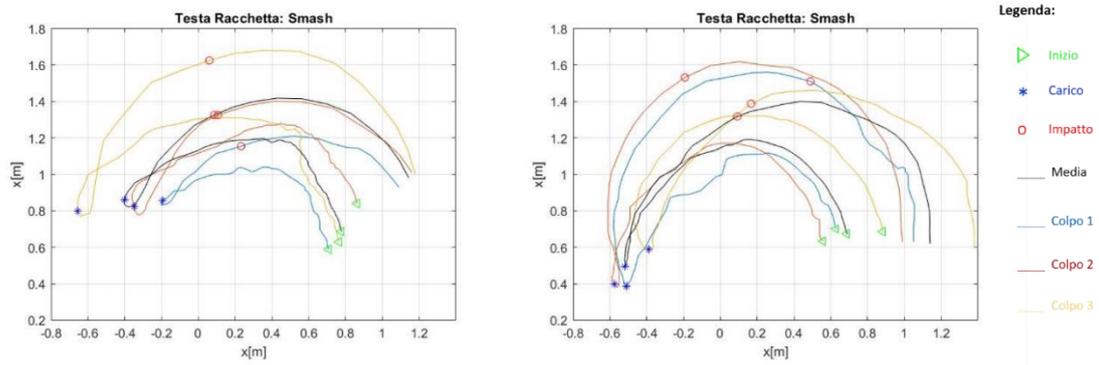


Figura 50: Traiettoria della Racchetta nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante l'esecuzione di uno Smash.

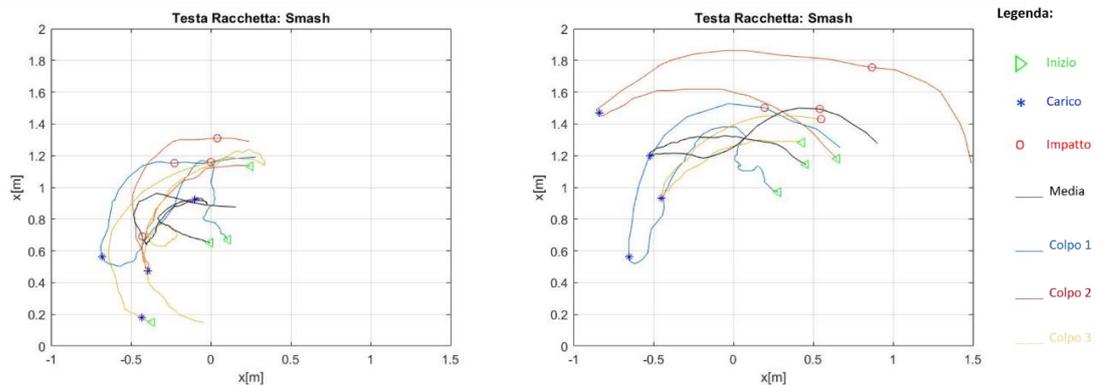


Figura 51: Traiettoria della Racchetta negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante l'esecuzione di uno Smash.

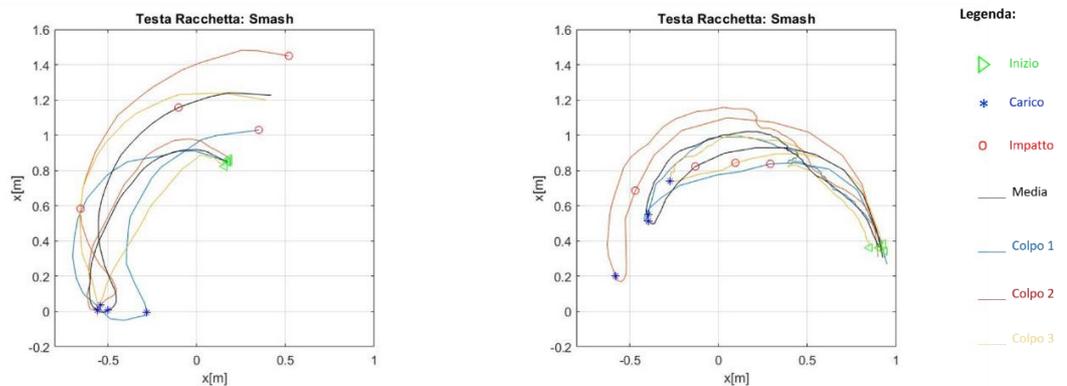


Figura 52: Traiettoria della Racchetta negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante l'esecuzione di uno Smash.

- ARTO SUPERIORE

Osservando la Figura 54 relativa al giocatore di categoria SL3, possiamo affermare che il movimento di Spalla che lo caratterizza risulta abbastanza caotico perché confinato in un intervallo piuttosto ristretto che ne rende difficile la descrizione. Infatti, in questo specifico caso, non è possibile risalire chiaramente a come l'istante di carico e l'istante di impatto si susseguono nel tempo. Al contrario, per gli atleti che competono in carrozzina (Figura 53), la Spalla presenta un andamento che cresce con continuità lungo l'asse delle ordinate mentre, per il giocatore di categoria SU5 (Figura 55, lato sinistro) la traiettoria che descrive il comportamento della Spalla si sviluppa lungo l'asse delle ascisse. D'altra parte, l'atleta con protesi all'arto sinistro (Figura 54, lato destro) e l'atleta affetto da acondroplasia (Figura 55, lato destro) seguono un iter ben preciso secondo il quale la Spalla prima retrocede, successivamente si abbassa e, in un secondo momento, viene spostata in avanti rimanendo all'incirca alla stessa altezza. Allo stesso tempo, il Polso ed il Gomito vengono spostati verso l'alto per favorire il sollevamento della racchetta. Terminata la fase di salita, queste due articolazioni si muovono in avanti percorrendo una piccola parte di traiettoria che si mantiene all'incirca alla stessa altezza. A questo punto, il Polso ed il Gomito si abbassano per ritornare alla posizione di guardia e, durante la fase di discesa, si verifica l'impatto tra l'area accordata ed il volano. Ne consegue che, per quanto riguarda l'istante di carico, il giocatore di categoria SL3 carica il colpo durante la fase di salita. Di contro, tutti gli altri partecipanti caricano il colpo all'inizio o alla fine della parte di traiettoria con fare costante. In generale, i vari andamenti si sviluppano sempre da sinistra verso destra ma dobbiamo, tuttavia, escludere da questa evidenza tutte le curve che caratterizzano l'atleta emiplegico e, inoltre, la curva che descrive il comportamento assunto dalla Spalla nei giocatori di Categoria SL4 e SS6. Infatti, queste traiettorie iniziano in corrispondenza del lato destro del grafico e terminano in prossimità del lato sinistro del plot. Infine, gli andamenti medi rispecchiano in modo adeguato il comportamento che caratterizza una specifica articolazione nei singoli videoclip ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto. Tuttavia, fa eccezione l'atleta di categorie SL3 poiché in ogni singola videoclip presenta degli andamenti piuttosto anomali da cui ne deriva una media poco affidabile.

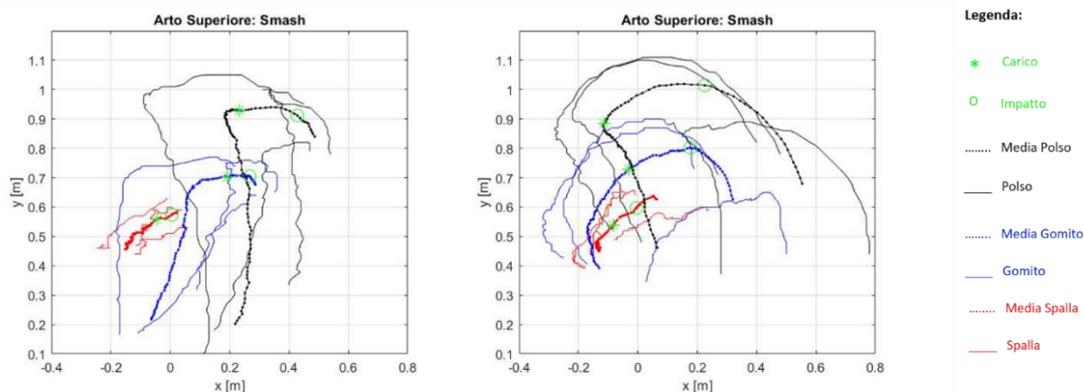


Figura 53: Traiettoria dell'Arto Superiore nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante l'esecuzione di uno Smash.

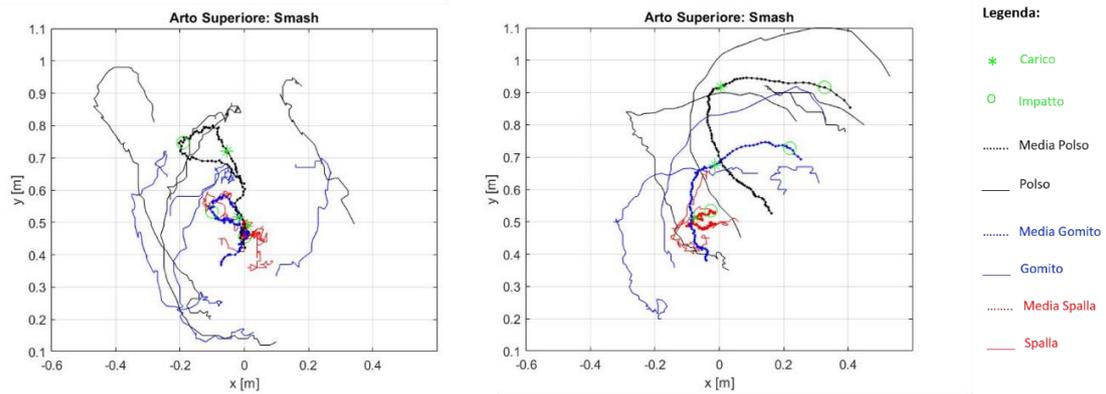


Figura 54: Traiettoria dell'Arto Superiore negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante l'esecuzione di uno Smash.

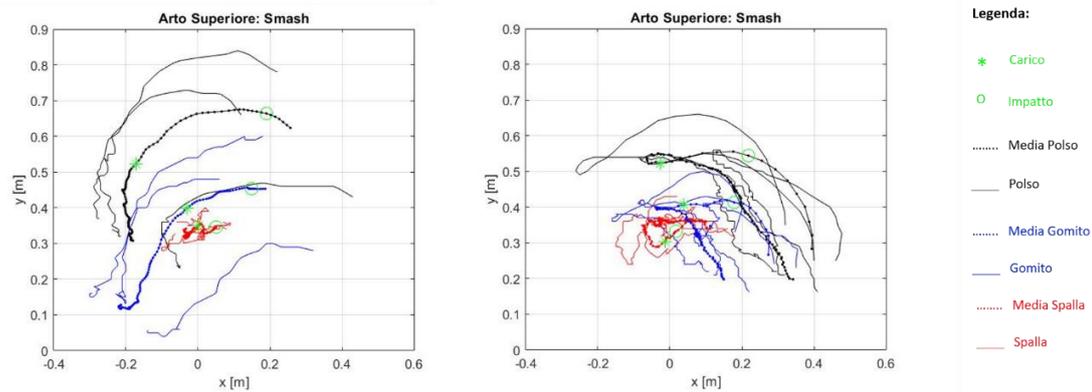


Figura 55: Traiettoria dell'Arto Superiore negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante l'esecuzione di uno Smash.

● PERCENTUALI DEL COLPO

Atleta	Colpo	Back [%]	Media±Std [%]	Forward [%]	Media±Std [%]	Follow [%]	Media±Std [%]
WH1	N ° 1	78	78 ± 2	10	12 ± 2	12	10 ± 2
WH1	N ° 2	80		12		8	
WH1	N ° 3	77		14		9	
WH2	N ° 1	45	53 ± 7	30	26 ± 5	25	22 ± 3
WH2	N ° 2	54		27		19	
WH2	N ° 3	59		20		21	
SL3	N ° 1	77	40 ± 37	17	31 ± 20	6	29 ± 41
SL3	N ° 2	41		54		5	
SL3	N ° 3	3		21		76	
SL4	N ° 1	87	70 ± 15	10	25 ± 15	3	4 ± 5
SL4	N ° 2	64		26		10	
SL4	N ° 3	60		40		0	
SU5	N ° 1	75	65 ± 9	25	29 ± 8	0	6 ± 10
SU5	N ° 2	62		38		0	
SU5	N ° 3	58		24		18	
SS6	N ° 1	86	84 ± 2	9	9 ± 1	5	8 ± 2
SS6	N ° 2	83		8		9	
SS6	N ° 3	82		9		9	

Tabella 51: Percentuali attribuite alle tre fasi del colpo (Back, Forward e Follow) nello Smash.

Come visto per le altre tipologie di colpi alti, anche per lo Smash (Tabella 51) i giocatori rimangono per la maggior parte del tempo nella fase che sancisce l'inizio del ciclo. In una condizione di questo tipo, il soggetto affetto da emiplegia si differenzia dai suoi colleghi per la più piccola percentuale media qui tabella per la fase di Back Swing ($40 \pm 37 \%$). Di contro, sempre parlando in termini medi, il suo collega appartenente alla classe degli Short Stature possiede il massimo valore percentuale nella fase di Back Swing ($84 \pm 2 \%$). Le ultime due fasi riportano, invece, una serie di dati che risultano abbastanza simili tra loro. Fanno eccezione, tuttavia, gli atleti di categoria SL4 (Forward: $25 \pm 15 \%$; Follow: $4 \pm 5 \%$) e SU5 (Forward: 29 ± 8 ; Follow: $6 \pm 10 \%$) le cui fasi di Forward Swing hanno una percentuale decisamente maggiore rispetto al valore che caratterizza la fase ultima di Follow Through.

4.5.4 Il Servizio di Dritto.

Le Figure 56 e 57 hanno l'obiettivo di far vedere i quattro momenti principali che si susseguono durante l'esecuzione di un Servizio di Dritto. Infatti, a partire da sinistra, e procedendo verso destra, si osservano quattro fotogrammi che illustrano: prima il giocatore quando aspetta l'arrivo del volano, poi lo stesso mentre è intento a caricare il colpo, segue il soggetto che si appresta a colpire il volano e, infine, l'atleta torna ad assumere una nuova posizione di guardia. Questa spiegazione sottoforma di immagini viene fornita prima per i Wheelchair e poi per gli atleti che appartengono alla classe degli Standing o degli Short Stature.



Figura 56: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono un Servizio di Dritto nei Wheelchair (WH1).



Figura 57: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono un Servizio di Dritto negli Standing (SU5).

- RACCHETTA

Per colui che compete in carrozzina (Figura 58), il movimento è talmente ampio da formare quasi un'ellisse e, in genere, questo stesso gesto si sviluppa dall'alto verso il basso progredendo, per tutta la durata del colpo, ben al di sotto del punto di partenza. Inoltre, l'istante di carico si trova in un punto piuttosto basso della traiettoria che corrisponde alla coordinata in cui la curva acquisisce la sua massima ampiezza. D'altra parte, l'istante di impatto si colloca in corrispondenza del tratto in salita quando la racchetta viene portata nuovamente verso l'alto.

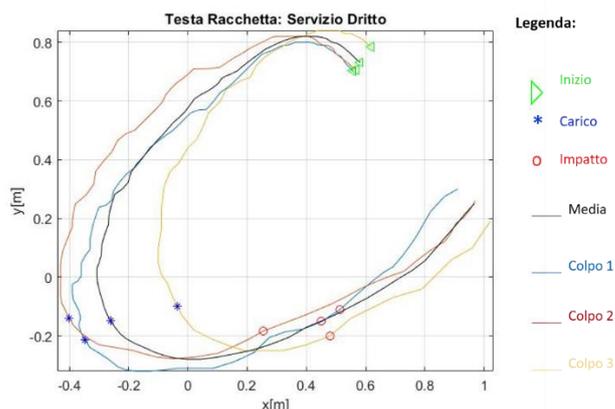


Figura 58: Traiettoria della Racchetta nel giocatore di categoria WH1 durante un Servizio di Dritto.

Nel caso del soggetto dotato di protesi transtibiale (Figura 59), il movimento risulta meno ampio e più affusolato del precedente quasi a delineare una sorta di uncino. Innanzitutto, fissando come riferimento l'inizio della traiettoria, la racchetta viene leggermente abbassata e, raggiunta una certa quota, percorre un tratto di curva che si mantiene all'incirca alla stessa altezza e che, peraltro, precede la fase finale di risalita. Come detto in precedenza, l'istante di carico si trova in un punto piuttosto basso della traiettoria che coincide con la coordinata rispetto alla quale la curva acquisisce la sua massima ampiezza. In ultima analisi, un'ulteriore corrispondenza con il giocatore di categoria WH1 riguarda l'istante di impatto. Infatti, quest'ultimo si colloca in prossimità del tratto in salita quando la racchetta viene portata nuovamente verso l'alto.

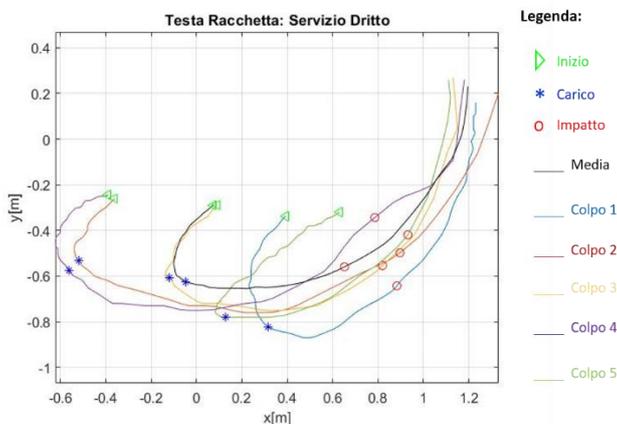


Figura 59: Traiettoria della Racchetta nel giocatore di categoria SL4 durante un Servizio di Dritto.

Per l'atleta di categoria SU5 (Figura 60, lato sinistro), non solo il movimento è affusolato ma, a differenza degli altri partecipanti, questo stesso gesto si sviluppa per lo più in altezza andando a formare nuovamente una sorta di uncino. In un primo momento, la racchetta indietreggia e, nel contempo, viene spostata verso il basso. A questo punto, nonostante la racchetta sia appena stata abbassata, il qui presente giocatore tende a sollevarla leggermente fino a caricare il colpo. Segue quindi un tratto di curva che si mantiene all'incirca alla stessa quota e che, talvolta, termina con l'impatto tra l'area accordata e lo "shuttlecock". Di conseguenza, l'istante di impatto stabilisce l'inizio di un nuovo tratto in salita o, in altri casi, si verifica direttamente lungo questa stessa fase di risalita. Per questa ragione, l'istante di impatto si trova ad un'altezza maggiore rispetto a quella che, di fatto, definisce la posizione occupata dall'istante di carico.

Infine, nel caso del soggetto affetto da acondroplasia (Figura 60, lato destro), il movimento è ancora affusolato ma progredisce in maniera notevole lungo l'asse delle ascisse. La traiettoria della racchetta, che ne illustra l'andamento in condizioni di Servizio, indietreggia e, nel frattempo, si sposta anche verso il basso. Raggiunto un punto piuttosto basso della curva, la traiettoria si rialza per poi richiudersi su se stessa andando a definire una sorta di ovale che, a sua volta, precede una parte di traiettoria all'incirca costante. In particolar modo, prima che la qui presente curva si richiuda su stessa il giocatore si appresta a caricare il colpo. D'altro canto, l'impatto tra l'area accordata e lo "shuttlecock" si verifica al termine del tratto di curva che si mantiene più o meno alla stessa altezza e che, peraltro, precede, la fase finale di risalita. Per questo motivo, l'istante di impatto si trova ad un'altezza inferiore rispetto a quella che, di fatto, definisce la posizione occupata dall'istante di carico. Inoltre, prendendo come riferimento il punto di partenza, l'istante di carico è più alto rispetto all'inizio della traiettoria mentre l'istante di impatto è più basso o al massimo in linea con il punto di partenza.

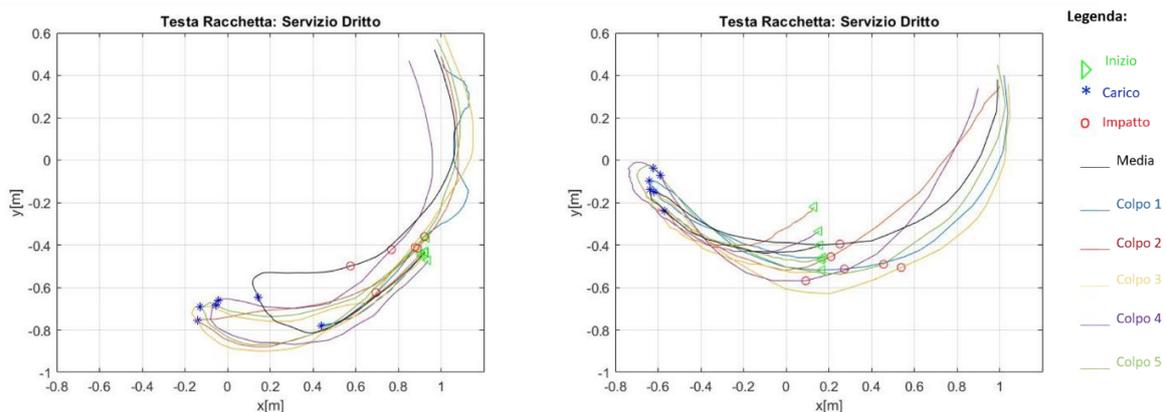


Figura 60: Traiettoria della Racchetta negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Servizio di Dritto.

Pur considerando un giocatore alla volta, il movimento principale che si sviluppa dall'istante di carico fino all'istante di impatto progredisce sempre da sinistra verso destra. Inoltre, l'andamento medio rappresenta in modo piuttosto efficace il comportamento assunto dalla racchetta nei singoli videoclip ad indicare una forte ripetibilità del gesto. Di contro, come abbiamo appena visto, le varie tecniche a cui gli atleti ricorrono presentano delle piccole differenze le une dalle altre.

- ARTO SUPERIORE

Per chi compete in carrozzina (Figura 61), il movimento di Spalla risulta abbastanza caotico perché confinato in un intervallo piuttosto ristretto che ne rende difficile la descrizione. Infatti, in questo specifico caso, non è possibile risalire chiaramente all'esatta sequenza temporale con cui l'istante di carico e l'istante di impatto si susseguono. Ad ogni modo, le traiettorie che delineano l'andamento di Gomito e Polso si sviluppano entrambe dall'alto verso il basso quasi a disegnare un semicerchio. Per questa ragione, il Gomito assume una posizione che è di poco più retratta rispetto al Polso. Tuttavia, in ambedue le articolazioni il giocatore carica il colpo in un punto piuttosto basso della traiettoria che si colloca nel tratto di curva in cui il movimento di Spalla acquisisce la sua massima ampiezza. D'altra parte, l'impatto tra l'area accordata ed il volano si verifica in corrispondenza del tratto finale che progredisce non solo in ampiezza ma anche lungo l'asse delle ordinate in quanto la racchetta viene portata nuovamente verso l'alto.

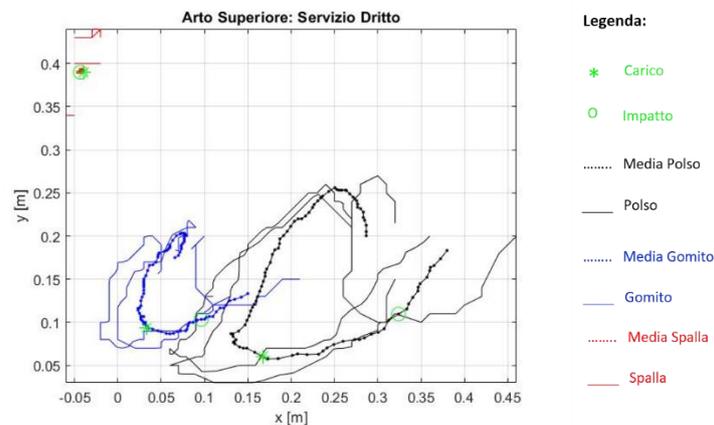


Figura 61: Traiettoria dell'Arto Superiore nel giocatore di categoria WH1 durante un Servizio di Dritto.

Nel partecipante allo studio con protesi transtibiale (Figura 62) la Spalla si sposta prima di tutto verso il basso ed è proprio durante questa prima fase di discesa che l'atleta si appresta a caricare il colpo. Successivamente, questa stessa articolazione si muove verso l'alto di modo che la racchetta si avvicini al volano. Ne consegue che l'impatto tra l'area accordata e lo "shuttlecock" ha luogo lungo il breve tratto di salita qui di seguito graficato. Ad ogni modo, le traiettorie che illustrano l'andamento del gomito e del polso si sviluppano entrambe da sinistra verso destra delineando una specie di parabola parallela all'asse delle x. Per questo motivo, il gomito risulta sopraelevato rispetto al polso. Ne risulta che per ambedue i punti di repere qui menzionati, l'istante di carico si posiziona in un punto piuttosto basso della traiettoria lungo la parte di curva che si mantiene all'incirca alla stessa altezza. D'altra parte, l'istante di impatto si colloca di poco più in alto, per la precisione, nel pieno della fase finale di risalita.

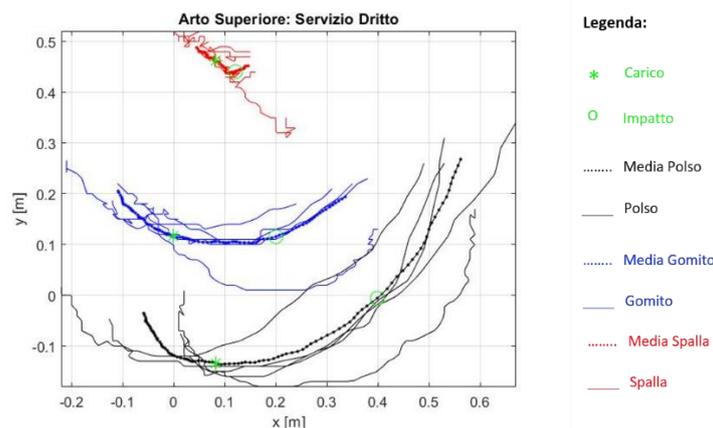


Figura 62: Traiettorie dell'Arto Superiore nel giocatore di categoria SL3 durante un Servizio di Dritto.

Come per il giocatore di categoria WH1, anche per l'atleta di categoria SU5 (Figura 63, lato sinistro), il movimento di Spalla risulta abbastanza caotico perché confinato in un intervallo piuttosto ristretto che ne rende difficile la descrizione. Infatti, in questo specifico caso, non è possibile risalire chiaramente all'esatta sequenza temporale con cui l'istante di carico e l'istante di impatto si susseguono. Ad ogni modo, il Gomito ed il Polso prima indietreggiano e, successivamente, avanzano portandosi, nel frattempo, verso l'alto quasi a disegnare una sorta di parabola che progredisce per lo più in altezza. Queste traiettorie che delineano l'andamento di ambe due le articolazioni si sviluppano, come visto in precedenza, sempre da sinistra verso destra. Per questa ragione, il Gomito si trova di poco più in alto rispetto al Polso. Ne risulta che, in entrambi i punti di reperi, l'istante di impatto si trova nel pieno della fase finale di risalita ma, tuttavia, vi sono delle sottili differenze per quanto concerne l'istante di carico. Infatti, nel Gomito il giocatore si appresta a caricare il colpo al termine della parte di curva che si mantiene all'incirca alla stessa altezza, viceversa, nel Polso l'atleta si prepara a colpire lo "shuttlecock" lungo lo stesso tratto di salita dove si posiziona anche l'istante di impatto.

In ultima analisi, nel soggetto affetto da acondroplasia (Figura 63, lato destro), la Spalla si sposta prima di tutto verso il basso ed è proprio durante questa prima fase di discesa che l'atleta si appresta a caricare il colpo. Successivamente, questa stessa articolazione si muove in avanti mantenendosi all'incirca alla stessa altezza di modo che la racchetta si avvicini al volano. Ne consegue che l'impatto tra l'area accordata ed il volano ha luogo lungo quel breve tratto di curva che ha un andamento più o meno costante. Ad ogni modo, il Gomito ed il Polso prima indietreggiano e, successivamente, avanzano portandosi, nel frattempo, verso il basso quasi a disegnare una sorta di parabola che progredisce per lo più in ampiezza. Per questo motivo, il Gomito risulta sopraelevato rispetto al Polso e le loro traiettorie sono ben parallele l'una all'altra. Ne risulta che per ambedue i punti di reperi qui menzionati, l'istante di carico si posiziona lungo la parte di traiettoria oramai in discesa. D'altra parte, l'istante di impatto si colloca poco più in basso, per la precisione, quando a inizio la fase finale di risalita.

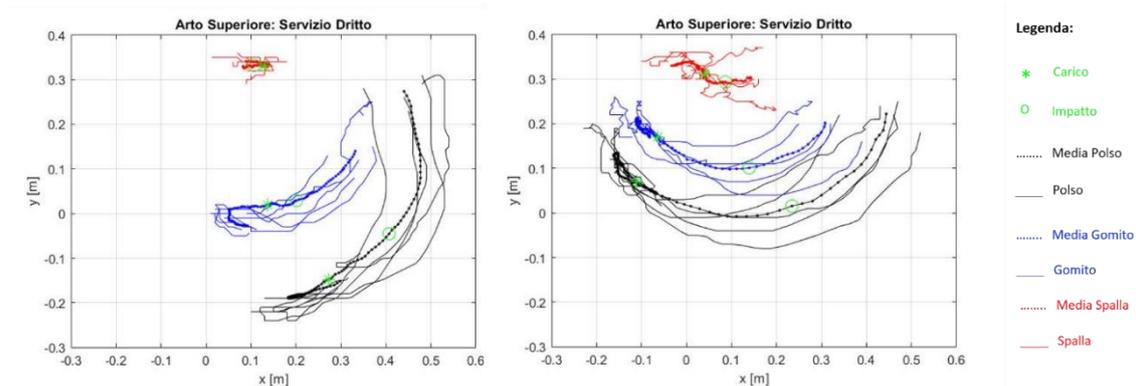


Figura 63: Traiettoria dell'Arto Superiore negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Servizio di Dritto.

Infine, come accadeva per la racchetta, gli andamenti medi rispecchiano in modo adeguato il comportamento che caratterizza una specifica articolazione nei singoli videoclip ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto che, tuttavia, subisce alcune variazioni da un giocatore all'altro specialmente se confrontiamo il Wheelchair con gli Standing.

- PERCENTUALI DEL COLPO

Atleta	Colpo	Back [%]	Media±Std [%]	Forward [%]	Media±Std [%]	Follow [%]	Media±Std [%]
WH1	N ° 1	70	70 ± 17	21	18 ± 3	9	12 ± 4
WH1	N ° 2	69		15		16	
WH1	N ° 3	71		17		12	
SL4	N ° 1	26	42 ± 16	23	35 ± 12	51	23 ± 16
SL4	N ° 2	34		49		17	
SL4	N ° 3	37		40		23	
SL4	N ° 4	47		41		12	
SL4	N ° 5	67		22		11	
SU5	N ° 1	21	51 ± 17	20	21 ± 3	59	29 ± 17
SU5	N ° 2	54		26		20	
SU5	N ° 3	58		17		25	
SU5	N ° 4	58		21		21	
SU5	N ° 5	62		19		19	
SS6	N ° 1	60	66 ± 11	24	19 ± 7	16	15 ± 4
SS6	N ° 2	53		26		21	
SS6	N ° 3	63		22		15	
SS6	N ° 4	81		10		9	
SS6	N ° 5	73		14		13	

Tabella 52: Percentuali attribuite alle tre fasi del colpo (Back, Forward e Follow) nello Servizio di Dritto.

Quando gli atleti ribattono il volano ad inizio scambio eseguendo correttamente un Servizio di Dritto (Tabella 52) allora tendono a rimanere più a lungo possibile nella fase di Back Swing, fase che tra l'altro si colloca all'inizio del ciclo di movimento. In particolar modo, se confrontato con gli altri partecipanti allo studio, il giocatore che compete in carrozzina presenta il valore percentuale più grande possibile in condizioni di Back Swing (70 ± 17 %). Tuttavia, questo valore si discosta di

poco da quanto riportato per l'atleta di categoria SS6 ($66 \pm 11 \%$). Di contro, il soggetto dotato di protesi transtibiale corrisponde all'outlier minimo ($42 \pm 16 \%$). Infine, la percentuale raggiunta in fase di Forward e in fase di Follow sono tra loro simili e questa considerazione vale per tutti i giocatori di categoria WH1, SU5 E SS6, infatti, sembrerebbe che il giocatore di categoria SL4 trascorra più tempo nella fase intermedio piuttosto che in quella finale (Forward: $42 \pm 16 \%$; Follow: $23 \pm 16 \%$).

4.5.5 Il Servizio di Rovescio.

Le Figure 64 e 65 hanno l'obiettivo di far vedere quali sono i quattro momenti principali che si susseguono durante l'esecuzione di un Servizio di Rovescio. Infatti, a partire da sinistra, e procedendo verso destra, si osservano quattro fotogrammi che rappresentano: nel primo il giocatore aspetta l'arrivo del volano, nel secondo è intento a caricare il colpo, nel terzo il soggetto si appresta a colpire il volano e, infine, nell'ultimo torna ad assumere una nuova posizione di guardia. Questa spiegazione sottoforma di immagini viene fornita prima per i Wheelchair e poi per gli atleti che appartengono alla classe degli Standing o degli Short Stature.



Figura 64: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono un Servizio di Rovescio nei Wheelchair (WH1).



Figura 65: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono un Servizio di Rovescio negli Standing (SL3).

- RACCHETTA

Dopo aver ribattuto il volano, i giocatori devono assumere una posizione di guardia che sia il più consona possibile alla risposta dell'avversario. A questo proposito, nei Wheelchair (Figura 66) la traiettoria che delinea il movimento della racchetta si sviluppa da sinistra verso destra e, nel

contempo, progredisce ben al di sopra del punto di partenza. Di contro, nel giocatore di categoria SL3 (Figura 67), la traiettoria che illustra lo spostamento compiuto dalla racchetta è parecchio diversa dall'andamento che caratterizza i giocatori in carrozzina. Infatti, il movimento principale eseguito dalla racchetta si sviluppa fondamentalmente dall'alto verso il basso e, allo stesso tempo, progredisce per lo più al di sotto del punto di partenza. Per questo motivo, le diverse curve qui di seguito graficate si sviluppano soprattutto in larghezza per i Wheelchair e, d'altro canto, le stesse curve si estendono quasi esclusivamente in altezza per il soggetto emiplegico. Un andamento di questo genere potrebbe essere giustificato dal fatto che l'atleta di categoria SL3, a causa della patologia di cui è affetto, tende a spostarsi per lo più in verticale nel tentativo di bilanciare il proprio peso e non cadere a terra. Un'ulteriore differenza nel Servizio tra Wheelchair e Standing riguarda l'istante di carico e l'istante di impatto. I giocatori in carrozzina portano immediatamente la racchetta verso l'alto spostandola in avanti con continuità. Ciò significa che i giocatori in carrozzina caricano il colpo sin da subito. Ad ogni modo, ricorrendo senza errori ad un simile gesto, l'impatto tra l'area accordata e lo "shuttlecock" avviene in un punto abbastanza alto della traiettoria che al più, per regolamento, si posiziona al di sotto della cavità ascellare. D'altra parte, l'atleta di categoria SL3 porta la racchetta verso l'alto per un brevissimo periodo di tempo, successivamente, la abbassa fino a che la traiettoria non si chiude leggermente su se stessa profilando una sorta di ovale. A questo punto, la traiettoria si allarga ed il giocatore si appresta a caricare il colpo. Infine, l'istante di impatto si verifica in un punto abbastanza basso della traiettoria che, secondo le regole ufficiali, si posiziona al di sotto della vita. In genere, l'andamento medio rappresenta in modo piuttosto efficace il comportamento che caratterizza la testa della racchetta nei singoli videoclip ad indicare una forte ripetibilità del gesto.

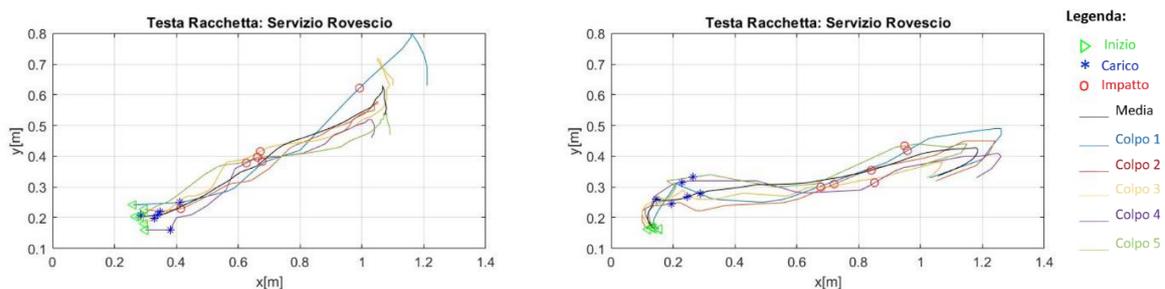


Figura 66: Traiettoria della Racchetta nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante un Servizio di Rovescio.

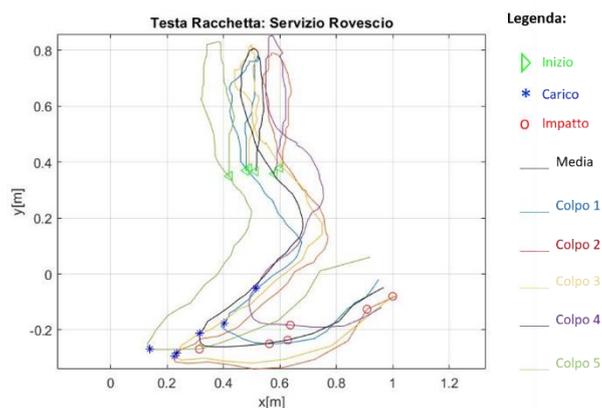


Figura 67: Traiettorie della Racchetta nel giocatore di categoria SL3 durante un Servizio di Rovescio.

- **ARTO SUPERIORE**

Nelle Figure 68 e 69 il movimento della Spalla associato ai giocatori di categoria WH1 e SL3 risulta abbastanza caotico perché confinato in un intervallo piuttosto ristretto che ne rende difficile la descrizione. Infatti, in ambedue i casi, non è possibile risalire all'esatta sequenza temporale con cui l'istante di carico e l'istante di impatto si susseguono. Al contrario, per l'atleta di categoria WH2, la Spalla presenta un andamento che cresce con continuità lungo l'asse delle ascisse mantenendosi, all'incirca, alla stessa altezza. Nel frattempo, per i Wheelchair, il Polso ed il Gomito si spostano in avanti procedendo, oltretutto, verso l'alto per favorire il sollevamento della racchetta. Di conseguenza, trattandosi di un movimento piuttosto elementare, ambedue gli atleti caricano il colpo e, successivamente, colpiscono il volano lungo il tratto in salita. Ne consegue che l'istante di carico si posiziona all'inizio della traiettoria e che l'istante di impatto si verifica appena dopo. D'altro canto, l'atleta di categoria SL3 porta, prima di tutto, il Gomito ed il Polso verso l'alto e, in un secondo momento, sposta queste due articolazioni verso il basso. A questo punto, quando la traiettoria dei due punti di reperi si allarga, il giocatore si appresta a caricare il colpo e, poco dopo, avviene l'impatto tra l'area accordata ed il volano. In altre parole, l'istante di impatto si verifica quasi al termine della traiettoria. In generale, i vari andamenti si sviluppano in larghezza sempre da sinistra verso destra ma dobbiamo, tuttavia, escludere da questa evidenza tutte le curve che caratterizzano l'atleta emiplegico. Infatti, queste traiettorie si sviluppano in altezza sempre dall'alto verso il basso. Infine, come accadeva per la racchetta, gli andamenti medi rappresentano in modo efficace il comportamento che caratterizza una specifica articolazione nei singoli videoclip ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto.

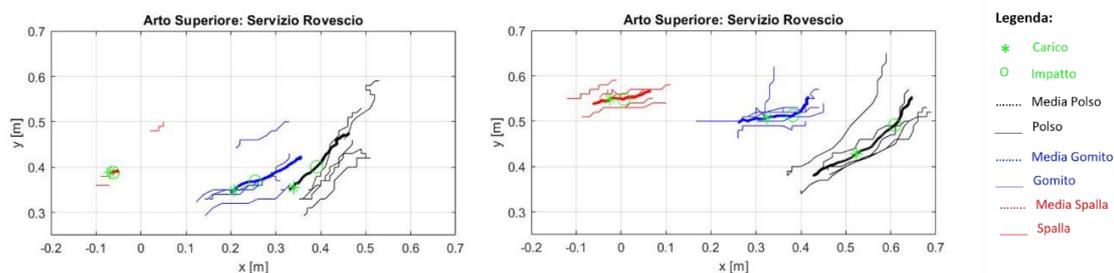


Figura 68: Traiettoria dell'Arto Superiore nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante un Servizio di Rovescio.

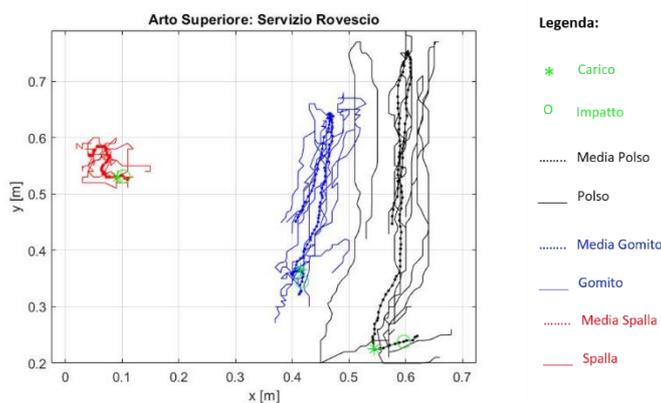


Figura 69: Traiettoria dell'Arto Superiore nel giocatore di categoria SL3 durante un Servizio di Rovescio.

● PERCENTUALI DEL COLPO

Atleta	Video	Back [%]	Media±Std [%]	Forward [%]	Media±Std [%]	Follow [%]	Media±Std [%]
WH1	N ° 1	6	4 ± 1	29	22 ± 10	65	74 ± 11
WH1	N ° 2	4		4		92	
WH1	N ° 3	3		24		73	
WH1	N ° 4	5		28		67	
WH1	N ° 5	3		25		72	
WH2	N ° 1	29	38 ± 8	24	23 ± 6	47	39 ± 6
WH2	N ° 2	39		18		43	
WH2	N ° 3	31		32		37	
WH2	N ° 4	42		21		37	
WH2	N ° 5	48		19		33	
SL3	N ° 1	85	88 ± 2	6	8 ± 3	9	4 ± 4
SL3	N ° 2	90		9		1	
SL3	N ° 3	89		11		0	
SL3	N ° 4	87		8		5	
SL3	N ° 5	90		4		6	

Tabella 53: Percentuali attribuite alle tre fasi del colpo (Back, Forward e Follow) nello Servizio di Rovescio.

Considerando un giocatore alla volta e, in seguito, confrontando i suoi dati con quelli che caratterizzano gli altri partecipanti (Tabella 53) si osserva un importante divario nei valori

percentuali medi riportati per ciascuna fase. In altre parole, gli atleti qui analizzati gestiscono il tempo di cui dispongono ad inizio scambio in modo molto differente tra loro. Ad esempio, l'atleta di categoria WH1, possiede una percentuale media nella fase di Follow Through ($74 \pm 11 \%$) decisamente più marcata rispetto a quella che definisce la fase di Back Swing ($4 \pm 1 \%$). In particolar modo, il valore percentuale attribuito al giocatore appena menzionato e riportato nella fase iniziale del ciclo è di per sé irrilevante. D'altra parte, per il soggetto affetto da emiplegia si verifica l'esatto opposto (Back: $88 \pm 2 \%$; Follow: $4 \pm 4 \%$). Tanto è vero che le percentuali medie indicate nelle ultime due fasi sono alquanto trascurabili. Infine, i dati percentuali imputabili al secondo giocatore in carrozzina e riportate per la fase di Back Swing ($38 \pm 8 \%$) e Follow Through ($39 \pm 6 \%$) sono tra loro comparabili a dimostrazione del fatto che differiscono l'una dall'altra di un solo punto percentuale.

4.5.6 Il Drop di Dritto.

Le Figure 70 e 71 hanno l'obiettivo di far vedere quali sono i quattro momenti principali che si susseguono durante l'esecuzione di un Drop di Dritto. Infatti, a partire da sinistra, e procedendo verso destra, si osservano: nel primo il giocatore aspetta l'arrivo del volano, nel secondo è intento a caricare il colpo, nel terzo il soggetto si appresta a colpire il volano e, infine, nell'ultimo torna ad assumere una nuova posizione di guardia. Questa spiegazione sottoforma di immagini viene fornita prima per i Wheelchair e poi per gli atleti che appartengono alla classe degli Standing o degli Short Stature.



Figura 70: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono un Drop di Dritto nei Wheelchair (WH1).



Figura 71: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono un Drop di Dritto negli Standing (SU5).

- RACCHETTA

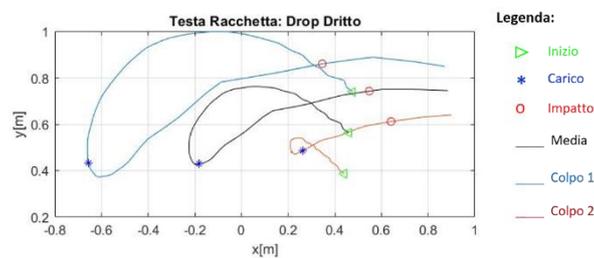


Figura 72: Traiettoria della Racchetta nel giocatore di categoria WH1 durante l'esecuzione un Drop di Dritto.

Osservando le traiettorie riportate in Figura 72, sembrerebbe che nel giocatore in carrozzina la sequenza di movimenti necessari ad eseguire un buon Drop si ripeta con una certa regolarità in entrambi i videoclip. Infatti, le traiettorie che descrivono il comportamento adottato dalla racchetta presentano tra loro una certa somiglianza per quanto riguarda la forma assunta dalle curve. Tanto è vero che l'andamento medio rispecchia in modo adeguato ciò che si verifica nei singoli videoclip ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto. Innanzitutto, l'atleta di categoria WH1 tende a spostare la racchetta all'indietro percorrendo una parte di traiettoria che, in un certo qual modo, è molto simile ad un arco di cerchio. Di conseguenza, il colpo viene caricato all'indietro in uno dei punti più bassi della traiettoria che, nello specifico, si colloca sull'estremità sinistra della stessa. In seguito, la racchetta viene portata appositamente verso l'alto spostandola in avanti con continuità. Inoltre, dopo aver già caricato il colpo, la traiettoria si chiude leggermente su se stessa delineando una sorta di ovale che ha dimensioni decisamente maggiori nel primo videoclip piuttosto che nel secondo. Ricorrendo senza errori ad un simile gesto, l'impatto tra l'area accordata ed il volano avviene in un punto abbastanza alto della traiettoria, quando il movimento sta ormai per concludersi.

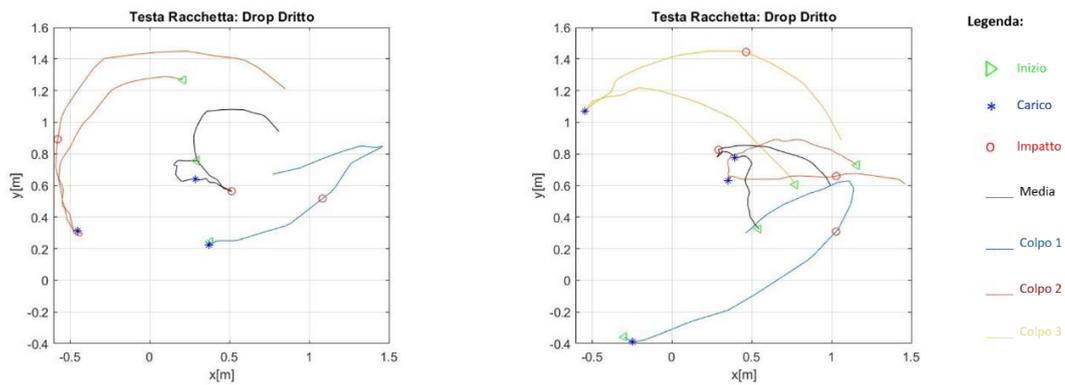


Figura 73: Traiettoria della Racchetta negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante un Drop di Dritto.

Sia per il soggetto emiplegico che per il soggetto dotato di protesi transtibiale (Figura 73), gli andamenti conseguiti dalla racchetta nei singoli videoclip differiscono di molto l'uno dall'altro come se entrambi gli atleti adottassero di volta in volta una nuova tecnica di gioco. Ne consegue che, a causa di queste anomalie, la media non è per nulla rappresentativa di ciò che realmente accade durante l'esecuzione di un Drop.

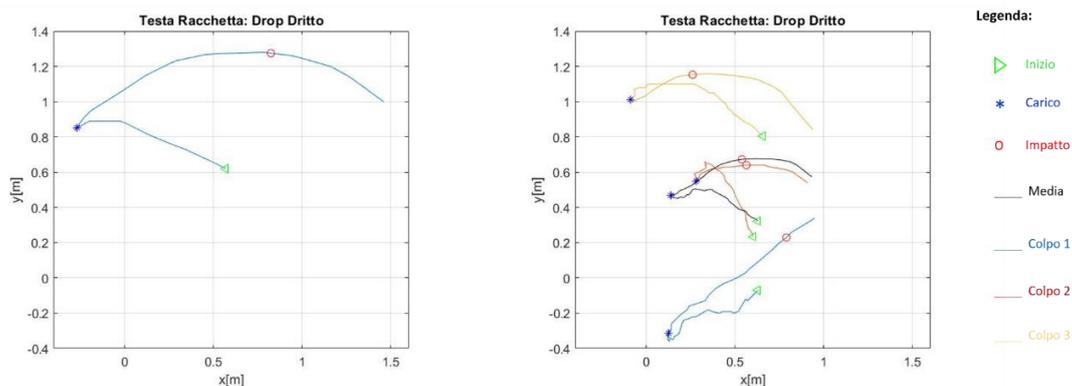


Figura 74: Traiettoria della Racchetta negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Drop di Dritto.

Come si può chiaramente evincere dalla Figura 74, non possiamo conoscere l'andamento medio relativo al giocatore di categoria SU5, tuttavia il comportamento che caratterizza la racchetta nell'unico videoclip disponibile è affine al comportamento conseguito dalla racchetta nel giocatore di categoria WH1, fatta eccezione, tuttavia, per il fatto che la traiettoria non si richiude più su se stessa ma, in questo specifico caso, va a stringersi ulteriormente in corrispondenza della sua estremità sinistra. D'altra parte, nell'atleta di categoria SS6 il primo videoclip può essere considerato sostanzialmente un outlier che, di conseguenza, è il diretto responsabile di una media poco indicativa. Di contro, le curve associate al secondo e terzo videoclip sono nuovamente comparabili con quanto si verifica nel giocatore di categoria WH1.

- ARTO SUPERIORE

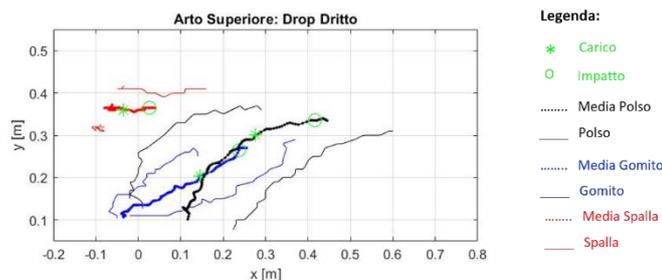


Figura 75: Traiettorie dell'Arto Superiore nel giocatore di categoria WH1 durante un Drop di Dritto.

Per colui che compete in carrozzina (Figura 75) la Spalla ha un andamento abbastanza costante che si sviluppa da sinistra verso destra mantenendosi all'incirca alla stessa altezza e, inoltre, restando sempre sopraelevata rispetto agli altri due punti di repere. Nel frattempo, il Polso ed il Gomito si spostano in avanti procedendo, oltretutto, verso l'alto per favorire il sollevamento della racchetta. All'inizio, il Gomito è più alto rispetto al Polso ma, in un secondo momento, il Polso si sposta ben al di sopra del Gomito e questo cambio di posizione è attribuibile al fatto che l'arto superiore si innalza per riuscire a raggiungere il volano. Ad ogni modo, trattandosi di un movimento piuttosto elementare, l'atleta carica il colpo e, successivamente, colpisce il volano lungo il tratto in salita. Ne consegue che l'istante di carico e l'istante di impatto si posizionano alla fine della traiettoria a poca distanza l'uno dall'altro.

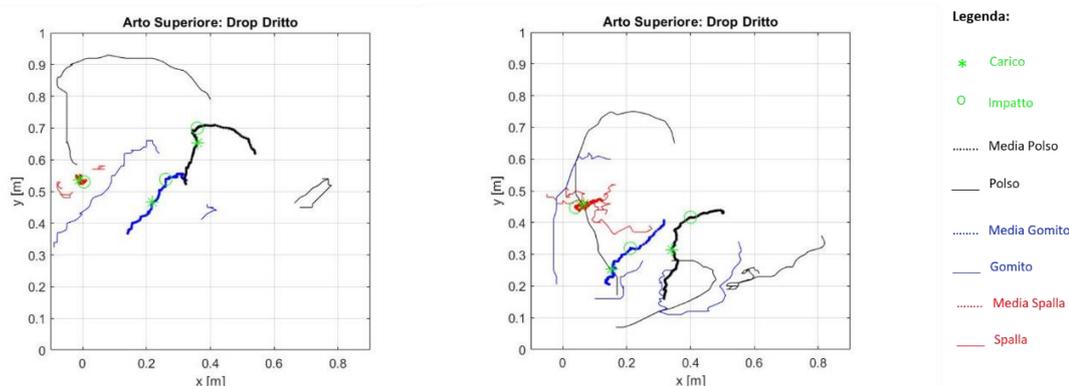


Figura 76: Traiettorie dell'Arto Superiore negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante un Drop di Dritto.

Nella Figura 76 il movimento medio della Spalla associato ai giocatori di categoria SL3 e SL4 risulta abbastanza caotico perché confinato in un intervallo piuttosto ristretto che ne rende difficile la descrizione. Infatti, in ambedue i casi, non è possibile risalire all'esatta sequenza temporale con cui l'istante di carico e l'istante di impatto si susseguono. Come se non bastasse, i vari andamenti conseguiti da tutte e tre le articolazioni nei singoli videoclip hanno forme molto diverse tra loro e occupano zone ben distinte del grafico ad indicare una forte variabilità intrasoggetto. Considerando invece le sole traiettorie medie, il Polso ed il Gomito si spostano in avanti procedendo, oltretutto, verso l'alto per favorire il sollevamento della racchetta. Tuttavia, nel soggetto emiplegico il Gomito è più basso e più retratto rispetto al Polso e si mantiene in questa generica posizione per tutta la durata del colpo. Infine, in seguito all'impatto, ambedue le

articolazioni avanzano leggermente per poi abbassarsi. Al contrario, nel soggetto dotato di protesi trastibiale, il Gomito è situato sempre dietro al Polso ma entrambe le articolazioni procedono in parallelo lungo l'asse delle ordinate. I due punti di repere si distinguono in particolar modo per quello che accade in seguito all'impatto. Infatti, dopo che la racchetta ha colpito il volano, il Gomito continua a salire mentre il Polso si sposta verso destra con fare costante.

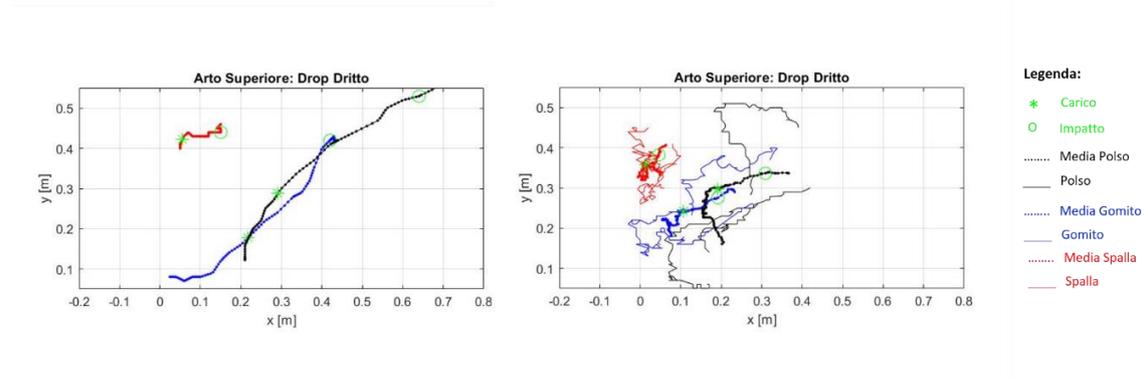


Figura 77: Traiettorie dell'Arto Superiore negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Drop di Dritto.

Come si può desumere dalla Figura 77, non possiamo ovviamente conoscere gli andamenti medi relativi al giocatore di categoria SU5 ma, d'altra parte, è evidente come il comportamento che caratterizza tutte e tre le articolazioni nell'unico videoclip disponibile è affine al comportamento conseguito dai tre punti di repere nel giocatore di categoria WH1. D'altra parte, l'atleta di categoria SS6 presenta un movimento di Spalla difficile da decifrare proprio per le stesse ragioni precedentemente elencate. Per quanto riguarda la curva media del Gomito e quella relativa al Polso, esiste una fase iniziale il cui il Polso si trova davanti al Gomito ed entrambe le articolazioni si innalzano ponendosi all'incirca alla stessa altezza. Tuttavia, dopo aver caricato il colpo, il Polso, che aveva già assunta una posizione leggermente più alta rispetto al Gomito, ed il Gomito stesso si spostano verso sinistra e, durante questo tragitto, il Gomito continua ad alzarsi mentre il Polso avanza con fare costante. L'impatto tra l'area accordata e lo "shuttlecock" si verifica quando la traiettoria sta ormai per finire.

- PERCENTUALI DEL COLPO

Atleta	Colpo	Back [%]	Media±Std [%]	Forward [%]	Media±Std [%]	Follow [%]	Media±Std [%]
WH1	N ° 1	65	72 ± 10	26	21 ± 8	9	8 ± 2
WH1	N ° 2	79		15		6	
SL3	N ° 1	5	33 ± 40	27	21 ± 8	68	46 ± 31
SL3	N ° 2	61		15		24	
SL4	N ° 1	5	43 ± 33	36	29 ± 6	59	28 ± 27
SL4	N ° 2	65		25		10	
SL4	N ° 3	59		27		14	
SU5	N ° 1	39	39 ± 0	44	44 ± 0	17	17 ± 0
SS6	N ° 1	55	65 ± 9	35	25 ± 10	10	10 ± 2
SS6	N ° 2	67		25		8	
SS6	N ° 3	73		16		11	

Tabella 54: Percentuali attribuite alle tre fasi del colpo (Back, Forward e Follow) nel Drop di Dritto.

Nonostante le sue peculiarità che ben lo distinguono da un Clear, da uno Smash e da un Drive, il Drop di Dritto (Tabella 54) può comunque essere considerato un colpo alto e, in quanto tale, i giocatori permangono nuovamente, e per quasi tutto il tempo a loro disposizione, nella fase iniziale del colpo. In una condizione di questo tipo, il giocatore di categoria SU5 (39 ± 0 %) e l'atleta affetto da emiplegia (33 ± 40 %) hanno una fase di Back Swing la cui percentuale è molto simile. Inoltre, le percentuali associate ai partecipanti allo studio appena menzionati ben si differenziano dai valori riportati per i loro colleghi. Infatti, si tratta dei più piccoli valori percentuali medi riferiti alla fase Back Swing. Infine, le ultime due fasi presentano un comportamento abbastanza simile solo nel giocatore dotato di protesi transtibiale e, in genere, i partecipanti si avvicinano ad una fase di Forward Swing e ad una fase di Follow Through in maniera differente l'uno dall'altro. Infatti, per i giocatori di categoria WH1, SU5 E SS6 la fase di Forward Swing è decisamente predominante rispetto alla fase di Follow Through e questa condizione viene completamente ribaltata nel giocatore di categoria SL3.

4.5.7 Il Lob di Dritto.

Le Figure 78 e 79 hanno l'obiettivo di far vedere quali sono i quattro momenti principali che si susseguono durante l'esecuzione di un Lob di Dritto. Infatti, a partire da sinistra, e procedendo verso destra, si osservano: nel primo il giocatore aspetta l'arrivo del volano, nel secondo è intento a caricare il colpo, nel terzo il soggetto si appresta a colpire il volano e, infine, nell'ultimo torna ad assumere una nuova posizione di guardia. Questa spiegazione sottoforma di immagini viene fornita prima per i Wheelchair e poi per gli atleti che appartengono alla classe degli Standing o degli Short Stature.



Figura 78: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono un Lob di Dritto nei Wheelchair (WH1).



Figura 79: I 4 momenti principali (inizio, carico, impatto e fine) che compongono un Lob di Dritto negli Standing (SS6).

○ RACCHETTA

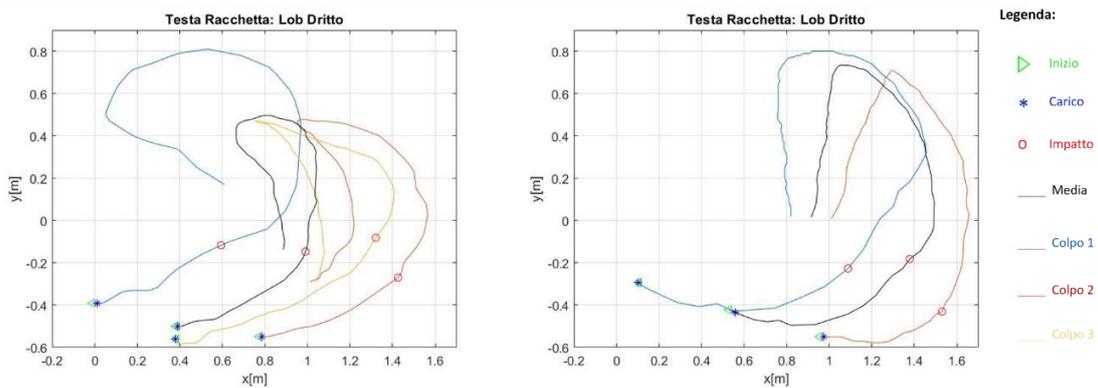


Figura 80: Traiettorie della Racchetta nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante un Lob di Dritto.

Osservando le traiettorie riportate in Figura 80, e considerando un grafico alla volta, si potrebbe giungere alla conclusione che nei Wheelchair la sequenza di movimenti necessaria per eseguire un buon Lob si ripeta con una certa regolarità in tutti i colpi qui analizzati. Infatti, le traiettorie che descrivono il comportamento adottato dalla racchetta hanno una forma simile ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto. Per questo motivo, l'andamento medio non può far altro che rispecchiare in modo adeguato ciò che si verifica nei singoli videoclip. Inoltre, visti gli andamenti riportati in Figura 80 per entrambi i Wheelchair, sembrerebbe che la tecnica di gioco adottata dal

giocatore di categoria WH1 sia speculare alla strategia utilizzata dal suo collega. Ad ogni modo, prendendo come riferimento l'inizio della traiettoria, la racchetta si sposta verso sinistra proseguendo, nel contempo, verso l'alto quasi a percorrere un arco di cerchio. Raggiunto un punto particolarmente alto della traiettoria, la racchetta indietreggia mantenendosi all'incirca alla stessa altezza, infine, si abbassa per tornare ad assumere una nuova posizione di guardia. L'inizio della traiettoria corrisponde, tra l'altro, all'istante di carico vero e proprio, questo significa che il soggetto si appresta a caricare il colpo sin da subito, mentre l'istante di impatto fa la sua comparsa lungo il tratto in salita.

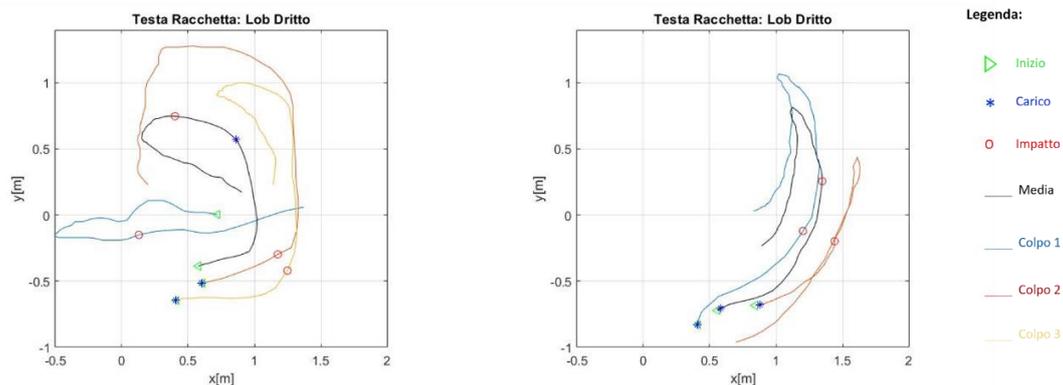


Figura 81: Traiettoria della Racchetta negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante un Lob di Dritto.

Come si può facilmente dedurre dalla Figura 81, il comportamento che caratterizza la racchetta nel soggetto emiplegico e nel soggetto dotato di protesi transtibiale è affine al comportamento conseguito dalla racchetta nei giocatori in carrozzina, fatta eccezione per la forma particolarmente affusolata che contraddistingue l'atleta di categoria SL4. Ciò nonostante, nel giocatore di categoria SL3 il primo videoclip può essere considerato sostanzialmente un outlier che, di conseguenza, è il diretto responsabile di una media fuorviante, soprattutto per quanto riguarda l'esatta collocazione dell'istante di carico e dell'istante di impatto.

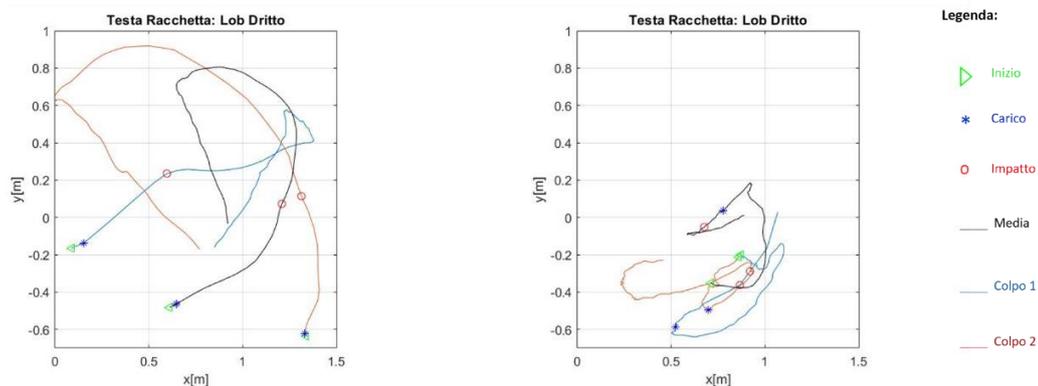


Figura 82: Traiettoria della Racchetta negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Lob di Dritto.

Sia per l'atleta di categoria SU5 che per il soggetto affetto da nanismo (Figura 82), gli andamenti conseguiti dalla racchetta nei singoli videoclip differiscono di molto l'uno dall'altro come se entrambi gli atleti adottassero di volta in volta una nuova tecnica di gioco. Ne consegue che, a

causa di queste anomalie, la media non è per nulla rappresentativa di ciò che realmente accade durante l'esecuzione di un Lob.

- ARTO SUPERIORE

Innanzitutto, esiste un trend generale in base al quale tutti i partecipanti allo studio mantengono il Gomito in una posizione che solitamente è più retratta rispetto a quella che caratterizza il Polso. Allo stesso modo, la Spalla è quasi sempre sopraelevata rispetto al livello di altezza raggiunto dalle altre articolazioni. Tuttavia, nel giocatore di categoria WH2 la traiettoria relativa al Polso e la traiettoria relativa al Gomito si intersecano l'una con l'altra. Ne consegue che in un preciso istante di tempo ambedue i punti di repere saranno allineati l'uno rispetto all'altro. D'altro canto, negli Standing appartenenti alle categorie di gioco SL4 e SU5, se il Polso è nel suo periodo di massima estensione allora è in grado di raggiungere la stessa quota a cui si trova la Spalla.

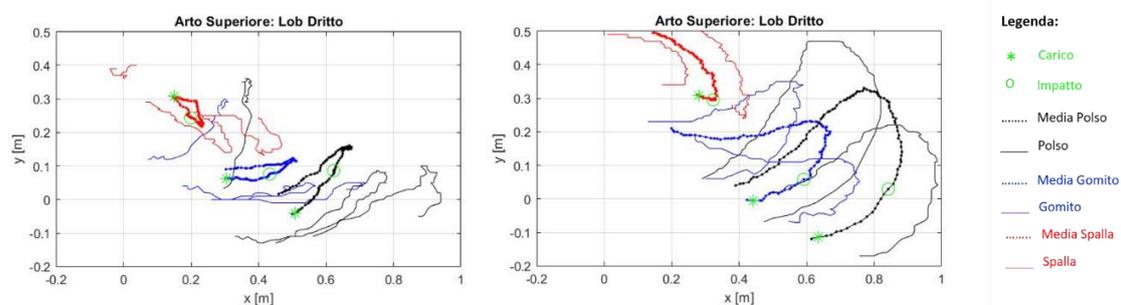


Figura 83: Traiettoria dell'Arto Superiore nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante un Lob di Dritto.

Nell'atleta di categoria WH1 (Figura 83, lato sinistro) il gomito ha un andamento pressoché costante nel periodo di tempo che intercorre tra l'istante di carico e l'istante di impatto. Successivamente, dopo che la racchetta ha ormai colpito il volano, la suddetta articolazione si alza per poi indietreggiare mantenendosi all'incirca alla stessa altezza. Il Polso, a differenza di quanto appena detto, non ha mai un andamento costante ma la sua traiettoria si compone di un primo tratto in salita e di un secondo tratto in discesa. Il movimento della Spalla, invece, è complicato da definire perché la traiettoria che vi corrisponde si chiude completamente su stessa e, di conseguenza, non è possibile individuarne l'esatto punto di inizio e di fine. Al contrario, nel giocatore di categoria WH2 (Figura 83, lato destro) sia il Gomito che il Polso vengono sollevati sin da subito ma, raggiunto un punto particolarmente alto della traiettoria, il Gomito indietreggia con fare costante mentre il Polso, nell'indietreggiare, si sposta verso il basso per tornare ad una posizione di guardia. La Spalla, invece, si muove verso sinistra percorrendo un piccolo tratto iniziale che si mantiene all'incirca alla stessa altezza. Infine, subito dopo l'impatto, la suddetta articolazione si solleva spostandosi, nel contempo, all'indietro.

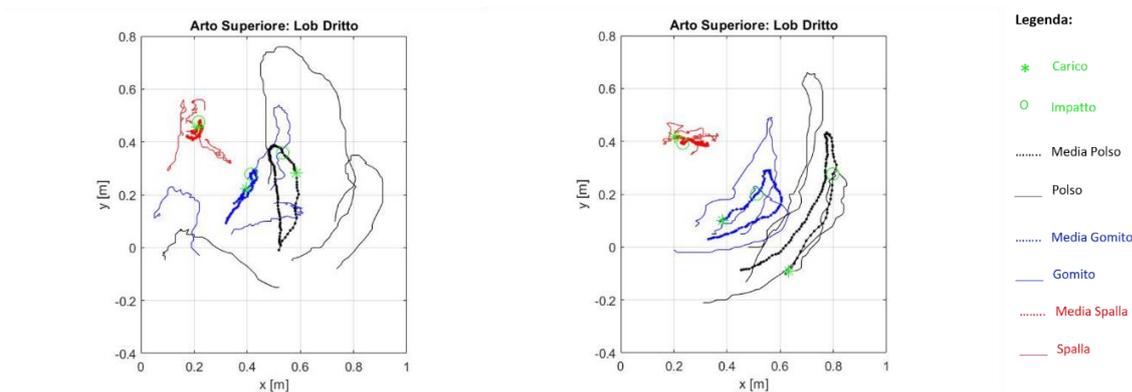


Figura 84: Traiettoria dell'Arto Superiore negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante un Lob di Dritto.

Nella Figura 84 il movimento medio della Spalla associato ai giocatori di categoria SL3 e SL4 risulta abbastanza caotico perché confinato in un intervallo piuttosto ristretto che ne rende difficile la descrizione. Infatti, in ambedue i casi, non è possibile risalire all'esatta sequenza temporale con cui l'istante di carico e l'istante di impatto si susseguono. Ciò nonostante, come detto in precedenza per l'atleta di categoria WH2, le curve che delineano il comportamento assunto dal Polso e dal Gomito in condizioni di Lob si compongono di un primo tratto in salita e di un secondo tratto in discesa. Inoltre, ambedue le traiettorie si sviluppano in modo predominante lungo l'asse delle ordinate.

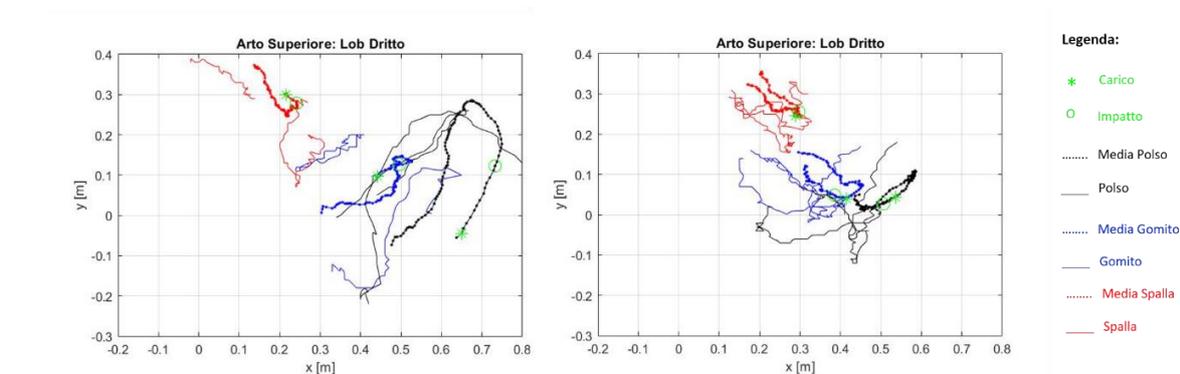


Figura 85: Traiettoria dell'Arto Superiore negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Lob di Dritto.

Persino nella Figura 85, il movimento medio della Spalla associato al giocatore di categoria SS6 risulta abbastanza confusionario per le stesse ragioni precedentemente elencate. In modo analogo, anche il movimento medio del Polso riferito al medesimo giocatore è complicato da definire perché la traiettoria che vi corrisponde si chiude completamente su stessa e, di conseguenza, non è possibile stabilire con esattezza dove inizia e dove finisce. Il Gomito, tuttavia, è costituito da una prima fase di discesa e da una seconda ed ultima fase di salita. Infine, è evidente come il comportamento che caratterizza il Gomito ed il Polso nel giocatore di categoria SU5 sia affine, in un certo qual modo, al comportamento conseguito da questi stessi punti di repere nei giocatori di categoria SL3 e SL4. Ciò che contraddistingue questi tre atleti è il movimento di Spalla. Infatti, subito dopo l'istante di carico, la Spalla si abbassa e, in seguito

all'istante di impatto, la suddetta articolazione indietreggia, con fare costante, per un brevissimo periodo di tempo al termine del quale si rialza.

- PERCENTUALI DEL COLPO

Atleta	Colpo	Back [%]	Media±Std [%]	Forward [%]	Media±Std [%]	Follow [%]	Media±Std [%]
WH1	N ° 1	3	2 ± 1	18	29 ± 17	79	69 ± 16
WH1	N ° 2	2		21		77	
WH1	N ° 3	1		48		51	
WH2	N ° 1	1	2 ± 1	10	14 ± 6	89	85 ± 6
WH2	N ° 2	2		18		80	
SL3	N ° 1	61	21 ± 35	19	11 ± 7	20	68 ± 41
SL3	N ° 2	1		6		93	
SL3	N ° 3	1		9		90	
SL4	N ° 1	1	2 ± 1	17	20 ± 4	82	79 ± 5
SL4	N ° 2	2		23		75	
SU5	N ° 1	2	2 ± 0	6	12 ± 8	92	87 ± 8
SU5	N ° 2	2		17		81	
SS6	N ° 1	84	57 ± 38	9	10 ± 1	7	33 ± 37
SS6	N ° 2	30		11		59	

Tabella 55: Percentuali attribuite alle tre fasi del colpo (Back, Forward e Follow) nel Lob di Dritto.

I valori percentuali medi (Tabella 55) in assoluto più grandi vengono indicati in corrispondenza della fase di Follow Through. Di contro, e ben differenziandosi dai precedenti colpi alti, i valori percentuali medi assunti dalla fase di Back Swing sono di per sé irrilevanti. Tanto è vero che i Wheelchair e gli Standing appartenenti alle di categoria di gioco SL4 e SU5 presentano lo stesso identico punto percentuale pari a 2. Fa eccezione, tuttavia, l'atleta affetto da acondroplasia che, mediamente parlando, sembra passare molto più tempo nella fase iniziale del ciclo piuttosto che nella fase finale (Back: 57 ± 38 %; Follow: 33 ± 37 %). Ad ogni modo, l'atleta di categoria WH1 (69 ± 16 %) ed il soggetto emiplegico (68 ± 41 %) assumono un valore medio nella fase di Follow Through che differisce di un solo punto percentuale. Nel contempo, il giocatore di categoria WH2 (85 ± 6 %) ed il partecipante allo studio di categoria SU5 (87 ± 8 %) hanno una percentuale tra loro equiparabile se consideriamo il valor medio riportato per la fase finale del ciclo.

Il Clear, lo Smash, il Drive e il Drop di Dritto sono dei colpi alti e, in quanto tali, i giocatori tendono a spostare la racchetta all'indietro per poi caricare il colpo in uno dei punti più bassi della traiettoria che, nello specifico, si colloca sull'estremità sinistra della stessa ma pur sempre in linea con l'altezza della Spalla. Di conseguenza, gli atleti spostano in avanti la racchetta affinché l'impatto tra l'area accordata ed il volano si verifichi in un punto piuttosto alto della traiettoria che si trova al di sopra della testa per il Clear, lo Smash ed il Drive o, al più, in linea con l'altezza della testa ma sul lato destro del corpo per il Drop di Dritto. Inoltre, gli andamenti riportati per quest'ultima tecnica di gioco presentano una maggior variabilità intrasoggetto rispetto alle curve graficate per

le altre tre tipologie di colpi alti dove, invece, la sequenza di gesti necessaria sembra ripetersi con una certa ricorrenza da una categoria di gioco all'altra e per ciascuno dei videoclip esaminati. Infine, dei movimenti di questo genere fanno sì che il polso sia quasi sempre più sollevato rispetto al gomito. D'altra parte, il Servizio di Dritto ed il Servizio di Rovescio presentano una forte variabilità inter-categoria, soprattutto tra Wheelchair e Standing, ma allo stesso tempo sono dei colpi di inizio scambio e, in quanto tali, possiamo affermare che i giocatori caricano il colpo in un punto la cui altezza è all'incirca in linea con l'anca anche se, talvolta, l'istante di carico compare ben al di sotto del bacino. Ne consegue che la racchetta va ad impattare contro lo "shuttlecock" in un punto posizionato al di sotto della cavità ascellare, per i Wheelchair, o al di sotto della vita, per gli Standing, come imposto, oltretutto, da regolamento. In ultima analisi, il Lob di Dritto è un colpo basso a cui l'atleta ricorre quando il volano, rinvio dall'avversario, si avvicina pericolosamente alla superficie del campo. Per questa ragione, è molto simile in termini di carico e di impatto ai colpi di Servizio con l'unica differenza che non deve sottostare ad alcuna regola e, di fatto, la racchetta può colpire lo "shuttlecock" anche in un punto più alto rispetto all'anca. In genere, simili movenze fanno sì che il gomito sia quasi sempre più sollevato rispetto al polso. Per concludere, in tutte le tecniche di gioco qui analizzate gli atleti trascorrono molto più tempo nella fase di Back Swing ad eccezione del Lob di Dritto dove la fase di Follow Through predomina su tutte le altre.

4.6 ALTEZZA E AMPIEZZE DELLA TRAIETTORIA DELLA RACCHETTA

Di seguito vengono riportate l'altezza e l'ampiezza della traiettoria della racchetta per i vari colpi di tutti i soggetti. Si ricorda che queste misure sono normalizzate rispetto all'altezza dell'atleta stesso con lo scopo di poter confrontare i soggetti tra loro.

4.6.1 Il Clear.

Atleta	Altezza 1	Altezza 2	Altezza 3	Altezza 4	Altezza 5	Media±Dev.Std.
WH1	0.82	0.86	0.87	-	-	0.85 ± 0.00
WH2	0.81	0.84	1.00	0.88	0.88	0.88 ± 0.01
SL3	0.79	0.76	0.60	0.67	0.49	0.66 ± 0.01
SL4	0.63	0.70	0.60	0.58	0.60	0.62 ± 0.00
SU5	0.85	0.86	0.73	0.45	1.01	0.78 ± 0.02
SS6	0.54	0.53	0.70	0.44	0.73	0.59 ± 0.01
Atleta	Ampiezza 1	Ampiezza 2	Ampiezza 3	Ampiezza 4	Ampiezza 5	Media±Dev.Std.
WH1	1.32	1.18	1.40	-	-	1.30 ± 0.01
WH2	1.12	1.08	1.16	1.20	1.23	1.16 ± 0.01
SL3	0.37	0.42	0.51	0.46	0.61	0.47 ± 0.01
SL4	0.75	1.01	0.86	0.82	0.92	0.87 ± 0.01
SU5	0.93	0.94	0.97	0.79	1.01	0.93 ± 0.01
SS6	1.02	0.85	0.88	0.98	0.93	0.93 ± 0.01

Tabella 56: Altezze e Ampiezze raggiunte dalla traiettoria della racchetta nei singoli colpi di Clear.

Nei Wheelchair, le altezze ottenute dalle traiettorie della racchetta (Tabella 56) sono abbastanza omogenee tra loro. Tuttavia, l'atleta di categoria WH2 mostra un'anomalia in prossimità del terzo videoclip: questa altezza (1.00), infatti, è nettamente più grande rispetto a quanto indicato nelle altre quattro caselle. D'altro canto, per quanto riguarda gli Standing, le altezze mostrano una maggior variabilità tra un videoclip e l'altro. In generale, l'altezza massima ottenuta dalla traiettoria della racchetta viene conseguita dal giocatore di categoria SU5 (1.01). Di contro, il giocatore di categoria SS6, soffrendo di acondroplasia, presenta un valore numerico che corrisponde al più piccolo valore di altezza qui tabellato (0.44). Ragionando in modo analogo, possiamo affermare che le ampiezze variano notevolmente da un videoclip all'altro e, tale considerazione, si può ritenere valida per tutti i partecipanti allo studio. Di fatto, l'ampiezza massima che descrive la traiettoria della racchetta viene conseguita dall'atleta di categoria WH1 (1.40), mentre l'ampiezza minima va a caratterizzare l'atleta di categoria SL3 (0.37). Un valore di questo tipo potrebbe essere giustificato dal fatto che l'atleta di categoria SL3 è particolarmente alto e, in proporzione, potrebbe avere un braccio abbastanza lungo da non dover estendere eccessivamente l'arto superiore per riuscire a colpire il volano.

Di seguito, vengono comparati, per ciascun giocatore, i valori calcolati come media dei singoli colpi con i valori di altezza e di ampiezza associati alla traiettoria media precedentemente stimata. Inoltre, si valuta l'errore tra le due medie per avere un'indicazione di quanto il colpo medio rappresenti in modo sufficientemente efficace ciò che si verifica realmente in ogni videoclip.

Atleta	Altezza del Colpo Medio	Altezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Altezza	Ampiezza del Colpo Medio	Ampiezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Ampiezza
WH1	0.76	0.85	0.09	1.24	1.3	0.06
WH2	0.60	0.88	0.28	1.12	1.16	0.04
SL3	0.62	0.66	0.04	0.41	0.47	0.06
SL4	0.58	0.62	0.04	0.86	0.87	0.01
SU5	0.67	0.78	0.11	0.86	0.93	0.07
SS6	0.44	0.59	0.15	0.88	0.93	0.05

Tabella 57: Altezze e Ampiezze Medie nel Clear.

Coerentemente con quanto detto in precedenza, l'atleta di categoria SS6 presenta un valore numerico che corrisponde al più piccolo valore di altezza qui tabellato (Tabella 57), sia nel momento in cui si decide di esaminare il colpo medio (0.44) sia nel caso in cui si sceglie di valutare la media dei singoli colpi (0.59). Invece, a differenza di quanto rivelato dalla Tabella 56, se si considera il colpo medio, l'altezza massima ottenuta dalla traiettoria della racchetta viene conseguita dal giocatore di categoria WH1(0.76). D'altra parte, quest'ultimo non mantiene il suddetto primato se si parla di altezza media dei singoli colpi. Si tratta, infatti, di una condizione in cui l'atleta di categoria WH2 è caratterizzato dal valore di altezza in assoluto più grande (0.88). In generale, sussiste sempre una certa discrepanza tra l'altezza del colpo medio e l'altezza media dei singoli colpi. A tal proposito, il divario tra questi due parametri non è trascurabile per il giocatore di categoria WH2 (0.28) ma è pressoché irrilevante per i giocatori di categoria SL3 e SL4 (0.04). Infine, a conferma di quanto scoperto in precedenza, l'ampiezza massima che descrive la traiettoria della racchetta viene conseguita dall'atleta di categoria WH1 (1.24 colpo medio; 1.3 media dei singoli colpi), mentre l'ampiezza minima va a caratterizzare l'atleta di categoria SL3 (0.41 colpo medio; 0.47 media dei singoli colpi). Queste ultime due considerazioni valgono sia in termini di colpo medio che in termini di media dei singoli colpi. Anche in questo caso, sussiste sempre una certa discrepanza tra l'ampiezza del colpo medio e l'ampiezza media dei singoli colpi. A tal proposito, il divario tra questi due parametri è massimo per il giocatore di categoria SU5 (0.07) e minimo per il giocatore di categoria SL4 (0.01) ma, comunque, poco sostanzioso. Per questa ragione, il gap tra colpo medio e media dei singoli colpi è decisamente più importante se si parla di altezza piuttosto che di ampiezza.

4.6.2 Il Drive.

Atleta	Altezza 1	Altezza 2	Altezza 3	Media±Dev.Std.
WH1	0.23	-	-	0.23 ± 0.00
WH2	0.33	-	-	0.33 ± 0.00
SL3	0.19	0.32	0.32	0.26 ± 0.08
SL4	0.29	0.22	-	0.16 ± 0.05
SS6	0.18	0.15	0.13	0.15 ± 0.03
Atleta	Ampiezza 1	Ampiezza 2	Ampiezza 3	Media±Dev.Std.
WH1	0.82	-	-	0.82 ± 0.00
WH2	0.85	-	-	0.85 ± 0.00
SL3	0.38	0.47	0.51	0.45 ± 0.07
SL4	0.81	0.65	-	0.73 ± 0.11
SS6	0.51	0.45	0.26	0.41 ± 0.13

Tabella 58: Altezze e Ampiezze raggiunte dalla traiettoria della racchetta nei singoli colpi di Drive.

Dato che, per i giocatori in carrozzina, è stato analizzato un solo videoclip, non è possibile controllare se l'altezza ottenuta dalla traiettoria della racchetta assuma valori più o meno simili tra un colpo e l'altro di Drive. Ad ogni modo, negli Standing, queste altezze (Tabella 58) sono abbastanza omogenee tra loro. Tuttavia, l'atleta di categoria SL3 mostra un'anomalia in prossimità del primo videoclip: questa altezza (0.19), infatti, è nettamente più piccola rispetto a quanto indicato nelle altre due caselle. In generale, l'altezza massima ottenuta dalla traiettoria della racchetta viene conseguita dal giocatore di categoria WH2 (0.33). Di contro, il giocatore di categoria SS6, soffrendo di acondroplasia, presenta un valore numerico che corrisponde al più piccolo valore di altezza qui tabellato (0.13). Ragionando in modo analogo, possiamo affermare che le ampiezze variano notevolmente da un videoclip all'altro e, tale considerazione, si può ritenere nuovamente valida per tutti i partecipanti che non usufruiscono di una sedia a rotelle. Ciò nonostante, il giocatore di categoria SL3 mantiene un comportamento abbastanza coerente se osserviamo i valori di ampiezza che sono stati attribuiti alla traiettoria della racchetta in prossimità del secondo (0.47) ed ultimo videoclip (0.51). Tuttavia, come accadeva per le altezze, il giocatore di categoria SL3 presenta un outlier poiché l'ampiezza acquisita nel primissimo videoclip (0.38) è minore rispetto a quanto misurato per le altre porzioni di filmato da noi estrapolate. Di fatto, l'ampiezza massima che descrive la traiettoria della racchetta viene conseguita dall'atleta di categoria WH2 (0.85), mentre l'ampiezza minima va a caratterizzare l'atleta di categoria SS6 (0.26).

Atleta	Altezza del Colpo Medio	Altezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Altezza	Ampiezza del Colpo Medio	Ampiezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Ampiezza
WH1	0.23	0.23	0.00	0.82	0.82	0.00
WH2	0.33	0.33	0.00	0.85	0.85	0.00
SL3	0.26	0.28	0.02	0.45	0.45	0.00
SL4	0.16	0.25	0.09	0.63	0.73	0.10
SS6	0.15	0.15	0.00	0.39	0.41	0.02

Tabella 59: Altezze e Ampiezze Medie nel Drive.

Dato che per i Wheelchair è stato analizzato un solo videoclip, la quantità di materiale a nostra disposizione non è sufficiente se si desidera mediare più colpi di Drive tra loro. Di conseguenza, le altezze e le ampiezze calcolate per il colpo medio e come media dei singoli colpi coincidono tra loro e con le misure acquisite per il singolo videoclip, tanto è vero che gli errori commessi in altezza e in ampiezza sono nulli. Inoltre, tutte le conclusioni a cui si è giunti osservando i valori numerici riportati in Tabella 58 vengono confermati da quanto indicato in Tabella 59. Infatti, l'atleta di categoria SS6 presenta le altezze e le ampiezze in assoluto più piccole, sia nel momento in cui si decide di esaminare il colpo medio (0.15 altezza; 0.39 ampiezza) sia nel caso in cui si sceglie di valutare la media dei singoli colpi (0.15 altezza; 0.41 ampiezza). Tanto è vero che, in ambedue le condizioni, l'altezza assume il medesimo valore commettendo di fatto un errore di valutazione pari allo zero. Allo stesso modo, se si considera il colpo medio e la media dei singoli colpi, l'altezza (0.33) e l'ampiezza massima (0.85) ben descrivono la traiettoria della racchetta il cui andamento caratterizza la tecnica di gioco adottata dall'atleta di categoria WH2. In genere, non esiste un grande divario tra il valore numerico che rappresenta il colpo medio e il valore medio dei singoli colpi, sia quando ci si riferisce alle altezze sia per quanto riguarda le ampiezze. A questo proposito, l'errore più grande in cui ci imbattiamo, sia in termini di altezza (0.09) che in termini di ampiezza (0.10), è imputabile all'atleta di categoria SL4 e, escludendo gli atleti in sedia a rotelle, l'errore minimo commesso in altezza è attribuibile al giocatore di categoria SS6 (0.00). Infine, l'errore in ampiezza è il più piccolo in assoluto se si considera il giocatore di categoria SL3 (0.00).

4.6.3 Lo Smash.

Atleta	Altezza 1	Altezza 2	Altezza 3	Media±Dev.Std.
WH1	0.50	0.50	0.84	0.61 ± 0.20
WH2	0.84	0.88	0.62	0.78 ± 0.14
SL3	0.38	0.47	0.60	0.48 ± 0.11
SL4	0.59	0.42	0.31	0.44 ± 0.14
SU5	0.67	0.92	0.79	0.79 ± 0.13
SS6	0.58	0.79	0.53	0.63 ± 0.14
Atleta	Ampiezza 1	Ampiezza 2	Ampiezza 3	Media±Dev.Std.
WH1	1.03	1.22	1.47	1.24 ± 0.22
WH2	1.17	1.14	1.32	1.21 ± 0.10
SL3	0.53	0.41	0.54	0.49 ± 0.07
SL4	0.78	1.38	0.59	0.92 ± 0.41
SU5	0.66	0.74	0.66	0.68 ± 0.05
SS6	1.10	1.25	0.96	1.10 ± 0.15

Tabella 60: Altezze e Ampiezze raggiunte dalla traiettoria della racchetta nei singoli colpi di Smash.

Per i Wheelchair e per il giocatore affetto da nanismo, le altezze ottenute dalle traiettorie della racchetta (Tabella 60) sono abbastanza omogenee tra loro. Tuttavia, gli atleti che competono in carrozzina mostrano un comportamento anomalo in prossimità del terzo videoclip: l'altezza qui riportata (0.84 WH1; 0.62 WH2) si discosta in modo considerevole da quanto indicato nelle altre due caselle. Allo stesso modo, l'atleta di categoria SS6 presenta un outlier in corrispondenza del secondo videoclip: questa altezza (0.79) è decisamente più grande rispetto alla quota che viene solitamente raggiunta dal suddetto giocatore. Ragionando in modo analogo, gli atleti assegnati alle categorie di gioco WH2, SL3 e SU5 presentano delle ampiezze simili tra loro, fatta eccezione, anche in questo caso, per alcune anomalie. Infatti, i giocatori appartenenti alle categorie di gioco SL3 e SU5 presentano, in prossimità del secondo videoclip, un valore numerico ben diverso dagli altri qui tabellati (0.41 SL3; 0.74 SU5) e, allo stesso modo, l'atleta di categoria WH2 mostra un outlier in corrispondenza del terzo videoclip (1.32). Al contrario, le altezze e le ampiezze hanno una notevole variabilità se consideriamo, nel primo caso, le categorie SL3, SL4, SU5 e, nel secondo caso, le categorie WH1, SL4 e SS6. In generale, il giocatore di categoria SU5, innalzando di molto i piedi dal terreno a causa dei suoi continui salti, presenta un valore numerico che corrisponde al più alto valore in altezza qui tabellato (0.92). Di contro, l'altezza raggiunta dal giocatore di categoria SL4 è la più piccola in assoluto (0.31). D'altra parte, l'ampiezza massima che descrive la traiettoria della racchetta viene conseguita dall'atleta di categoria SL4 (1.38), mentre l'ampiezza minima va a caratterizzare l'atleta di categoria SL3 (0.41). Un valore di questo tipo potrebbe essere giustificato dal fatto che l'atleta di categoria SL3 è particolarmente alto e, in proporzione, potrebbe avere un braccio abbastanza lungo da non dover estendere eccessivamente l'arto superiore per riuscire a colpire il volano.

Atleta	Altezza del Colpo Medio	Altezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Altezza	Ampiezza del Colpo Medio	Altezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Ampiezza
WH1	0.17	0.61	0.44	1.24	1.24	0.00
WH2	0.32	0.78	0.46	1.19	1.21	0.02
SL3	0.34	0.48	0.14	0.35	0.49	0.14
SL4	0.36	0.44	0.08	0.84	0.92	0.08
SU5	0.18	0.79	0.61	0.64	0.68	0.04
SS6	0.23	0.63	0.40	1.07	1.10	0.03

Tabella 61: Altezze e Ampiezze medie nello Smash.

A differenza di quanto rivelato dalla Tabella 60, l'atleta di categoria WH1 presenta un valore numerico che corrisponde al più piccolo valore di altezza qui tabellato (Tabella 61), sia nel momento in cui si decide di esaminare il colpo medio (0.17) sia nel caso in cui si sceglie di valutare la media dei singoli colpi (0.61). Coerentemente con quanto detto in precedenza, se si considera la media dei singoli colpi, l'altezza massima ottenuta dalla traiettoria della racchetta viene conseguita dal giocatore di categoria SU5 (0.79). D'altra parte, quest'ultimo non mantiene il suddetto primato se si parla di altezza del colpo medio. Si tratta, infatti, di una condizione in cui l'atleta di categoria SL4 è caratterizzato dal valore di altezza in assoluto più grande (0.36). Come si può evincere dalla Tabella 61, sussiste sempre una notevole discrepanza tra l'altezza del colpo medio e l'altezza media dei singoli colpi. A tal proposito, il divario tra questi due parametri non è per nulla trascurabile per il giocatore di categoria WH2 (0.46) e, in genere, per tutti gli altri partecipanti allo studio, ma è decisamente meno marcato per il giocatore di categoria SL4 (0.08). Infine, a conferma di quanto scoperto in precedenza, l'ampiezza minima che descrive la traiettoria della racchetta viene conseguita dall'atleta di categoria SL3 (0.35 colpo medio; 0.49 media dei singoli colpi). D'altro canto, e contrariamente a quanto scoperto in precedenza, l'ampiezza massima va a caratterizzare l'atleta di categoria WH1 (1.24 colpo medio; 1.24 media dei singoli colpi). Queste ultime due considerazioni valgono sia in termini di colpo medio che in termini di media dei singoli colpi. Anche in questo caso, sussiste sempre una certa discrepanza tra l'ampiezza del colpo medio e l'ampiezza media dei singoli colpi. A tal proposito, il divario tra questi due parametri è massimo per il giocatore di categoria SL3 (0.14) e minimo per il giocatore di categoria WH1 (0.00) ma, comunque, poco sostanzioso. Per questa ragione, il gap tra colpo medio e media dei singoli colpi è decisamente più importante se si parla di altezza piuttosto che di ampiezza.

4.6.4 Il Servizio di Dritto.

Atleta	Altezza 1	Altezza 2	Altezza 3	Altezza 4	Altezza 5	Media \pm Dev.Std.
WH1	0.90	0.88	0.87	-	-	0.88 \pm 0.01
SL4	0.74	0.69	0.73	0.72	0.74	0.72 \pm 0.02
SU5	0.69	0.75	0.82	0.74	0.79	0.76 \pm 0.05
SS6	0.54	0.51	0.58	0.53	0.58	0.55 \pm 0.03
Atleta	Ampiezza 1	Ampiezza 2	Ampiezza 3	Ampiezza 4	Ampiezza 5	Media \pm Dev.Std.
WH1	1.04	1.12	0.90	-	-	1.02 \pm 0.11
SL4	0.71	1.33	0.92	1.29	0.74	1.00 \pm 0.30
SU5	0.38	0.68	0.72	0.57	0.67	0.60 \pm 0.13
SS6	0.99	0.94	1.00	0.96	1.02	0.98 \pm 0.03

Tabella 62: Altezze e Ampiezze raggiunte dalla traiettoria della racchetta nel Servizio di Dritto.

A fronte dei dati riportati in Tabella 62, per i giocatori che iniziano lo scambio ricorrendo ad un Servizio di Dritto, le altezze ottenute dalle traiettorie della racchetta sono abbastanza omogenee tra loro. I valori numerici attribuiti alle altezze non differiscono molto gli uni dagli altri perché il Servizio è un colpo gestito in modo estremamente controllato dall'atleta che, nel contempo, deve necessariamente attenersi a quanto indicato nel regolamento. Infatti, gli atleti devono servire dal basso cosicché l'impatto tra l'area accordata della racchetta e la base del volano avvenga al di sotto della vita, nel caso degli Standing, o dell'ascella, nel caso dei Wheelchair. Al contrario, le ampiezze sono caratterizzate da una maggiore variabilità intrasoggetto poiché nessuna regola impone dei limiti sull'andamento del colpo lungo l'asse delle ascisse. In generale, il giocatore di categoria WH1, avendo la possibilità di colpire il volano appena sotto la cavità ascellare, presenta un valore numerico che corrisponde al più alto valore in altezza qui tabellato (0.90). Di contro, l'altezza raggiunta dal giocatore di categoria SS6 è la più piccola in assoluto (0.51). Un risultato di questo tipo potrebbe essere giustificato dal fatto che l'atleta di categoria SS6 è affetto da acondroplasia e, in quanto tale, può raggiungere delle altezze decisamente inferiori rispetto a quanto fatto dai suoi colleghi. D'altra parte, l'ampiezza massima che descrive la traiettoria della racchetta viene conseguita dall'atleta di categoria SL4 (1.29), mentre l'ampiezza minima va a caratterizzare l'atleta di categoria SU5 (0.38).

Atleta	Altezza del Colpo Medio	Altezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Altezza	Ampiezza del Colpo Medio	Ampiezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Ampiezza
WH1	0.88	0.88	0.00	1.02	1.02	0.00
SL4	0.63	0.72	0.09	0.93	1.00	0.07
SU5	0.73	0.76	0.02	0.52	0.60	0.08
SS6	0.48	0.55	0.07	0.96	0.98	0.02

Tabella 63: Altezze e Ampiezze medie nel Servizio di Dritto.

Coerentemente con quanto detto in precedenza, l'atleta di categoria SS6 presenta l'altezza in assoluto più piccola (Tabella 63), sia nel momento in cui si decide di esaminare il colpo medio

(0.48) sia nel caso in cui si sceglie di valutare la media dei singoli colpi (0.55). Allo stesso modo, considerando entrambe le condizioni medie qui analizzate, l'altezza massima (0.88 colpo medio; 0.88 media dei singoli colpi) ben descrive la traiettoria della racchetta associata all'atleta di categoria WH1. In genere, non esiste un grande divario tra il valore numerico attribuito al colpo medio e il valore medio dei singoli colpi, sia quando ci si riferisce alle altezze sia per quanto riguarda le ampiezze. Tanto è vero che il gap tra le due medie è nullo per il giocatore di categoria WH1 e massimo, ma comunque irrilevante, per il giocatore di categoria SL4 (0.09). Infine, a conferma di quanto scoperto in precedenza, l'ampiezza minima che descrive la traiettoria della racchetta viene conseguita dall'atleta di categoria SU5 (0.52 colpo medio; 0.60 media dei singoli colpi). D'altro canto, e contrariamente a quanto rivelato in precedenza, l'ampiezza massima va a caratterizzare l'atleta di categoria WH1 (1.02 colpo medio; 1.02 media dei singoli colpi). Queste ultime due considerazioni valgono sia in termini di colpo medio che in termini di media dei singoli colpi. Anche in questo caso, sussiste sempre una certa discrepanza tra l'ampiezza del colpo medio e l'ampiezza media dei singoli colpi. A tal proposito, il divario tra questi due parametri è massimo per il giocatore di categoria SU5 (0.14) e minimo per il giocatore di categoria WH1 (0.00) ma comunque trascurabile in ambedue i casi.

4.6.5 Il Servizio di Rovescio.

Atleta	Altezza 1	Altezza 2	Altezza 3	Altezza 4	Altezza 5	Media \pm Dev.Std.
WH1	0.48	0.29	0.43	0.29	0.27	0.35 \pm 0.10
WH2	0.23	0.21	0.15	0.18	0.20	0.19 \pm 0.03
SL3	0.57	0.62	0.63	0.58	0.60	0.60 \pm 0.03
Atleta	Ampiezza 1	Ampiezza 2	Ampiezza 3	Ampiezza 4	Ampiezza 5	Media \pm Dev.Std.
WH1	0.76	0.60	0.64	0.59	0.66	0.65 \pm 0.07
WH2	0.81	0.81	0.69	0.82	0.74	0.77 \pm 0.06
SL3	0.31	0.43	0.43	0.26	0.43	0.37 \pm 0.08

Tabella 64: Altezze e Ampiezze raggiunte dalla traiettoria della racchetta nel Servizio di Rovescio.

L'atleta di categoria WH1 (Tabella 64) non solo è caratterizzato dal valore di altezza in assoluto più piccolo (0.15) ma, allo stesso tempo, si contraddistingue dagli altri giocatori per il valore di ampiezza in assoluto più grande (0.82). D'altra parte, il massimo valore di altezza (0.63) ed il minimo valore in ampiezza (0.26) vengono conseguiti dal giocatore di categoria SL3. Ad ogni modo, se consideriamo un giocatore alla volta, l'altezza e l'ampiezza che definiscono l'andamento della racchetta hanno comunque un comportamento abbastanza uniforme in tutti e cinque i videoclip esaminati. In particolar modo, l'altezza ottiene sempre dei valori più piccoli rispetto all'ampiezza a causa dei limiti imposti dal regolamento sullo sviluppo verticale del Servizio.

Atleta	Altezza del Colpo Medio	Altezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Altezza	Ampiezza del Colpo Medio	Ampiezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Ampiezza
WH1	0.34	0.35	0.01	0.64	0.65	0.02
WH2	0.19	0.19	0.00	0.76	0.77	0.01
SL3	0.59	0.60	0.01	0.36	0.37	0.01

Tabella 65: Altezze e Ampiezze medie nel Servizio di Rovescio.

Innanzitutto, quanto rivelato dai valori numerici riportati per ogni singolo videoclip viene confermato da ambedue le condizioni medie qui analizzate (Tabella 65). Di conseguenza, come ci si poteva aspettare, il divario tra colpo medio e media dei singoli colpi è di fatto trascurabile sia in termini di altezza sia quando consideriamo l'errore commesso in ampiezza. Infatti, il gap tra l'altezza media e l'altezza del colpo medio è addirittura nulla per il giocatore di categoria WH2 e, al più, è pari a 0.01 per l'altro giocatore in carrozzina. In modo analogo, la discrepanza tra le due diverse condizioni medie, a loro volta calcolate in ampiezza, varia da un minimo di 0.01 per gli atleti di categoria WH2 e SL3 fino ad un massimo di 0.02 per l'atleta di categoria WH1. Ne consegue che il massimo errore in altezza caratterizza il giocatore che, nel frattempo, ha ottenuto anche il minimo errore in ampiezza.

4.6.6 Il Drop di Dritto.

Atleta	Altezza 1	Altezza 2	Altezza 3	Media \pm Dev.Std.
WH1	0.50	0.20	-	0.35 \pm 0.21
SL3	0.45	0.84	-	0.64 \pm 0.27
SL4	0.56	0.15	0.46	0.39 \pm 0.21
SU5	0.39	-	-	0.39 \pm 0.00
SS6	0.44	0.27	0.22	0.31 \pm 0.11
Atleta	Ampiezza 1	Ampiezza 2	Ampiezza 3	Media \pm Dev.Std.
WH1	1.22	0.55	-	0.89 \pm 0.48
SL3	0.78	1.03	-	0.90 \pm 0.18
SL4	0.79	0.61	0.88	0.76 \pm 0.14
SU5	1.02	-	-	1.02 \pm 0.00
SS6	0.52	0.40	0.64	0.52 \pm 0.12

Tabella 66: Altezze e Ampiezze raggiunte dalla traiettoria della racchetta nel Drop di Dritto.

Entrambi i parametri di altezza e ampiezza variano in modo piuttosto considerevole da un videoclip all'altro e, tale considerazione, si può ritenere valida per tutti i partecipanti allo studio (Tabella 66). In generale, l'altezza massima ottenuta dalla traiettoria della racchetta viene conseguita dal giocatore di categoria SL3 (0.84). Di contro, il giocatore di categoria SL4 presenta un valore numerico che corrisponde al più piccolo valore di altezza qui tabellato (0.15). Ragionando in modo analogo, l'ampiezza massima che descrive la traiettoria della racchetta

viene conseguita dall'atleta di categoria WH1 (1.22), mentre l'ampiezza minima va a caratterizzare l'atleta di categoria SS6 (0.40).

Atleta	Altezza del Colpo Medio	Altezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Altezza	Ampiezza del Colpo Medio	Ampiezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Ampiezza
WH1	0.27	0.35	0.08	0.89	0.89	0.00
SL3	0.37	0.64	0.27	0.47	0.90	0.43
SL4	0.29	0.39	0.10	0.39	0.76	0.37
SU5	0.39	0.39	0.00	1.02	1.02	0.00
SS6	0.22	0.31	0.09	0.50	0.52	0.02

Tabella 67: Altezze e Ampiezze medie nel Drop di Dritto.

Tuttavia, a differenza di quanto appena detto, l'atleta di categoria SS6 presenta un valore numerico che corrisponde al più piccolo valore di altezza qui tabellato (Tabella 67), sia nel momento in cui si decide di esaminare il colpo medio (0.22) sia nel caso in cui si sceglie di valutare la media dei singoli colpi (0.31). Di contro, a conferma di quanto scoperto in precedenza, se si parla di altezza media dei singoli colpi, allora il valore massimo ottenuto dalla traiettoria della racchetta viene conseguito dal giocatore di categoria SL3 (0.64). D'altra parte, quest'ultimo non mantiene il suddetto primato se si considera il colpo medio. Si tratta, infatti, di una condizione in cui l'atleta di categoria SU5 è caratterizzato dal valore di altezza in assoluto più grande (0.39). In generale, sussiste sempre una certa discrepanza tra l'altezza del colpo medio e l'altezza media dei singoli colpi. A tal proposito, il divario tra questi due parametri non è trascurabile per il giocatore di categoria SL3 (0.27) ma è addirittura nullo per il giocatore di categoria SU5. Infine, a conferma di quanto dimostrato sulla base dei dati inseriti in Tabella 66, l'ampiezza media dei singoli colpi è minima per l'atleta di categoria SS6 (0.52) ma una simile constatazione viene completamente smentita dai dati riferiti al colpo medio. Tanto è vero che, passando al vaglio le diverse ampiezze calcolate in una condizione di colpo medio, possiamo affermare che il soggetto dotato di protesi transtibiale si distingue dagli altri suoi colleghi per il più piccolo valore di ampiezza qui indicato (0.39). Invece, i valori numerici calcolati come media dei singoli videoclip ed i valori attribuiti al colpo medio sono concordi tra loro nello stabilire che l'atleta di categoria SU5 corrisponde al giocatore caratterizzato dal più grande valore di ampiezza qui tabellato, assumendo per giunta lo stesso valore (1.02). Anche in questo caso, sussiste sempre una certa discrepanza tra l'ampiezza del colpo medio e l'ampiezza media dei singoli colpi. A tal proposito, il divario tra questi due parametri è massimo per il giocatore di categoria SL3 (0.43) e minimo, nonché pari allo zero, per il giocatore di categoria SU5.

4.6.7 Il Lob di Dritto.

Atleta	Altezza 1	Altezza 2	Altezza 3	Media \pm Dev.Std.
WH1	0.96	0.82	0.85	0.88 \pm 0.07
WH2	0.88	0.92	-	0.90 \pm 0.03
SL3	0.16	0.99	0.90	0.69 \pm 0.45
SL4	1.12	0.82	-	0.97 \pm 0.21
SU5	0.46	0.97	-	0.72 \pm 0.36
SS6	0.54	0.23	-	0.38 \pm 0.22
Atleta	Altezza 1	Altezza 2	Altezza 3	Media \pm Dev.Std.
WH1	0.78	0.63	0.83	0.75 \pm 0.10
WH2	0.97	0.50	-	0.73 \pm 0.33
SL3	1.04	0.66	0.50	0.73 \pm 0.28
SL4	0.54	0.55	-	0.54 \pm 0.01
SU5	0.81	0.89	-	0.85 \pm 0.06
SS6	0.48	0.57	-	0.52 \pm 0.06

Tabella 68: Altezze e Ampiezze raggiunte dalla traiettoria della racchetta nel Lob di Dritto.

Partendo dai dati riportati per ogni singolo videoclip e per ciascun partecipante allo studio (Tabella 68), si nota innanzitutto che l'altezza massima ottenuta dalla traiettoria della racchetta viene conseguita dal giocatore di categoria SL4 (1.12). Di contro, il giocatore di categoria SS6 presenta un valore numerico che corrisponde al più piccolo valore di altezza qui tabellato (0.23). Ragionando in modo analogo, l'ampiezza massima che descrive la traiettoria della racchetta viene conseguita dall'atleta di categoria SL3 (1.04), mentre l'ampiezza minima va a caratterizzare di nuovo l'atleta di categoria SS6 (0.48).

Atleta	Altezza del Colpo Medio	Altezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Altezza	Ampiezza del Colpo Medio	Ampiezza Media dei Singoli Colpi	Errore in Ampiezza
WH1	0.80	0.88	0.08	0.53	0.75	0.22
WH2	0.88	0.90	0.02	0.69	0.73	0.05
SL3	0.62	0.69	0.06	0.48	0.73	0.26
SL4	0.90	0.97	0.07	0.47	0.54	0.08
SU5	0.80	0.72	0.09	0.42	0.85	0.42
SS6	0.45	0.38	0.07	0.34	0.52	0.19

Tabella 69: Altezze e Ampiezze medie nel Lob di Dritto.

I valori riportati in Tabella 69 e attribuiti ad ambedue le condizioni medie confermano in toto quanto scoperto in precedenza considerando le sole altezze ottenute nei singoli videoclip. Tuttavia, sussiste sempre una certa discrepanza tra l'altezza del colpo medio e l'altezza media dei singoli colpi. A tal proposito, il divario tra questi due parametri è massimo per il giocatore di categoria SU5 (0.09) e minimo per il giocatore di categoria WH2 (0.02) ma, comunque, poco sostanzioso. Di contro, i valori acquisiti per entrambe le condizioni medie convalidano solo in

parte le conclusioni a cui si è giunti soffermandosi sulle sole ampiezze ricavate nei singoli videoclip. Infatti, a differenza di prima, se si parla di ampiezza media dei singoli colpi, allora il valore massimo ottenuto dalla traiettoria della racchetta viene conseguito dal giocatore di categoria SU5 (0.85). D'altra parte, quest'ultimo non mantiene il suddetto primato se si considera il colpo medio. Si tratta, infatti, di una condizione in cui l'atleta di categoria WH2 è caratterizzato dal valore di ampiezza in assoluto più grande (0.69). Anche in questo caso, sussiste sempre una certa discrepanza tra l'ampiezza del colpo medio e l'ampiezza media dei singoli colpi. A tal proposito, il divario tra questi due parametri è massimo e per nulla irrilevante nel giocatore di categoria SU5 (0.42) e minimo, ma ad ogni modo marginale, per il giocatore di categoria WH2 (0.05).

4.7 CLASSIFICAZIONE DEI COLPI: ISTANTE DI CARICO ED ISTANTE DI IMPATTO RISPETTO AI RIFERIMENTI ANATOMICI

Nell'analizzare le seguenti tabelle è necessario ricorrere a due semplici chiavi di lettura. Infatti, come era prevedibile, l'anca è il punto di repere che dista maggiormente dalla posizione in cui la racchetta sopraggiunge sia nell'istante di carico che nell'istante di impatto. Di contro, come era altrettanto ovvio, il gomito è l'articolazione in assoluto più vicina alla testa della racchetta quando quest'ultima, lungo la propria traiettoria, si appresta a caricare il colpo e, successivamente, a impattare contro il volano. Inoltre, la distanza tra un punto di repere e la posizione della racchetta nell'istante di carico è minore rispetto alla distanza tra la medesima articolazione e il punto occupato dalla racchetta nell'istante di impatto. Una simile evidenza è imputabile al fatto che, lungo la traiettoria che descrive l'andamento della racchetta, l'istante di impatto si verifica in uno dei punti più alti che, talvolta, è collocato alla fine della stessa traiettoria, quindi ben distante dal corpo del soggetto. Infine, nel dibattito che segue spesso si farà riferimento alle conclusioni da noi estrapolate sulla base dei valori numerici qui tabellati. In particolar modo, con il termine "conclusioni" si intendono i valori massimi e minimi evidenziati in Tabella e per mezzo dei quali alcuni giocatori si contraddistinguono, rispetto agli altri partecipanti, in una o più delle tre condizioni prese in esame.

4.7.1 Il Clear.

- CARICO

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.65	0.27	0.61	-	-	0.51	0.53	0.02
WH2	0.51	0.61	0.34	0.44	0.69	0.52	0.42	0.10
SL3	0.57	0.52	0.40	0.47	0.39	0.47	0.61	0.14
SL4	0.42	0.67	0.53	0.46	0.42	0.50	0.75	0.25
SU5	0.69	0.42	0.72	0.55	0.55	0.58	0.39	0.19
SS6	0.34	0.66	0.27	0.51	0.29	0.41	0.33	0.08

Tabella 70: Distanza Spalla – Carico nel Clear.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.59	0.29	0.62	-	-	0.50	0.53	0.03
WH2	0.68	0.54	0.18	0.17	0.62	0.44	0.33	0.11
SL3	0.65	0.69	0.31	0.61	0.65	0.58	0.54	0.04
SL4	0.48	0.60	0.47	0.41	0.57	0.51	0.54	0.03
SU5	0.61	0.38	0.73	0.65	0.60	0.59	0.42	0.17
SS6	0.41	0.48	0.26	0.45	0.42	0.40	0.29	0.11

Tabella 71: Distanza Gomito – Carico nel Clear.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	1.00	0.65	1.05	-	-	0.90	0.91	0.01
WH2	0.68	1.16	0.91	0.93	1.15	0.97	1.00	0.03
SL3	0.50	0.42	0.52	0.50	0.77	0.54	0.96	0.42
SL4	0.45	0.85	0.87	0.76	0.65	0.72	1.16	0.44
SU5	0.66	0.63	0.78	0.75	0.82	0.73	0.56	0.17
SS6	0.52	0.89	0.44	0.74	0.36	0.59	0.55	0.04

Tabella 72: Distanza Anca – Carico nel Clear.

Pur considerando un giocatore alla volta, esiste sempre una certa discrepanza tra la Distanza Carico-Articolazione relativa al colpo medio e la medesima distanza calcolata come media dei singoli videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nell'Anca (Tabella 72) e, di contro, parrebbe minimo nel Gomito (Tabella 71). Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra i due punti di repere, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo che viene commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.17 m per il Gomito (SU5) a fronte di una disparità di 0.44 m per l'Anca (SL4). A tal proposito, questo gap non conduce quasi mai ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge quando si passano al vaglio le tre condizioni qui analizzate. Ciò nonostante, osservando la Tabella 70 relativa alla distanza Spalla-Carico, sussiste una certa corrispondenza tra i risultati da noi dedotti analizzando

i singoli videoclip e i risultati ottenuti in ambedue le condizioni medie. In particolar modo, possiamo affermare che la distanza che separa la Spalla dal punto in cui la racchetta sopraggiunge nell'istante di carico è sempre minima nel giocatore di categoria SS6 (0.27 m singoli videoclip; 0.41 m media; 0.33 m colpo medio). Inoltre, soffermandosi solo sui valori numerici associati ai singoli videoclip, la distanza Spalla-Carico è massima e di ugual valore per gli atleti appartenenti alle categorie di gioco WH2 e SL3 (0.69 m). In modo analogo, e come già detto in parte, la distanza Spalla-Carico è minima e di ugual valore per gli atleti appartenenti alle categorie di gioco WH1 e SS6 (0.27 m).

- IMPATTO

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.94	0.64	1.02	-	-	0.86	0.97	0.11
WH2	0.86	0.86	0.87	0.82	0.99	0.88	0.88	0.00
SL3	1.10	0.97	0.87	1.02	0.97	0.99	0.89	0.10
SL4	0.57	1.13	1.08	1.03	0.87	0.93	1.10	0.17
SU5	0.55	0.51	0.78	0.68	0.61	0.63	0.86	0.24
SS6	0.68	0.70	0.46	0.74	0.65	0.65	0.61	0.04

Tabella 73: Distanza Spalla - Impatto nel Clear.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.80	0.69	0.81	-	-	0.77	0.78	0.01
WH2	0.54	0.69	0.60	0.64	0.80	0.65	0.63	0.02
SL3	0.72	0.65	0.61	0.68	0.59	0.65	0.57	0.08
SL4	0.42	0.79	0.79	0.75	0.60	0.67	0.81	0.14
SU5	0.57	0.56	0.58	0.45	0.62	0.56	0.62	0.07
SS6	0.58	0.60	0.44	0.63	0.55	0.56	0.50	0.06

Tabella 74: Distanza Gomito - Impatto nel Clear.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	1.38	1.05	1.45	-	-	1.29	1.27	0.02
WH2	1.41	1.02	1.52	1.40	1.26	1.32	1.20	0.13
SL3	1.50	1.39	1.31	1.50	1.35	1.41	1.32	0.09
SL4	0.94	1.54	1.47	1.42	1.32	1.34	1.41	0.07
SU5	0.73	0.60	1.08	0.96	0.67	0.81	1.11	0.30
SS6	0.99	0.86	0.78	1.02	0.94	0.92	0.90	0.02

Tabella 75: Distanza Anca - Impatto nel Clear.

La discrepanza tra i due differenti tipi di media permane anche considerando la distanza che separa una data articolazione dal punto di impatto tra l'area accordata ed il volano. Anche in questo caso, il divario sembrerebbe massimo nell'Anca (Tabella 75) e, di contro, parrebbe minimo nel Gomito (Tabella 74). Un'ipotesi di questo tipo verrebbe nuovamente supportata da un rapido

confronto tra i due punti di reperi, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.14 m per il Gomito (SL4) a fronte di una disparità di 0.30 m per l'Anca (SU5). A tal proposito, questo gap non conduce mai ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge passando al vaglio le tre condizioni qui analizzate. Tuttavia, osservando la Tabella 73 relativa alla distanza Spalla-Impatto, la differenza tra i due diversi valori medi è nulla per l'atleta di categoria WH2. Un risultato di questo tipo potrebbe essere giustificato dal fatto che, da un videoclip all'altro, la distanza Spalla-Impatto, relativa all'atleta di categoria WH2, assume dei valori abbastanza omogenei tra loro. In altre parole, la distanza Spalla-Impatto presenta un andamento pressoché costante in tutte e cinque le porzioni di filmato da noi estrapolate.

4.7.2 Il Drive.

Innanzitutto, nell'analizzare le tabelle che descrivono il colpo di Drive, dobbiamo concentrarci sui giocatori che competono in carrozzina. In questo specifico caso, le distanze sono sempre le stesse sia quando consideriamo le misure effettuate sui singoli videoclip sia quando ci soffermiamo sulle condizioni medie qui analizzate (media dei singoli colpi e colpo medio). Il motivo è ovviamente attribuibile al fatto che per questi atleti è stata estrapolata una sola porzione di filmato e, di conseguenza, anche l'errore commesso nel considerare un valore medio piuttosto che l'altro è pari a zero.

- CARICO

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.71	-	-	0.71	0.71	0.00
WH2	0.27	-	-	0.27	0.27	0.00
SL3	0.72	0.59	0.84	0.72	0.81	0.09
SL4	0.70	0.60	-	0.65	0.76	0.10
SS6	0.68	0.57	0.60	0.62	0.62	0.00

Tabella 76: Distanza Spalla – Carico nel Drive.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.67	-	-	0.67	0.67	0.00
WH2	0.61	-	-	0.61	0.61	0.00
SL3	0.90	0.68	0.81	0.80	0.81	0.01
SL4	0.76	0.65	-	0.71	0.73	0.02
SS6	0.49	0.50	0.61	0.53	0.54	0.01

Tabella 77: Distanza Gomito – Carico nel Drive.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	1.09	-	-	1.09	1.09	0.00
WH2	0.70	-	-	0.70	0.70	0.00
SL3	1.12	1.01	1.36	1.17	1.28	0.11
SL4	1.16	1.02	-	1.09	1.22	0.13
SS6	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92	0.00

Tabella 78: Distanza Anca – Carico nel Drive.

Fatta eccezione per i Wheelchair, tutti gli altri atleti presentano spesso una certa discrepanza tra la Distanza Carico-Articolazione relativa al colpo medio e la medesima distanza calcolata come media dei singoli videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nell'Anca (Tabella 78) e, di contro, parrebbe minimo nel Gomito (Tabella 77). Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra i due punti di repere, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.02 m per il Gomito (SU5) a fronte di una disparità di 0.13 m per l'Anca (SL4). Tuttavia, nonostante la continua incombenza di questo gap, si ha sempre un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge quando passiamo al vaglio le tre condizioni qui analizzate. A tal proposito, nelle Tabelle 76, 77 e 78 esiste una certa corrispondenza tra i risultati da noi dedotti analizzando i singoli videoclip e i risultati ottenuti in ambedue le condizioni medie. In particolar modo, possiamo affermare che la Distanza Spalla-Carico e la Distanza Anca-Carico assumono un valore che è in assoluto il più piccolo se facciamo riferimento al giocatore di categoria WH2 (0.27 m Spalla; 0.70 m Anca). In parallelo, la distanza che separa la Spalla e il Gomito dalla posizione occupata dalla racchetta nell'istante di carico è massima nell'atleta di categoria SL3 (Spalla: 0.84 m singoli videoclip, 0.72 m media dei singoli colpi, 0.81 m colpo medio; Gomito: 0.90 m singoli videoclip, 0.80 m media dei singoli colpi, 0.81 m colpo medio). D'altra parte, possiamo affermare che la distanza Gomito-Carico è minima nel giocatore di categoria SS6 (0.49 m singoli videoclip, 0.53 m media dei singoli colpi, 0.54 m colpo medio). Infine, la Distanza tra l'Anca e la Racchetta, quando quest'ultima si colloca nel punto di traiettoria corrispondente all'istante di Carico, è la più grande in assoluto se consideriamo l'atleta di categoria SL4 (1,16 m singoli videoclip, 1.09 m media dei singoli colpi, 1.22 m colpo medio). Inoltre, quando la Distanza Anca-Carico viene calcolata come media dei singoli colpi allora quest'ultima assume lo stesso valore sia per il giocatore di categoria WH1 che per il giocatore di categoria SL4 (1.09 m). In ultima analisi, osservando la Tabella relativa alla Distanza Spalla-Carico, la differenza tra i due diversi valori medi è nulla per l'atleta di categoria SS6. Un risultato di questo tipo potrebbe essere giustificato dal fatto che, da un videoclip all'altro, la distanza Spalla-Carico, relativa al giocatore appena menzionato, assume dei valori abbastanza omogenei tra loro. Allo stesso modo, se guardiamo attentamente i valori numerici riportati per la Distanza Anca-Carico, lo stesso atleta presenta un

errore di valutazione pari allo zero. Tanto è vero che l'andamento da lui assunto in tutte e cinque le porzioni di filmato è pressoché costante.

- IMPATTO

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.87	-	-	0.87	0.87	0.00
WH2	0.64	-	-	0.64	0.64	0.00
SL3	0.83	0.97	1.09	0.96	1.01	0.05
SL4	1.00	0.88	-	0.94	0.98	0.04
SS6	0.70	0.49	0.55	0.58	0.65	0.07

Tabella 79: Distanza Spalla – Impatto nel Drive.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.72	-	-	0.72	0.72	0.00
WH2	0.57	-	-	0.57	0.57	0.00
SL3	0.92	0.81	0.81	0.85	0.85	0.00
SL4	0.77	0.67	-	0.72	0.74	0.02
SS6	0.54	0.42	0.56	0.51	0.54	0.03

Tabella 80: Distanza Gomito – Impatto nel Drive.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	1.24	-	-	1.24	1.24	0.00
WH2	1.31	-	-	1.31	1.31	0.00
SL3	1.31	1.47	1.59	1.45	1.46	0.01
SL4	1.41	1.30	-	1.36	1.41	0.05
SS6	0.97	0.83	0.88	0.89	0.94	0.05

Tabella 81: Distanza Anca – Impatto nel Drive.

La discrepanza tra i due differenti tipi di media permane anche considerando la distanza che separa una data articolazione dal punto di impatto tra l'area accordata ed il volano. A differenza del caso precedente, il divario sembrerebbe massimo nella Spalla (Tabella 79) ma continuerebbe ad essere minimo nel Gomito (Tabella 80). Un'ipotesi di questo tipo verrebbe nuovamente supportata da un rapido confronto tra i due punti di reperi, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.03 m per il Gomito (SS6) a fronte di una disparità di 0.07 m per la Spalla (SS6). Tuttavia, questo gap conduce ugualmente ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge quando passiamo al vaglio le tre condizioni qui analizzate. A tal proposito, nelle Tabelle 80 e 81 esiste una certa corrispondenza tra i risultati da noi dedotti analizzando i singoli videoclip ed i risultati ottenuti in ambedue le condizioni medie. In particolar modo, possiamo affermare che la Distanza Gomito-Impatto e la Distanza Anca-Impatto assumono un valore che è in assoluto il più piccolo se facciamo riferimento al giocatore di categoria SS6 (Gomito: 0.42 m singoli videoclip, 0.51 m

media dei singoli colpi, 0.54 m colpo medio; Anca: 0.83 m singoli videoclip, 0.89 m media dei singoli colpi, 0.94 m colpo medio). Al contrario, possiamo affermare che queste due distanze sono le più grandi in assoluto se consideriamo l'atleta di categoria SL3(Gomito: 0.92 m singoli videoclip, 0.85 m media dei singoli colpi, 0.85 m colpo medio; Anca: 1.59 m singoli videoclip, 1.45 m media dei singoli colpi, 1.46 m colpo medio). In ultima analisi, osservando la tabella relativa alla Distanza Gomito-Impatto, la differenza tra i due diversi valori medi è nulla per l'atleta di categoria SL3. Un risultato di questo tipo potrebbe essere giustificato dal fatto che, da un videoclip all'altro, la distanza Gomito-Impatto, relativa al giocatore appena menzionato, assume dei valori abbastanza omogenei tra loro. In altre parole, la distanza Gomito-Impatto presenta un andamento pressoché costante in tutte e cinque le porzioni di filmato da noi estrapolate.

4.7.3 Lo Smash.

- CARICO

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.39	0.48	0.63	0.50	0.59	0.09
WH2	0.41	0.39	0.59	0.46	1.07	0.61
SL3	0.61	0.79	0.51	0.63	0.65	0.02
SL4	0.55	1.33	0.80	0.89	0.69	0.20
SU5	0.45	0.52	0.67	0.55	0.68	0.13
SS6	0.47	0.46	0.49	0.47	0.40	0.07

Tabella 82: Distanza Spalla – Carico nello Smash.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.49	0.56	0.64	0.57	0.60	0.03
WH2	0.53	0.30	0.71	0.51	0.79	0.28
SL3	0.42	0.77	0.55	0.58	0.56	0.02
SL4	0.59	0.96	0.79	0.78	0.53	0.25
SU5	0.54	0.63	0.60	0.59	0.69	0.10
SS6	0.43	0.58	0.56	0.53	0.46	0.07

Tabella 83: Distanza Gomito – Carico nello Smash.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.88	1.03	1.16	1.02	1.15	0.13
WH2	0.64	0.84	1.03	0.84	1.53	0.69
SL3	0.88	1.13	0.81	0.94	1.01	0.07
SL4	0.86	1.91	1.29	1.35	1.22	0.13
SU5	0.28	0.61	0.62	0.50	0.90	0.40
SS6	0.68	0.56	0.78	0.67	0.62	0.05

Tabella 84: Distanza Anca – Carico nello Smash.

Per tutti i giocatori qui analizzati esiste sempre una certa discrepanza tra la Distanza Carico-Articolazione relativa al colpo medio e la medesima distanza calcolata come media dei singoli

videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nell'Anca (Tabella 84) e, di contro, parrebbe minimo nel Gomito (Tabella 83). Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra i due punti di repere, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo che viene commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.28 m per il Gomito (WH2) a fronte di una disparità di 0.69 m per l'Anca (WH2). Ciò nonostante, la discrepanza massima tra le due diverse tipologie di media è altrettanto ampia nel caso della Distanza Spalla-Carico (Tabella 82) che, per giunta, si discosta di poco da quanto indicato per l'Anca dato che è pari a 0.61 m (WH2). A tal proposito, questo gap non conduce mai ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge quando si passano al vaglio le tre condizioni qui analizzate. Tanto è vero che, osservando le Tabelle 82 e 83, si nota una certa contraddizione nei risultati conseguiti dall'atleta di categoria WH2. Infatti, considerando la distanza misurata per ciascuna videoclip e la distanza a sua volta calcolata come media dei singoli colpi, il giocatore di categoria WH2 corrisponderebbe al soggetto con i valori in assoluto più piccoli in termini di Distanza Spalla-Carico e Distanza Gomito-Carico. Al contrario, se considerassimo il valore numerico associato al colpo medio, l'atleta di categoria WH2 corrisponderebbe al soggetto con i valori in assoluto più grandi in termini di Distanza Spalla-Carico e Distanza Gomito-Carico, smentendo completamente l'illazione precedentemente avanzata. Di conseguenza, gli errori commessi nel considerare solamente la media dei singoli colpi, piuttosto che il solo valore numerico derivante dal colpo medio, sono il massimo proprio per l'atleta di categoria WH2. In sintesi, un andamento così scostante si riflette negli errori di valutazione.

- IMPATTO

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.66	0.51	0.86	0.68	1.14	0.46
WH2	1.06	0.66	0.59	0.77	1.10	0.33
SL3	0.60	0.88	0.37	0.62	0.43	0.19
SL4	1.11	1.63	1.00	1.25	1.15	0.10
SU5	0.74	1.23	0.90	0.96	0.91	0.05
SS6	0.58	0.74	0.70	0.67	0.79	0.11

Tabella 85: Distanza Spalla – Impatto nello Smash.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.52	0.60	0.82	0.65	0.87	0.22
WH2	0.75	0.60	0.72	0.69	0.84	0.15
SL3	0.48	0.66	0.32	0.48	0.39	0.09
SL4	0.85	1.23	0.80	0.96	0.85	0.11
SU5	0.75	0.92	0.79	0.82	0.79	0.03
SS6	0.45	0.63	0.62	0.57	0.64	0.07

Tabella 86: Distanza Gomito – Impatto nello Smash.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	1.18	1.07	1.44	1.23	1.56	0.33
WH2	1.59	1.17	1.07	1.28	1.39	0.11
SL3	1.18	1.31	0.42	0.97	0.89	0.08
SL4	1.51	2.00	1.50	1.67	1.60	0.07
SU5	1.09	1.54	1.26	1.30	1.25	0.05
SS6	0.89	1.12	1.05	1.02	1.07	0.05

Tabella 87: Distanza Anca – Impatto nello Smash.

La differenza tra i due tipi di media permane anche considerando la distanza che separa una data articolazione dal punto di impatto tra l'area accordata ed il volano. A differenza del caso precedente, il divario sembrerebbe massimo nella Spalla (Tabella 85) ma continuerebbe ad essere minimo nel Gomito (Tabella 86). Un'ipotesi di questo tipo verrebbe nuovamente supportata da un rapido confronto tra i due punti di repere, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.22 m per il Gomito (WH1) a fronte di una disparità di 0.46 m per la Spalla (WH1). Tuttavia, questo gap conduce alcune volte ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge quando passiamo al vaglio le tre condizioni qui analizzate. A tal proposito, nelle Tabelle 86 e 87 esiste una certa corrispondenza tra i risultati da noi dedotti analizzando i singoli videoclip ed i risultati ottenuti in ambedue le condizioni medie. In particolar modo, possiamo affermare che la Distanza Gomito-Impatto e la Distanza Anca-Impatto assumono un valore che è in assoluto il più piccolo se facciamo riferimento al giocatore di categoria SL3 (Gomito: 0.32 m singoli videoclip, 0.48 m media dei singoli colpi, 0.39 m colpo medio; Anca: 0.42 m singoli videoclip, 0.97 m media dei singoli colpi, 0.89 m colpo medio). In modo analogo, possiamo affermare che la Distanza Spalla-Impatto è la più grande in assoluto se consideriamo l'atleta di categoria SL4 (1.63 m singoli videoclip, 1.25 m media dei singoli colpo, 1.15 m colpo medio).

4.7.4 Il Servizio di Dritto.

- CARICO

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.72	0.60	0.47	-	-	0.60	0.35	0.24
SL4	1.27	1.10	0.98	1.06	1.03	1.09	1.07	0.02
SU5	1.19	1.14	1.14	1.21	1.10	1.16	1.18	0.02
SS6	0.80	0.82	0.86	0.85	0.85	0.83	0.80	0.03

Tabella 88: Distanza Spalla-Carico nel Servizio di Dritto.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.45	0.44	0.25	-	-	0.38	0.53	0.15
SL4	0.95	0.73	0.64	0.72	0.79	0.77	0.72	0.05
SU5	0.85	0.92	0.93	0.95	0.88	0.91	0.89	0.02
SS6	0.64	0.65	0.68	0.65	0.66	0.66	0.63	0.03

Tabella 89: Distanza Gomito-Carico nel Servizio di Dritto.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.41	0.42	0.09	-	-	0.30	0.70	0.40
SL4	0.88	0.69	0.53	0.69	0.62	0.68	0.60	0.08
SU5	0.90	0.94	0.95	0.99	0.92	0.94	0.91	0.03
SS6	0.65	0.62	0.67	0.67	0.69	0.66	0.52	0.14

Tabella 90: Distanza Anca-Carico nel Servizio di Dritto.

Pur considerando un giocatore alla volta, esiste sempre una certa discrepanza tra la Distanza Carico-Articolazione relativa al colpo medio e la medesima distanza calcolata come media dei singoli videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nell'Anca (Tabella 90) e, di contro, parrebbe minimo nel Gomito (Tabella 89). Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra i due punti di repere, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo che viene commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.15 m per il Gomito (SU5) a fronte di una disparità di 0.40 m per l'Anca (WH1). Si osserva, inoltre, come questa discrepanza tra le due condizioni medie assuma, in tutte e tre le articolazioni, i valori in assoluti più grandi per l'atleta di categoria WH1. Di contro, questo stesso divario assume, in tutti e tre i punti di repere, i valori in assoluto più piccoli per l'atleta di categoria SL3. Nonostante il gap piuttosto consistente, sussiste comunque una certa corrispondenza tra i risultati da noi dedotti analizzando i singoli videoclip e i risultati ottenuti in ambedue le condizioni medie. Ad esempio, possiamo affermare che la Distanza Spalla-Carico (Tabella 88) e la Distanza Gomito-Carico assumono un valore che è il più piccolo in assoluto se facciamo riferimento al giocatore di categoria WH1 (Spalla: 0.47 m singoli videoclip, 0.60 media dei singoli videoclip, 0.35 m colpo medio; Gomito: 0.44 m singoli videoclip, 0.38 media dei singoli videoclip, 0.53 m colpo medio). In parallelo, la distanza che separa il Gomito o l'Anca dalla posizione occupata dalla racchetta nell'istante di carico è massima per l'atleta di categoria SU5 (Gomito: 0.95 m singoli videoclip, 0.91 m media dei singoli colpi, 0.89 m colpo medio; Anca: 0.99 m singoli videoclip, 0.94 m media dei singoli colpi, 0.91 m colpo medio). Inoltre, quando consideriamo i singoli videoclip, la Distanza Gomito-Carico assume lo stesso valore sia per il giocatore appena menzionato sia per l'atleta di categoria SL4 (0.95 m).

- IMPATTO

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.78	0.82	0.82	-	-	0.81	0.68	0.12
SL4	1.23	1.20	1.13	1.23	1.15	1.19	1.14	0.05
SU5	1.08	1.21	1.24	1.18	1.20	1.18	1.02	0.16
SS6	0.82	0.73	0.85	0.71	0.80	0.78	0.69	0.09

Tabella 91: Distanza Spalla-Impatto nel Servizio di Dritto.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.48	0.63	0.51	-	-	0.54	0.37	0.17
SL4	0.95	0.83	0.80	0.87	0.82	0.85	0.84	0.02
SU5	0.77	0.87	0.91	0.85	0.90	0.86	0.76	0.09
SS6	0.63	0.55	0.64	0.57	0.60	0.60	0.50	0.10

Tabella 92: Distanza Gomito-Impatto nel Servizio di Dritto.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.52	0.69	0.63	-	-	0.61	0.31	0.30
SL4	1.09	0.73	0.70	0.81	0.66	0.80	0.96	0.17
SU5	0.97	0.87	0.90	0.87	0.90	0.90	1.00	0.10
SS6	0.58	0.57	0.72	0.56	0.54	0.59	0.41	0.18

Tabella 93: Distanza Anca-Impatto nel Servizio di Dritto.

La discrepanza tra i due differenti tipi di media permane anche considerando la distanza che separa una data articolazione dal punto di impatto tra l'area accordata ed il volano. Anche in questo caso, il divario sembrerebbe massimo nell'Anca (Tabella 93) e, di contro, parrebbe minimo nella Spalla (Tabella 91). Un'ipotesi di questo tipo verrebbe nuovamente supportata da un rapido confronto tra i due punti di reperi, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.16 m per la Spalla (SU5) a fronte di una disparità di 0.30 m per l'Anca (SU5). A tal proposito, questo gap conduce una sola volta ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge passando al vaglio le tre condizioni qui analizzate. Nello specifico, possiamo affermare che la Distanza Gomito-Impatto (Tabella 92) assume un valore che è in assoluto il più piccolo se facciamo riferimento al giocatore di categoria WH1 (0.48 m singoli videoclip, 0.54 m media dei singoli colpi, 0.37 m colpo medio).

4.7.5 Il Servizio di Rovescio.

- CARICO

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.46	0.50	0.48	0.50	0.43	0.47	1.14	0.67
WH2	0.38	0.33	0.38	0.34	0.36	0.36	1.13	0.77
SL3	0.79	0.81	0.79	0.68	0.68	0.75	0.81	0.06

Tabella 94: Distanza Spalla-Carico nel Servizio di Rovescio.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.28	0.25	0.26	0.28	0.19	0.25	0.74	0.49
WH2	0.23	0.29	0.26	0.34	0.32	0.29	0.77	0.48
SL3	0.53	0.60	0.62	0.34	0.55	0.53	0.62	0.09

Tabella 95: Distanza Gomito-Carico nel Servizio di Rovescio.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.48	0.44	0.41	0.42	0.40	0.43	1.22	0.79
WH2	0.40	0.26	0.30	0.28	0.31	0.31	1.24	0.93
SL3	0.44	0.44	0.41	0.55	0.25	0.42	0.40	0.02

Tabella 96: Distanza Anca-Carico nel Servizio di Rovescio.

Tutti gli atleti presentano sempre una certa discrepanza tra la Distanza Carico-Articolazione relativa al colpo medio e la medesima distanza calcolata come media dei singoli videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nell'Anca e, di contro, parrebbe minimo nel Gomito. Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra i due punti di repere, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.49 m per il Gomito (WH1) a fronte di una disparità di 0.93 m per l'Anca (WH2). A tal proposito, questo gap non conduce mai ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge quando si passano al vaglio le tre condizioni qui analizzate. Tanto è vero che, osservando le Tabelle 94, 95, e 96, si nota una certa contraddizione nei risultati conseguiti dagli atleti di categoria WH2 e SL3. Infatti, considerando la distanza misurata per ciascuna videoclip e la distanza a sua volta calcolata come media dei singoli colpi, il giocatore di categoria SL3 corrisponderebbe al soggetto con i valori in assoluto più grandi sia in termini di Distanza Spalla-Carico (0.81 m singoli videoclip; 0.75 m media dei singoli videoclip) che in termini di Distanza Gomito-Carico (0.62 m singoli videoclip; 0.53 m media dei singoli videoclip). Al contrario, se considerassimo il valore numerico associato al colpo medio, l'atleta di categoria SL3 corrisponderebbe al soggetto con i valori in assoluto più piccoli per quanto riguarda la Distanza Spalla-Carico (0.81 m) e la Distanza Gomito-Carico (0.62 m), smentendo completamente

l'illazione precedentemente avanzata. Allo stesso modo, passando al vaglio i valori attribuiti a ciascun colpo ed i dati riferiti alla media dei singoli videoclip, la distanza che separa l'Anca dalla posizione occupata dalla racchetta nell'istante di carico è minima per l'atleta di categoria WH2 (0.26 m singoli videoclip; 0.31 m media dei singoli videoclip). D'altro canto, la medesima distanza misurata per il colpo medio risulterebbe massima sempre per l'atleta di categoria WH2 (1.24 m), screditando quanto dedotto in precedenza.

- IMPATTO

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.96	0.98	0.96	0.73	0.89	0.90	1.14	0.24
WH2	0.93	0.58	0.54	0.58	0.51	0.63	1.03	0.40
SL3	0.93	0.85	0.84	0.79	0.79	0.84	0.98	0.14

Tabella 97: Distanza Spalla-Impatto nel Servizio di Rovescio.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.74	0.65	0.62	0.43	0.57	0.60	0.73	0.13
WH2	0.57	0.29	0.25	0.28	0.22	0.32	0.69	0.36
SL3	0.63	0.72	0.76	0.48	0.69	0.66	0.62	0.03

Tabella 98: Distanza Gomito-Impatto nel Servizio di Rovescio.

Atleta	Videocl ip 1 [m]	Videocl ip 2 [m]	Videocl ip 3 [m]	Videocl ip 4 [m]	Videocl ip 5 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	1.17	1.00	0.98	0.76	0.90	0.96	1.20	0.24
WH2	1.04	0.57	0.46	0.62	0.55	0.65	1.12	0.47
SL3	0.62	0.39	0.37	0.53	0.30	0.44	0.87	0.43

Tabella 99: Distanza Anca-Impatto nel Servizio di Rovescio.

La discrepanza tra i due differenti tipi di media permane anche considerando la distanza che separa una data articolazione dal punto di impatto tra l'area accordata ed il volano. Anche in questo caso, il divario sembrerebbe massimo nell'Anca (Tabella 99) e, di contro, parrebbe minimo nel Gomito (Tabella 98). Un'ipotesi di questo tipo verrebbe nuovamente supportata da un rapido confronto tra i due punti di reperi, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.36 m per il Gomito (WH2) a fronte di una disparità di 0.43 m per l'Anca (SL3). Tuttavia, nonostante la continua incombenza di questo gap, in alcuni casi particolari si ha comunque una certa corrispondenza tra i risultati da noi dedotti analizzando i singoli videoclip e i risultati ottenuti in ambedue le condizioni medie. In particolar modo, possiamo affermare che la Distanza Spalla-Impatto (Tabella 97) e la Distanza Anca-Impatto assumono un valore che è in assoluto il più grande se facciamo riferimento al giocatore di categoria WH1 (Spalla: 0.98 m singoli videoclip, 0.90 m media dei singoli videoclip, 1.14 colpo

medio; Anca: 1.17 m singoli videoclip, 0.96 m media dei singoli videoclip, 1.20 m colpo medio). In parallelo, la distanza che separa il Gomito dalla posizione occupata dalla racchetta nell'istante di carico è minima nell'atleta di categoria SL3 (0.30 m singoli videoclip, 0.44 m media dei singoli colpi, 0.87 m colpo medio). Nel contempo, osservando la Tabella 98, si nota una certa contraddizione nei risultati conseguiti dall'atleta di categoria SL3. Infatti, considerando la distanza misurata per ciascuna videoclip e la distanza a sua volta calcolata come media dei singoli colpi, il giocatore di categoria SL3 corrisponderebbe al soggetto con i valori in assoluto più grandi in termini di Distanza Gomito-Impatto (0.81 m singoli videoclip; 0.75 m media dei singoli videoclip). D'altro canto, la medesima distanza misurata per il colpo medio risulterebbe minima sempre per l'atleta di categoria SL3 (0.62 m), screditando quanto dedotto in precedenza.

4.7.6 Il Drop di Dritto.

Prima di analizzare nel dettaglio le tabelle che descrivono il Drop, è bene ricordare che per il giocatore di categoria SU5 è stata estrapolata una sola porzione di filmato. Ne consegue che le distanze sono sempre le stesse sia quando consideriamo le misure effettuate sui singoli videoclip sia quando ci soffermiamo sulle condizioni medie qui analizzate (media dei singoli colpi e colpo medio). Inoltre, è alquanto ovvio che anche l'errore commesso nel considerare un valore medio piuttosto che l'altro è pari a zero.

- CARICO

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.58	0.24	-	0.41	0.41	0.00
SL3	0.48	0.80	-	0.64	0.39	0.25
SL4	0.90	0.97	0.63	0.83	0.49	0.34
SU5	0.54	-	-	0.54	0.54	0.00
SS6	0.73	0.41	0.75	0.63	0.29	0.34

Tabella 100: Distanza Spalla-Carico nel Drop di Dritto.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.73	0.33	-	0.53	0.61	0.08
SL3	0.20	0.97	-	0.58	0.20	0.38
SL4	0.65	0.93	0.86	0.81	0.62	0.19
SU5	0.83	-	-	0.83	0.83	0.00
SS6	0.52	0.47	0.74	0.58	0.31	0.27

Tabella 101: Distanza Gomito-Carico nel Drop di Dritto.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.79	0.53	-	0.66	0.76	0.10
SL3	0.43	1.29	-	0.86	0.73	0.13
SL4	0.46	1.33	0.99	0.93	0.91	0.02
SU5	0.89	-	-	0.89	0.89	0.00
SS6	0.34	0.65	1.10	0.70	0.54	0.16

Tabella 102: Distanza Anca-Carico nel Drop di Dritto.

Pur considerando un giocatore alla volta, esiste sempre una certa discrepanza tra la Distanza Carico-Articolazione relativa al colpo medio e la medesima distanza calcolata come media dei singoli videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nel Gomito (Tabella 101) e, di contro, parrebbe minimo nell'Anca (Tabella 102). Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra i due punti di repere, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo che viene commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.16 m per l'Anca (SS6) a fronte di una disparità di 0.38 m per il Gomito (SL3). A tal proposito, questo gap non conduce quasi mai ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge quando si passano al vaglio le tre condizioni qui analizzate. Ciò nonostante, per quanto riguarda la distanza Anca-Carico, sussiste una certa corrispondenza tra i risultati da noi dedotti analizzando i singoli videoclip e i risultati ottenuti in ambedue le condizioni medie. In particolar modo, possiamo affermare che la distanza che separa l'Anca dal punto in cui la racchetta sopraggiunge nell'istante di carico è sempre massima nel giocatore di categoria SL4 (1.33 m singoli videoclip; 0.93 m media; 0.91 m colpo medio). Inoltre, soffermandoci solo sui dati associati ai singoli videoclip, la distanza Gomito-Carico raggiunge il suo valore massimo (0.97 m) e, nel contempo, il suo valore minimo (0.20 m) rispettivamente nel secondo e nel primo videoclip relativi all'atleta di categoria SL3. D'altra parte, osservando la Tabella 100 relativa alla distanza Spalla-Carico, la differenza tra i due diversi valori medi è nulla per l'atleta di categoria WH1. Un risultato di questo tipo potrebbe essere giustificato dal fatto che, da un videoclip all'altro, la distanza Spalla-Carico, relativa all'atleta di categoria WH2, assume dei valori abbastanza omogenei tra loro.

- IMPATTO

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.69	0.45	-	0.57	0.24	0.33
SL3	1.03	0.53	-	0.78	0.60	0.18
SL4	1.00	0.55	0.80	0.78	0.62	0.16
SU5	1.07	-	-	1.07	1.07	0.00
SS6	0.83	0.52	0.82	0.72	0.35	0.38

Tabella 103: Distanza Spalla-Impatto nel Drop di Dritto.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.64	0.40	-	0.52	0.39	0.13
SL3	0.68	0.65	-	0.66	0.49	0.18
SL4	0.85	0.72	0.83	0.80	0.57	0.23
SU5	0.95	-	-	0.95	0.95	0.00
SS6	0.73	0.51	0.77	0.67	0.35	0.32

Tabella 104: Distanza Gomito-Impatto nel Drop di Dritto.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.93	0.80	-	0.86	0.60	0.26
SL3	1.20	0.94	-	1.07	1.09	0.02
SL4	1.07	0.98	1.22	1.09	1.00	0.09
SU5	1.52	-	-	1.52	1.52	0.00
SS6	0.82	0.79	1.21	0.94	0.66	0.29

Tabella 105: Distanza Anca-Impatto nel Drop di Dritto.

La discrepanza tra i due differenti tipi di media permane anche considerando la distanza che separa una data articolazione dal punto di impatto tra l'area accordata ed il volano. Anche in questo caso, il divario sembrerebbe minimo nell'Anca (Tabella 105) e, di contro, parrebbe massimo nella Spalla (Tabella 103). Un'ipotesi di questo tipo verrebbe nuovamente supportata da un rapido confronto tra i due punti di repere, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.29 m per l'Anca (SS6) a fronte di una disparità di 0.38 m per la Spalla (SS6). Tuttavia, questo gap conduce comunque ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge passando al vaglio le tre condizioni qui analizzate. In particolar modo, possiamo affermare che la Distanza Spalla-Impatto assume un valore che è in assoluto il più piccolo possibile se facciamo riferimento al giocatore di categoria WH1 (0.45 m singoli videoclip, 0.57 m media dei singoli videoclip, 0.24 m colpo medio). Allo stesso modo, la distanza che separa la Spalla, il Gomito (Tabella 104) e l'Anca dalla posizione occupata dalla racchetta nell'istante di impatto è massima nell'atleta di categoria SU5 (Spalla: 1.07 m; Gomito: 0.95 m; Anca: 1.52 m).

4.7.7 Il Lob di Dritto.

- CARICO

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.78	0.88	0.90	0.86	0.84	0.01
WH2	0.64	1.01	-	0.82	0.77	0.05
SL3	0.90	0.42	0.72	0.68	0.91	0.22
SL4	1.27	1.29	-	1.28	1.19	0.09
SU5	0.44	1.33	-	0.88	0.88	0.00
SS6	0.90	0.58	-	0.74	0.87	0.13

Tabella 106: Distanza Spalla-Carico nel Lob di Dritto.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.51	0.59	0.63	0.58	0.57	0.01
WH2	0.40	0.63	-	0.52	0.43	0.09
SL3	0.78	0.56	0.78	0.71	0.60	0.11
SL4	0.92	0.89	-	0.90	0.84	0.07
SU5	0.26	0.99	-	0.63	0.60	0.03
SS6	0.69	0.41	-	0.55	0.66	0.11

Tabella 107: Distanza Gomito-Carico nel Lob di Dritto.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.39	0.97	0.68	0.68	0.63	0.05
WH2	0.31	1.10	-	0.71	0.68	0.03
SL3	0.53	1.00	1.18	0.90	0.70	0.21
SL4	0.93	1.09	-	1.01	0.91	0.10
SU5	0.21	1.47	-	0.84	0.78	0.06
SS6	0.79	0.41	-	0.60	0.80	0.20

Tabella 108: Distanza Anca-Carico nel Lob di Dritto.

Per tutti i giocatori qui analizzati esiste sempre una certa discrepanza tra la Distanza Carico-Articolazione relativa al colpo medio e la medesima distanza calcolata come media dei singoli videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nella Spalla (Tabella 106) e, di contro, parrebbe minimo nel Gomito (Tabella 107). Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra i due punti di reperi, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo che viene commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.11 m per il Gomito (SL3 e SS6) a fronte di una disparità di 0.22 m per la Spalla (SL3). Tuttavia, l'errore massimo in cui ci si imbatte considerando l'articolazione di Spalla è fortemente comparabile con l'errore massimo che affligge l'Anca (Tabella 108) e che, nello specifico, è pari a 0.21 m (SL3). Ad ogni modo, nonostante la continua incombenza di questo gap, nella Tabella 107 esiste una certa corrispondenza tra i risultati da noi dedotti analizzando i singoli videoclip e i risultati ottenuti in

ambidue le condizioni medie. In particolar modo, possiamo affermare che la Distanza Gomito-Carico assume un valore che è in assoluto il più piccolo se facciamo riferimento al giocatore di categoria WH2 (0.40 m singoli videoclip; 0.52 m media dei singoli videoclip; 0.43 m colpo medio). D'altra parte, osservando le Tabelle 106 e 108, si nota come la presenza di questo gap abbia condotto ha delle contraddizioni nei risultati conseguiti dall'atleta di categoria SU5. Infatti, soffermandoci solo sui dati associati ai singoli videoclip, la distanza Spalla-Carico e la distanza Anca-Carico raggiungono il loro valore massimo (Spalla: 1.33 m; Anca: 1.47 m) e, nel contempo, il loro valore minimo (Spalla: 0.44 m; Anca: 0.21 m) rispettivamente nel secondo e nel primo videoclip relativi all'atleta di categoria SU5. Ciò nonostante, la differenza tra i due diversi valori medi calcolati per la distanza Spalla-Carico è nulla proprio per l'atleta di categoria SU5.

- IMPATTO

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.79	1.01	0.86	0.89	0.82	0.07
WH2	1.03	1.17	-	1.10	1.19	0.09
SL3	0.50	0.15	0.82	0.49	0.74	0.25
SL4	1.12	1.42	-	1.27	1.16	0.11
SU5	0.48	1.28	-	0.88	1.02	0.14
SS6	0.91	0.55	-	0.73	0.89	0.16

Tabella 109: Distanza Spalla-Impatto nel Lob di Dritto.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.52	0.73	0.60	0.62	0.55	0.06
WH2	0.69	0.83	-	0.76	0.86	0.10
SL3	0.26	0.45	0.80	0.50	0.58	0.07
SL4	0.84	1.05	-	0.94	0.84	0.11
SU5	0.33	0.95	-	0.64	0.74	0.10
SS6	0.68	0.37	-	0.53	0.67	0.14

Tabella 110: Distanza Gomito-Impatto nel Lob di Dritto.

Atleta	Videoclip 1 [m]	Videoclip 2 [m]	Videoclip 3 [m]	Media [m]	Colpo Medio [m]	Errore [m]
WH1	0.60	1.36	0.72	0.89	0.79	0.10
WH2	1.11	1.36	-	1.24	1.46	0.22
SL3	0.20	0.68	1.24	0.70	1.02	0.31
SL4	1.21	1.41	-	1.31	1.29	0.02
SU5	0.64	1.47	-	1.05	1.28	0.22
SS6	0.94	0.40	-	0.67	1.01	0.34

Tabella 111: Distanza Anca-Impatto nel Lob di Dritto.

La discrepanza tra i due tipi di media permane anche considerando la distanza che separa una data articolazione dal punto di impatto tra l'area accordata ed il volano. A differenza del caso precedente, il divario sembrerebbe massimo nell'Anca (Tabella 111) e parrebbe minimo nella

Spalla (Tabella 109). Un'ipotesi di questo tipo verrebbe nuovamente supportata da un rapido confronto tra i due punti di reperi, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.25 m per la Spalla (SL3) a fronte di una disparità di 0.31 m per l'Anca (SL3). A questo proposito, l'errore massimo in cui ci si imbatte considerando l'articolazione di Gomito (Tabella 110) è circa la metà dell'errore massimo che affligge l'Anca e, nello specifico, è pari a 0.14 m. Ad ogni modo, nonostante la continua incombenza di questo gap, talvolta esiste una corrispondenza tra i risultati a cui si giunge quando passiamo al vaglio le tre condizioni qui analizzate. In particolar modo, possiamo affermare che la Distanza Spalla-Impatto assume un valore che è il più piccolo possibile se facciamo riferimento al giocatore di categoria SL3 (0.15 m singoli videoclip, 0.49 m media dei singoli colpi, 0.74 m colpo medio). In modo analogo, possiamo affermare che la stessa distanza è la più grande in assoluto se consideriamo l'atleta di categoria SL4 (1.42 m singoli videoclip, 1.27 m media dei singoli colpo, 1.16 m colpo medio).

4.8 ANGOLI E RANGE DI MOVIMENTO DI GOMITO, SPALLA ED ANCA

Avendo utilizzato una sola videocamera, i movimenti articolari che nella realtà si compongono di una flessione-estensione combinata, in contemporanea, ad una adduzione-abduzione e ad una pronazione- supinazione vengono approssimati ad un alternarsi di sola flessione e di sola estensione.

4.8.1 Il Clear.

In genere, come vedremo in seguito, gli andamenti medi che si sovrappongono agli andamenti ottenuti per ciascun videoclip rispecchiano in modo adeguato il comportamento che caratterizza l'angolo di una specifica articolazione, ad indicare una sorta di ripetibilità nel gesto.

- **SPALLA E SUO ROM**

Le Figure 86, 87 e 88 rivelano che la Spalla alterna, solitamente, dei movimenti di estensione a dei movimenti di flessione in tutti i partecipanti allo studio. Quando il volano giunge nella propria metà campo, l'atleta deve alzare velocemente il braccio per favorire il sollevamento della racchetta generando, di conseguenza, un movimento di estensione della Spalla. A questo punto, l'arto superiore e la racchetta sono stati ormai portati verso l'alto e si apprestano, di fatto, a colpire il volano. Per la precisione, in questa fase, il valore associato all'Angolo di Spalla si mantiene costante. Ne consegue che, considerandone l'andamento in condizioni di Clear, l'istante di carico si verifica quando questa specifica articolazione si sta estendendo e, di contro, l'istante di impatto ha luogo quando è ormai estesa. Nel momento in cui la racchetta va a colpire, l'arto superiore si abbassa per ritornare ad una nuova posizione di guardia. Per questo motivo, il valore numerico assunto dall'Angolo di Spalla diminuisce gradualmente indicando un movimento di flessione che,

tuttavia, non sempre è visibile nei grafici che seguono. D'altra parte ci sono comunque delle traiettorie abbastanza anomale secondo cui i giocatori qui analizzati sarebbero costantemente in estensione. Una condizione di questo tipo si osserva in tutti i videoclip esaminati per l'atleta di categoria SL4, nel primo videoclip del giocatore di categoria WH2, nel secondo videoclip dell'atleta di categoria SL3 e nel quarto e quinto videoclip del giocatore di categoria SS6.

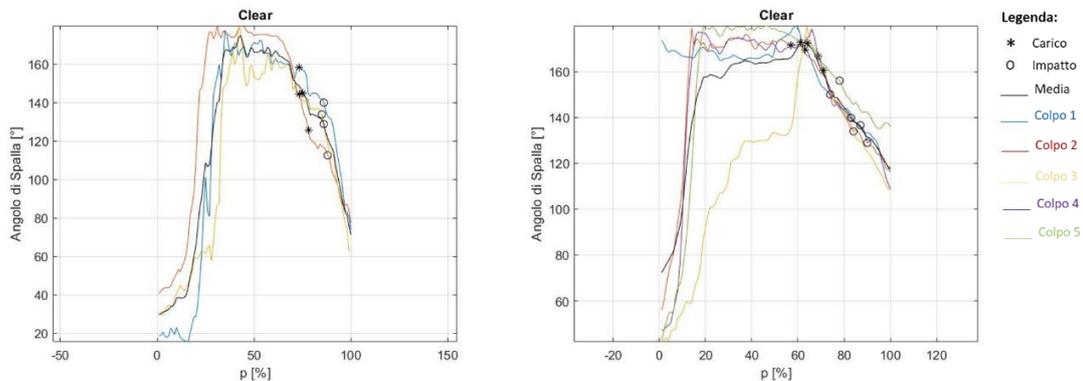


Figura 86: Andamento dell'Angolo di Spalla nei Wheelchair (WH1 a destra, WH2 a sinistra) quando eseguono un Clear.

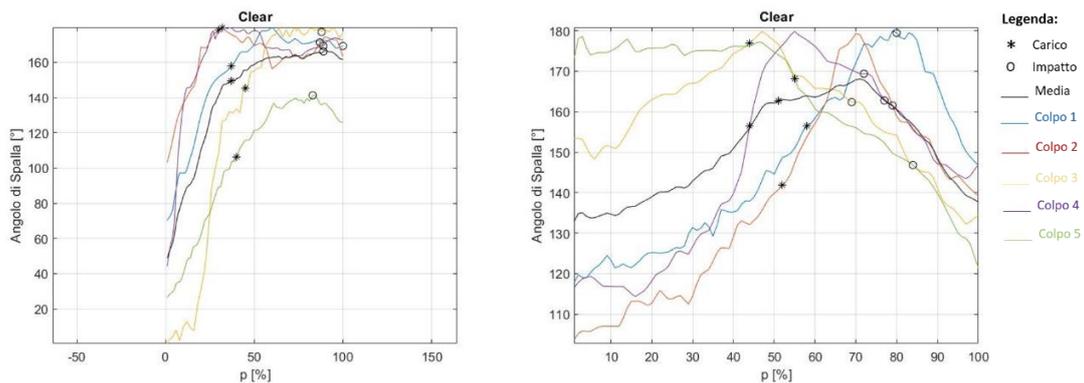


Figura 87: Andamento dell'Angolo di Spalla negli Standing (SL3 a destra, SL4 a sinistra) quando eseguono un Clear.

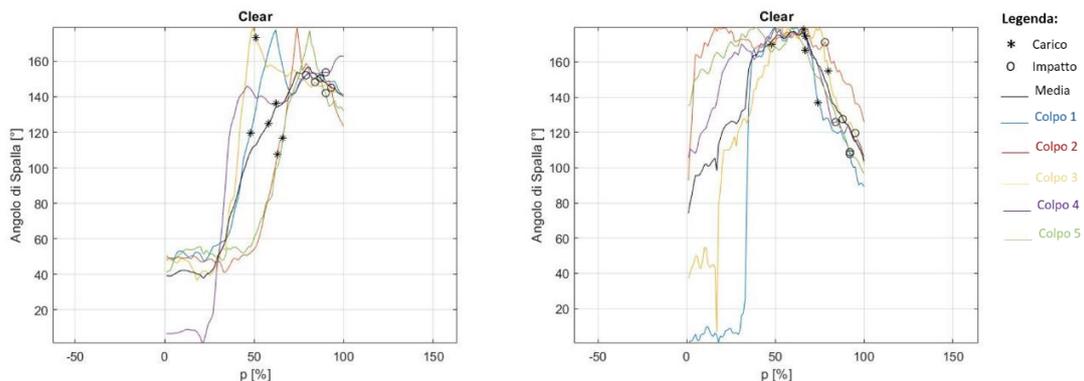


Figura 88: Andamento dell'Angolo di Spalla negli Standing (SU5 a destra, SS6 a sinistra) quando eseguono un Clear.

Osservando i valori numerici riportati in Tabella 112 per ciascun videoclip, possiamo affermare che il range di movimento della Spalla è massimo nell'atleta di categoria SL3 (179.89 °). Tuttavia, il qui presente giocatore possiede un outlier in prossimità del secondo videoclip: questo range di

movimento, infatti, è notevolmente più piccolo rispetto ai valori numerici indicati nelle altre quattro caselle. Per questa ragione, quanto appena detto non viene confermato dai due diversi valori medi qui tabellati. Infatti, il range di movimento della Spalla ottenuto dal giocatore di categoria WH1 rappresenta il valore di ROM in assoluto più grande, sia nel momento in cui si decide di esaminare il colpo medio (145.25 °) sia nel caso in cui si sceglie di valutare la media dei singoli colpi (149.96 °). Un risultato di questo tipo potrebbe essere giustificato dal fatto che, da un videoclip all'altro, l'Angolo di Spalla, relativo all'atleta di categoria WH1, assume dei valori abbastanza omogenei tra loro. Tanto è vero che il minor divario tra i due differenti tipi di media sussiste proprio per il giocatore appena menzionato (4.72°). D'altra parte, possiamo affermare che il ROM di Spalla è minimo nel giocatore di categoria SL4. Tale considerazione è valida in tutte e tre le condizioni da noi prese in esame: singoli videoclip (57.09 °), media dei singoli videoclip (61.56 °) e colpo medio (35.16 °), in quanto l'Angolo di Spalla relativo all'atleta di categoria SL4 presenta un andamento pressoché costante in tutte e 5 le porzioni di filmato da noi estrapolate. Ciò nonostante, l'errore commesso nel considerare solamente la media dei singoli colpi, piuttosto che il solo valore numerico derivante dal colpo medio, sarebbe il massimo proprio per l'atleta di categoria SL4 (26.40 °). In generale, sussiste sempre una notevole discrepanza tra il ROM del colpo medio e il ROM medio dei singoli colpi ma questo gap conduce comunque ad un accordo per quanto riguarda i risultati a cui si giunge in ambedue le condizioni medie.

Atleta	Spalla 1 [°]	Spalla 2 [°]	Spalla 3 [°]	Spalla 4 [°]	Spalla 5 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	162.01	139.30	148.58	-	-	149.96	145.25	4.72
WH2	63.79	122.89	137.50	131.46	137.03	118.53	100.14	18.40
SL3	109.55	76.64	179.48	135.67	114.85	123.24	117.81	5.43
SL4	62.08	75.66	47.55	65.44	57.09	61.56	35.16	26.40
SU5	130.64	138.16	142.08	161.65	136.45	141.80	118.66	23.14
SS6	179.39	87.06	173.44	73.70	83.12	119.34	103.07	16.28

Tabella 112: Range di Movimento della Spalla nel Clear.

- GOMITO E SUO ROM

Come per la Spalla, anche i grafici riguardanti l'Angolo di Gomito (Figura 89, 90 e 91) rivelano che i partecipanti allo studio alternano, due fasi di flessione, una all'inizio ed una alla fine, con una fase di estensione, a sua volta collocata nel mezzo. Il passaggio dalla prima fase di flessione alla successiva fase di estensione avviene in modo piuttosto celere. Infatti, quando il volano giunge nella propria metà campo, l'atleta deve alzare velocemente il braccio per favorire il sollevamento della racchetta. Tuttavia, la transizione da una fase all'altra viene mediata, talvolta, da un'ulteriore chiusura del Gomito che si trova, di conseguenza, in una condizione di massima flessione. Una situazione di questo tipo si osserva, ad esempio, in tutti i videoclip da noi esaminati per i Wheelchair, nel terzo videoclip del giocatore di categoria SL3, e nel quarto e quinto videoclip

del giocatore di categoria SS6. A questo punto, l'arto superiore e la racchetta sono stati ormai portati verso l'alto e, durante questo tragitto, ha inevitabilmente luogo la fase di estensione. Raggiunto il punto di massima estensione il valore di questo angolo viene mantenuto anche in corrispondenza dell'istante di impatto. Ciò nonostante, fanno eccezione alcuni casi particolari in cui la fase di estensione viene temporaneamente interrotta da una breve fase di flessione. Questa ulteriore fase di flessione si aggiungerebbe alle due inizialmente menzionate ed è imputabile al movimento dell'arto superiore che, caricando il colpo, indietreggia in modo eccessivo fino a quando braccio e avambraccio si sovrappongono l'uno sull'altro. Ne consegue che l'Angolo di Gomito tende a chiudersi leggermente. In sintesi, considerando l'andamento conseguito dall'Angolo di Gomito in condizioni di Clear, l'istante di carico si verifica, quasi sempre, quando questa specifica articolazione passa da un movimento di flessione a uno di estensione ma, talvolta, si colloca in una fase di flessione transitoria. Quanto appena detto trova un riscontro nel primo colpo relativo all'atleta di categoria WH2 e nel secondo ed ultimo colpo dell'atleta di categoria SL3. Infine, la racchetta va a colpire il volano e, in seguito all'impatto, l'arto superiore si abbassa per ritornare ad una nuova posizione di guardia. Di conseguenza, il valore numerico assunto dall'Angolo di Gomito diminuisce gradualmente delineando l'ennesima fase di flessione del Gomito la quale, tuttavia, non sempre è visibile nei grafici che seguono. In ogni caso, anche l'istante di impatto avviene quando il Gomito è ben esteso. D'altra parte ci sono comunque delle traiettorie abbastanza anomale secondo cui i giocatori qui analizzati sarebbero costantemente in estensione. Una condizione di questo tipo si osserva nel terzo e quinto videoclip per l'atleta di categoria SL4 e nel secondo, quarto ed ultimo videoclip del giocatore di categoria SS6.

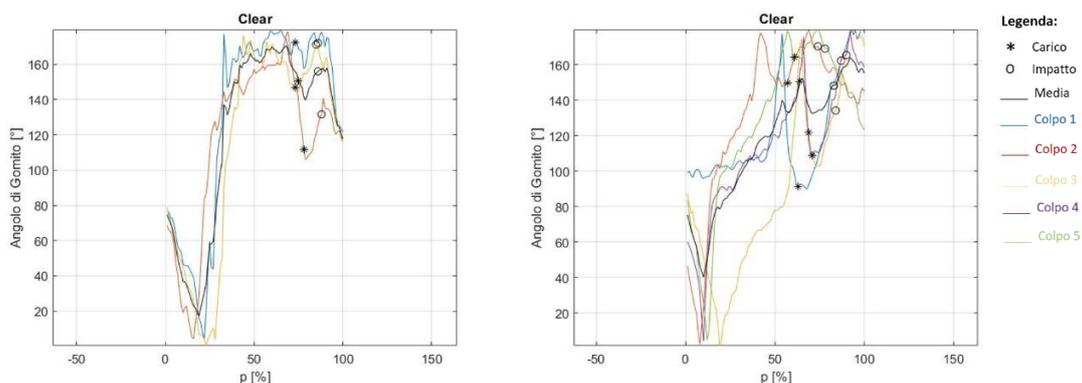


Figura 89: Andamento dell'Angolo di Gomito nei Wheelchair (WH1 a destra, WH2 a sinistra) quando eseguono un Clear.

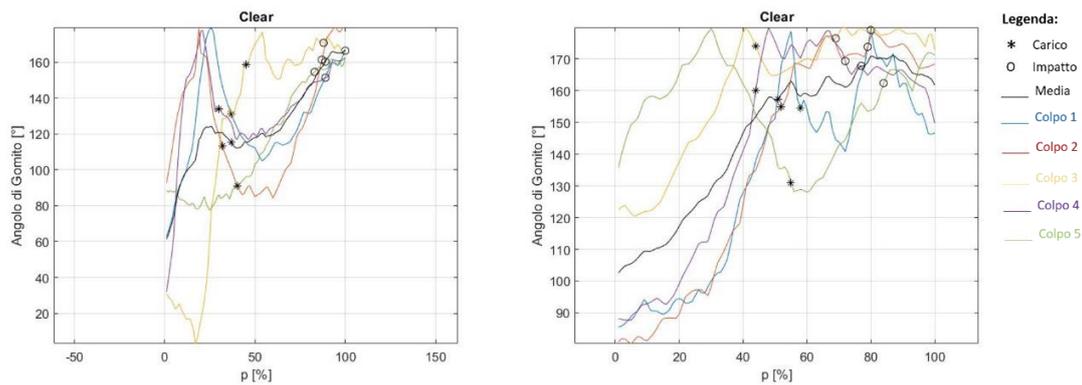


Figura 90: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SL3 a destra, SL4 a sinistra) quando eseguono un Clear.

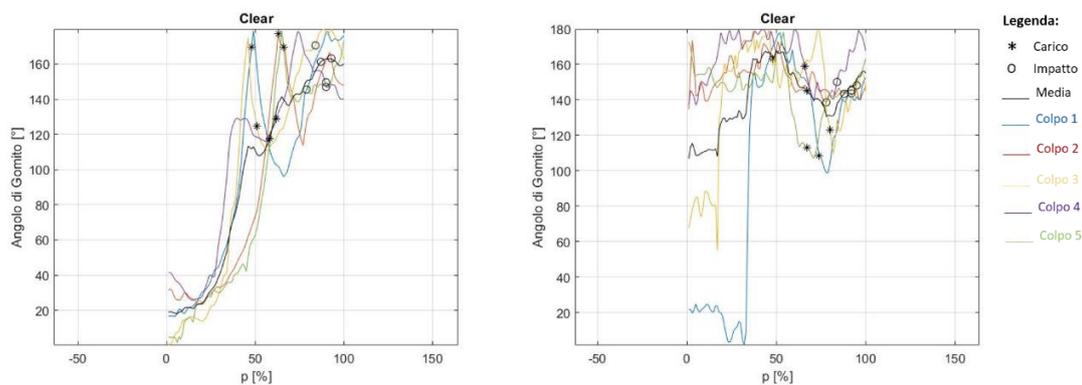


Figura 91: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SU5 a destra, SS6 a sinistra) quando eseguono un Clear.

Osservando i valori numerici riportati in Tabella 113 per ciascun videoclip, possiamo affermare che il ROM del Gomito è massimo nell'atleta di categoria SU5 (179.84 °). Tuttavia, quanto appena detto non viene confermato dai due diversi valori medi qui tabellati. Infatti, il range di movimento del Gomito ottenuto dal giocatore di categoria WH1 rappresenta il valore di ROM in assoluto più grande, sia nel momento in cui si decide di esaminare il colpo medio (153.33 °) sia nel caso in cui si sceglie di valutare la media dei singoli colpi (175.27 °). Un risultato di questo tipo potrebbe essere giustificato dal fatto che, da un videoclip all'altro, l'Angolo di Gomito, relativo all'atleta di categoria WH1, assume dei valori abbastanza omogenei tra loro. D'altra parte, possiamo affermare che il range di movimento del Gomito è minimo nel giocatore di categoria SS6 ma tale considerazione è valida solo per due delle tre condizioni da noi prese in esame: singoli videoclip (38.86 °) e colpo medio (61 °), in quanto l'Angolo di Gomito relativo all'atleta di categoria SS6 presenta un andamento che non è per nulla costante se si osservano le cinque porzioni di filmato da noi estrapolate. A questo proposito, il ROM di Gomito calcolato come media dei singoli colpi è il più basso possibile per l'atleta di categoria SL4 (78.97 °). Ciò nonostante, il maggior divario tra i due differenti tipi di media si ha per il giocatore di categoria SS6 (29.81 °) e, di contro, la minima disparità tra queste due tipologie di media si ha per l'atleta di categoria SL4 (10.32 °). In generale, la notevole discrepanza tra il ROM del colpo medio e il ROM medio dei singoli colpi non conduce sempre ad un accordo per quanto riguarda i risultati a cui si giunge in ambedue le

condizioni medie. Anzi, possiamo affermare che questa disparità tra media dei singoli colpi e colpo medio è in assoluto la più grande se si effettua un rapido confronto con quanto accade per Spalla ed Anca.

Atleta	Gomito 1 [°]	Gomito 2 [°]	Gomito 3 [°]	Gomito 4 [°]	Gomito 5 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	175.33	174.34	176.15	-	-	175.27	153.33	21.95
WH2	89.94	177.17	177.97	175.10	175.18	159.07	123.82	35.26
SL3	116.02	95.18	173.68	145.88	84.87	123.13	105.73	17.40
SL4	93.58	98.02	59.55	92.07	51.60	78.97	68.64	10.32
SU5	162.47	154.05	179.84	152.85	177.51	165.35	145.12	20.23
SS6	176.19	38.86	124.60	43.00	71.38	90.81	61.00	29.81

Tabella 113: Range di Movimento del Gomito nel Clear.

- ANCA E SUO ROM

I grafici riguardanti l'Angolo di Anca (Figura 92, 93 e 94) rivelano che i partecipanti allo studio mantengono questa articolazione in continua estensione. Per la precisione, l'Angolo di Anca tende ad oscillare attorno ad un dato valore numerico effettuando prima una piccola estensione e poi una piccola flessione. Tale oscillazione è attribuibile al movimento eseguito dal busto che, prima, indietreggia per caricare il colpo e, successivamente, si inclina in avanti per trasferire più forza possibile nell'impatto. In particolar modo, la fase in cui il tronco si sposta all'indietro è ben visibile nei Wheelchair. Infatti, chi compete in carrozzina non può contare su eventuali spostamenti verticali e, di fatto, è costretto a lavorare sulla posizione assunta dal busto. Infatti, i Wheelchair essendo dotati di una sedia a rotelle presentano un angolo di Anca molto simile all'inizio del colpo che, in seguito, tende ad aumentare a causa di una distensione all'indietro degli stessi giocatori. Successivamente, il valore associato all'Angolo di Anca diminuisce, o si mantiene costante, perché il soggetto piega il busto in avanti o, comunque, torna ad assumere la medesima posizione adottata in partenza. Gli Standing o gli Short Stature, rimanendo quasi sempre in una posizione eretta, possiedono un Angolo di Anca all'incirca costante per tutta la durata del colpo che tuttavia può assumere un valore di poco più piccolo all'inizio o alla fine del tiro. Si tratta, giustappunto, di due momenti dove l'atleta avvicina maggiormente il busto agli arti inferiori.

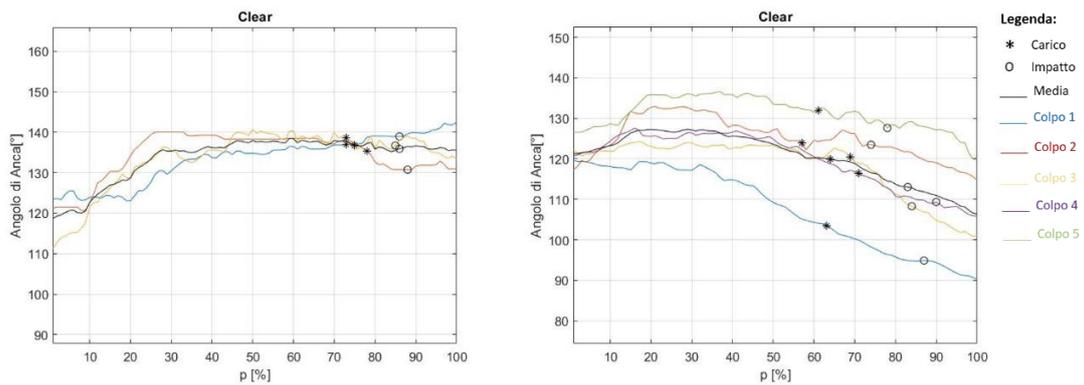


Figura 92: Andamento dell'Angolo di Anca nei Wheelchair (WH1 a destra, WH2 a sinistra) quando eseguono un Clear.

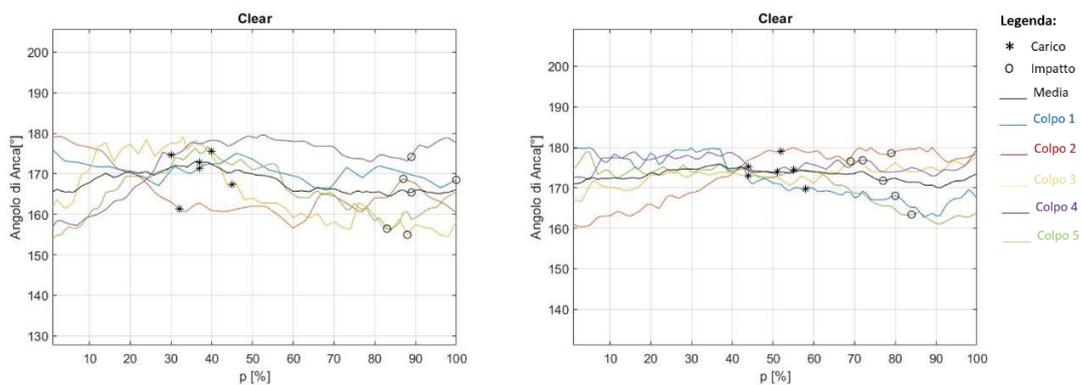


Figura 93: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SL3 a destra, SL4 a sinistra) quando eseguono un Clear.

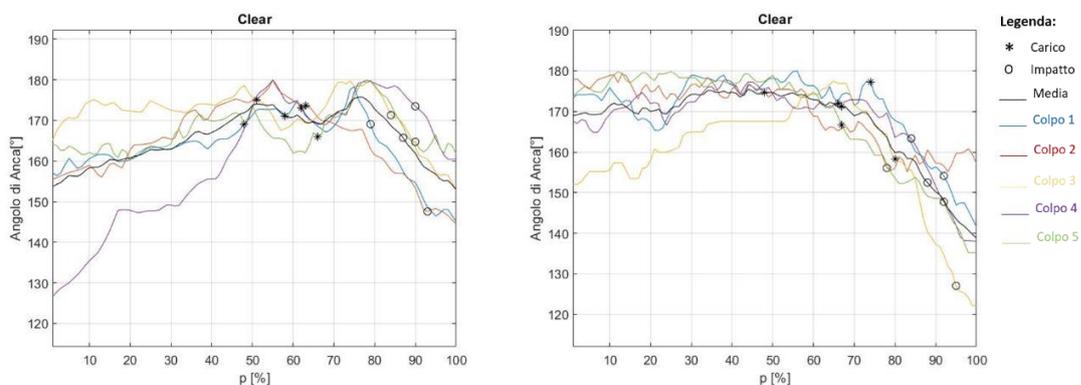


Figura 94: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SU5 a destra, SS6 a sinistra) quando eseguono un Clear.

Osservando i valori numerici riportati in Tabella 114 per ciascun videoclip, possiamo affermare che il ROM dell'Anca è massimo nell'atleta di categoria SS6 (55.29 °). Inoltre, quanto appena detto viene confermato anche dai due diversi valori medi qui tabellati. Infatti, il range di movimento dell'Anca ottenuto dal giocatore di categoria SS6 rappresenta il valore di ROM in assoluto più grande, sia nel momento in cui si decide di esaminare il colpo medio (36.62 °) sia nel caso in cui si sceglie di valutare la media dei singoli colpi (40.43 °). D'altra parte, possiamo affermare che il ROM dell'Anca è minimo nel giocatore di categoria SL4. Tale considerazione è valida in tutte e tre le condizioni da noi prese in esame: singoli videoclip (7.42 °), media dei singoli videoclip (14.71

°) e colpo medio (5.94 °), in quanto l'Angolo di Anca relativo all'atleta di categoria SL4 presenta un andamento pressoché costante in tutte e cinque le porzioni di filmato da noi estrapolate. In generale, sussiste sempre una certa discrepanza tra il ROM del colpo medio e il ROM medio dei singoli colpi ma questo gap conduce comunque ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni a cui si giunge in tutte e tre le condizioni precedentemente passate al vaglio. Ad ogni modo, l'errore commesso nel considerare solamente la media dei singoli colpi, piuttosto che il solo valore numerico derivante dal colpo medio, sarebbe massimo per l'atleta di categoria SL3 (11.93 °) e minimo per il giocatore di categoria WH2 (0.99 °). In conclusione, possiamo affermare che questa disparità tra media dei singoli colpi e colpo medio è in assoluto la più piccola se si effettua un rapido confronto con quanto accade per Spalla e Gomito.

Atleta	Anca 1 [°]	Anca 2 [°]	Anca 3 [°]	Anca 4 [°]	Anca 5 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	19.35	19.44	29.40	-	-	22.73	19.75	2.98
WH2	29.37	18.16	23.41	21.74	16.78	21.89	20.91	0.99
SL3	9.50	22.60	24.69	22.59	22.93	20.46	8.54	11.93
SL4	17.24	19.68	11.32	7.42	17.91	14.71	5.94	8.77
SU5	33.17	35.41	26.90	5.41	19.53	33.68	22.82	10.86
SS6	38.39	24.21	55.29	39.70	44.56	40.43	36.62	3.81

Tabella 114: Range di Movimento dell'Anca nel Clear.

4.8.2 Il Drive.

- SPALLA E SUO ROM

I grafici riportati qui di seguito rivelano che l'Angolo di Spalla non ha lo stesso andamento in tutti e cinque i giocatori qui analizzati. Gli atleti che competono in carrozzina (Figura 95) ed il giocatore di categoria SL3 (Figura 96, lato sinistro) alternano, solitamente, una fase di estensione, all'inizio, con una fase di flessione, alla fine. Il passaggio dalla fase di estensione alla successiva fase di flessione avviene gradualmente. Ne consegue che i Wheelchair caricano il colpo e, successivamente, colpiscono il volano quando la qui presente articolazione è ormai estesa. Allo stesso modo, nel giocatore di categoria SL3 sia l'istante di carico che l'istante di impatto si verificano quando questa specifica articolazione è ben estesa. Fanno eccezione, tuttavia, l'andamento medio e le traiettorie associate al primo e terzo videoclip. Infatti, osservando quanto indicato su queste curve, si nota il soggetto emiplegico intento a caricare il colpo durante la fase di flessione. A questo proposito, nel primissimo videoclip associato al giocatore di categoria SL3 l'Angolo di Spalla è costantemente in flessione e, in quanto tale, l'istante di carico e l'istante di impatto avvengono a Spalla flessa. D'altra parte, gli atleti di categoria SL4 (Figura 96, lato destro) e SS6 (Figura 97, lato destro) sono sempre in estensione. Di conseguenza, entrambi i giocatori caricano il colpo e colpiscono lo "shuttlecock" quando la qui presente articolazione è estesa. In

particolar modo, nel soggetto con protesi transtibiale, l'Angolo di Spalla ha un andamento pressoché costante, tanto è vero che si mantiene nell'intorno di un dato valore numerico. Ciò nonostante, la traiettoria media del giocatore di categoria SL4 non è molto rappresentativa di quanto accade nei singoli videoclip dato che alterna una fase di estensione, iniziale, ad una fase di flessione, finale. Al contrario, nel giocatore affetto da acondroplasia, l'Angolo di Spalla subisce delle oscillazioni decisamente più marcate come accade, ad esempio, nel primissimo videoclip. I giocatori con un andamento della racchetta più affusolato (WH1 e SL4) presentano degli andamenti relativi all'Angolo di Spalla molto più segmentati e stretti mentre gli atleti con delle traiettorie di racchetta decisamente più ampie (WH2 e SL3) hanno delle traiettorie riferite all'Angolo di Spalla altrettanto ampie. Il comportamento seguito dal giocatore affetto da acondroplasia SS6 a volte segue quanto indicato per gli atleti di categoria WH1 e SL4 e altre volte conforma quanto indicato per gli atleti di categoria WH2 e SL3.

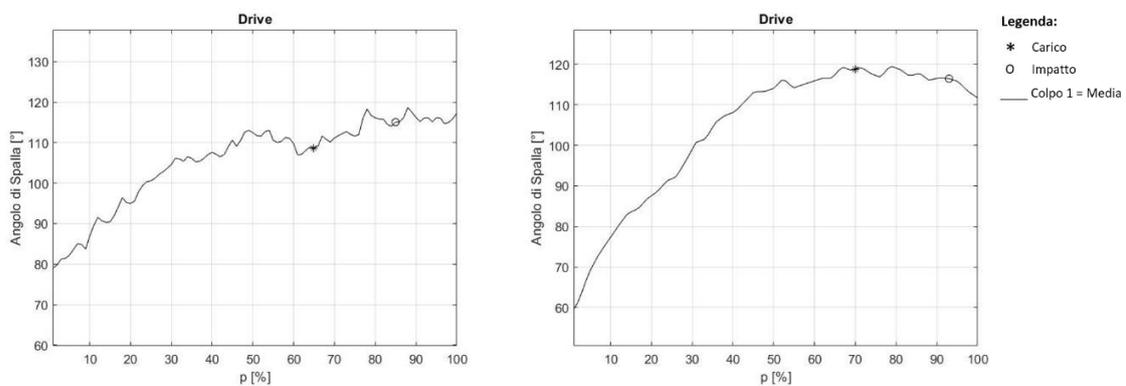


Figura 95: Andamento dell'Angolo di Spalla nei Wheelchair (WH1 a destra, WH2 a sinistra) durante l'esecuzione di un Drive.

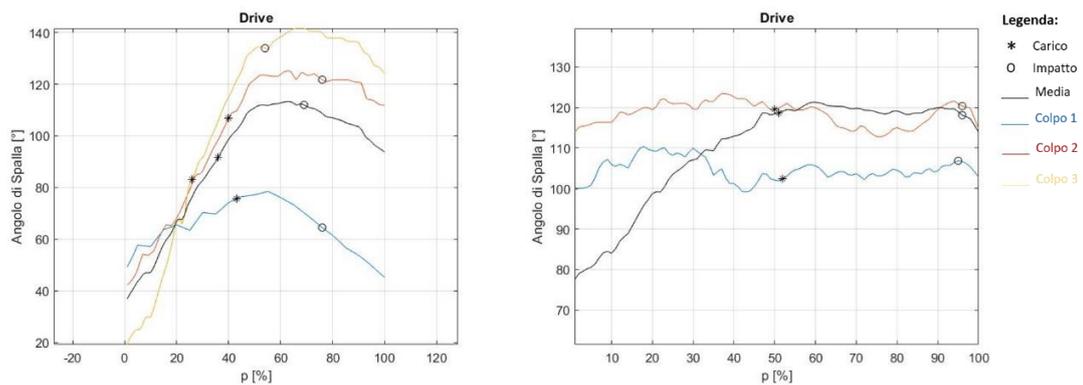


Figura 96: Andamento dell'Angolo di Spalla negli Standing (SL3 a destra, SL4 a sinistra) durante l'esecuzione di un Drive.

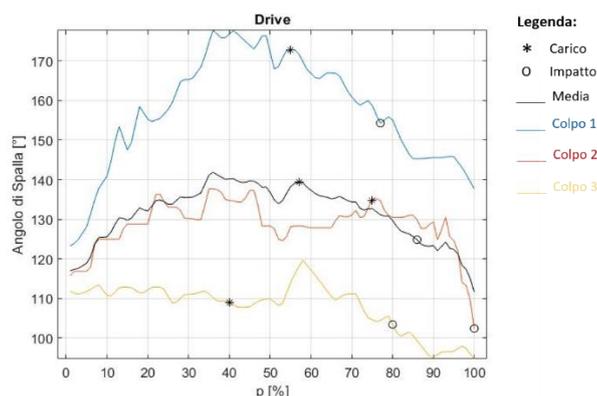


Figura 97: Andamento dell'Angolo di Spalla nel giocatore di categoria SS6 durante l'esecuzione di un Drive.

Osservando i valori numerici riportati in Tabella 115 per ciascun videoclip, possiamo affermare che il ROM di Spalla è massima nel giocatore di categoria SL3. Tale considerazione è valida in tutte e tre le condizioni da noi prese in esame: singoli videoclip (122.49 °), media dei singoli videoclip (79.61 °) e colpo medio (76.42 °). Tanto è vero che il minor divario tra i due differenti tipi di media, qui calcolati, sussiste proprio per il giocatore appena menzionato (3.19°). D'altra parte, il range di movimento della Spalla ottenuto dal giocatore di categoria SL4 rappresenta il range di movimento in assoluto più piccolo, sia quando si controllano i valori numerici attribuiti a ciascuna porzione di filmato da noi estrapolata (10.70 °) sia quando si valuta la media dei singoli colpi (7.29 °). Tuttavia, quanto appena detto non viene confermato dai valori che caratterizzano i ROM di Spalla nel colpo medio. Questa sorta di primato viene conquistato dal giocatore di categoria SS6 poiché l'ampiezza di movimento della spalla da lui acquisita in caso di colpo medio è pari a 30.26 °. Inoltre, l'errore commesso nel considerare una sola delle due medie è massimo proprio per l'atleta di categoria SL4 (36.45 °).

Atleta	Spalla 1 [°]	Spalla 2 [°]	Spalla 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	39.65	-	-	39.65	39.65	0.00
WH2	59.89	-	-	59.89	59.89	0.00
SL3	33.35	82.98	122.49	79.61	76.42	3.19
SL4	11.18	10.70	-	7.29	43.75	36.45
SS6	54.39	35.31	24.88	38.19	30.26	7.93

Tabella 115: Range di Movimento della Spalla nel Drive.

- GOMITO E SUO ROM

Come per la Spalla, i seguenti grafici rivelano che l'andamento conseguito dall'angolo di Gomito è diverso per ciascun partecipante allo studio. Gli atleti assegnati alle categorie di gioco WH1 (Figura 98, lato sinistro), SL4 (Figura 99, lato destro) e SS6 (Figura 110, lato destro) sono sempre in estensione. Ne consegue che i giocatori appena menzionati caricano il colpo con il Gomito già esteso. Tuttavia, considerando l'atleta affetto da acondroplasia, le traiettorie associate ai singoli videoclip differiscono di molto le une dalle altre ad indicare una forte variabilità intrasoggetto. D'altra parte, il giocatore di categoria WH2 (Figura 98, lato destro) alterna una fase di flessione

ad una fase di estensione. In questo specifico caso, l'istante di carico si verifica quando la suddetta articolazione sta iniziando ad estendersi, di contro, l'istante di impatto si verifica quando la suddetta articolazione è estesa. In ultima analisi, l'atleta di categoria SL3 (Figura 99, lato sinistro) alterna una fase di flessione, iniziale e molto veloce, ad una fase di estensione, finale. Analizzando il soggetto emiplegico, sia l'istante di carico che l'impatto tra l'area accordata e il volano si verificano entrambi quando questa specifica articolazione si sta estendendo. Fanno eccezione, tuttavia, l'andamento medio e la traiettoria associata al terzo videoclip. Infatti, osservando quanto indicato su queste curve, si nota il giocatore di categoria SL3 intento a caricare il colpo durante la fase di flessione.

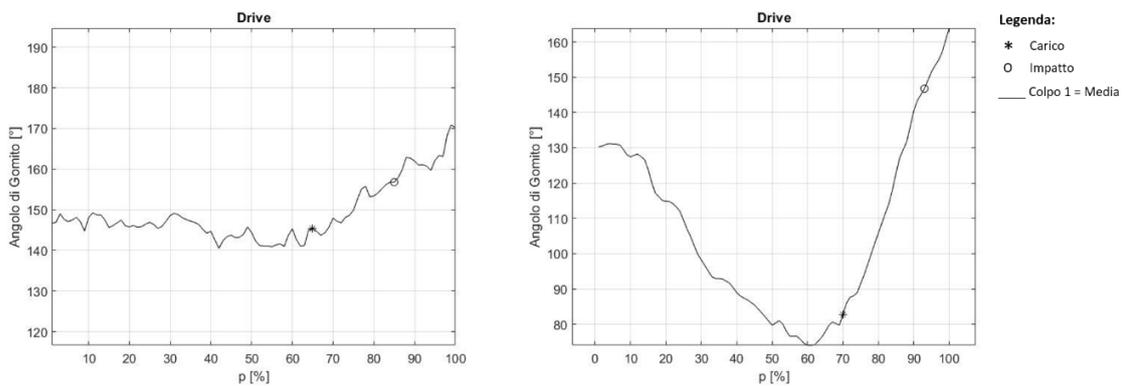


Figura 98: Andamento dell'Angolo di Gomito nei Wheelchair (WH1 a destra, WH2 a sinistra) durante l'esecuzione di un Drive.

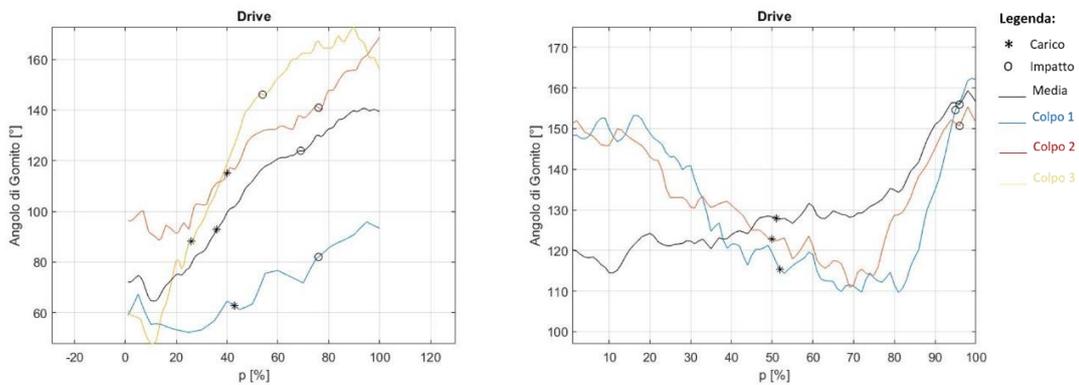


Figura 99: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SL3 a destra, SL4 a sinistra) durante l'esecuzione di un Drive.

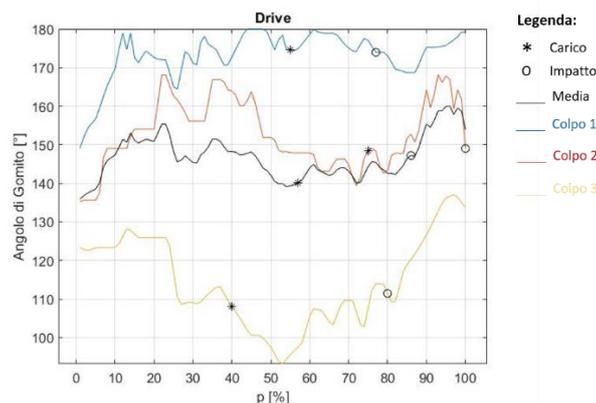


Figura 100: Andamento dell'Angolo di Spalla nel giocatore di categoria SS6 durante l'esecuzione di un Drive.

Osservando i valori numerici riportati in Tabella 116 per ciascun videoclip, possiamo affermare che il range di movimento del Gomito è massimo nell'atleta di categoria SL3 (125.24 °). Tuttavia, quanto appena detto non viene confermato dai due diversi valori medi qui tabellati. Infatti, il range di movimento del Gomito ottenuto dal giocatore di categoria WH2 rappresenta il valore di ROM in assoluto più grande, sia nel momento in cui si decide di esaminare il colpo medio (89.83°) sia nel caso in cui si sceglie di valutare la media dei singoli colpi (89.83 °). D'altra parte, possiamo affermare che il ROM del Gomito è minimo nel giocatore di categoria SS6 ma tale considerazione è valida solo per due delle tre condizioni da noi prese in esame: singoli videoclip (30.91 °) e colpo medio (24.08 °). A questo proposito, il range di movimento del Gomito calcolato come media dei singoli colpi è il più basso possibile per l'atleta di categoria SL4 (32.41 °). In generale, sussiste sempre una notevole discrepanza tra il ROM del colpo medio e il ROM medio dei singoli colpi ma questo gap è massimo per il giocatore di categoria SL4 (12.43 °) e minimo per il giocatore di categoria SL3 (6.81°).

Atleta	Gomito 1 [°]	Gomito 2 [°]	Gomito 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	30.40	-	-	30.40	30.40	0.00
WH2	89.83	-	-	89.83	89.83	0.00
SL3	43.63	80.02	125.24	82.96	76.15	6.81
SL4	52.74	44.49	-	32.41	44.84	12.43
SS6	30.91	32.95	43.89	35.92	24.08	11.83

Tabella 116: Range di Movimento del Gomito nel Drive.

- ANCA E SUO ROM

Come accadeva per il Clear, i grafici riguardanti l'Angolo di Anca rivelano che i partecipanti allo studio mantengono questa specifica articolazione in continua estensione (Figura 101, 102 e 103). Fa eccezione, tuttavia, l'atleta di categoria WH2 che, diversamente dai suoi colleghi, mantiene l'anca in una condizione di costante flessione.

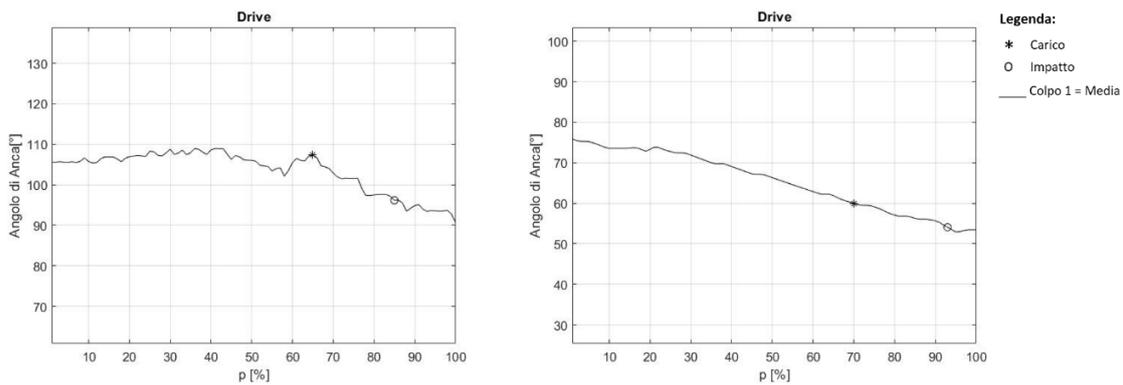


Figura 101: Andamento dell'Angolo di Anca nei Wheelchair (WH1 a destra, WH2 a sinistra) durante l'esecuzione di un Drive.

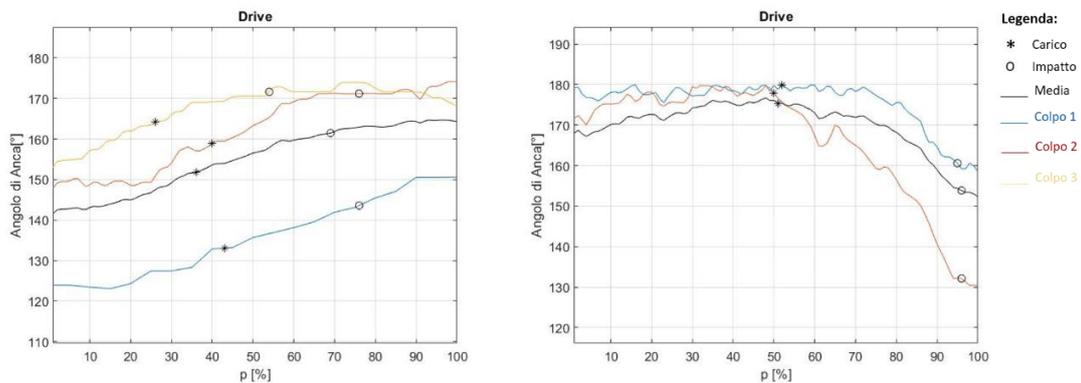


Figura 102: Andamento dell'Angolo di Anca negli Standing (SL3 a destra, SL4 a sinistra) durante l'esecuzione di un Drive.

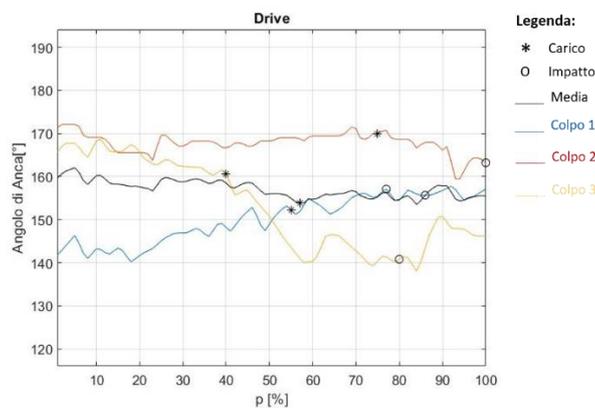


Figura 103: Andamento dell'Angolo di Anca nel giocatore di categoria SS6 durante l'esecuzione di un Drive.

Osservando i valori numerici riportati in Tabella 55 per ciascun videoclip, possiamo affermare che il range di movimento dell'Anca è massimo nell'atleta di categoria SL4(49.40°). Quanto appena detto viene confermato anche dal ROM di Anca attribuito al colpo medio dello stesso giocatore (24.37°). Tuttavia, al contrario di ciò che fino ad ora è stato esplicitato, il range di movimento dell'Anca ottenuto dal giocatore di categoria SL3 rappresenta il valore di ROM in assoluto più grande nel momento in cui si sceglie di valutare la media dei singoli colpi (24.93°). D'altra parte, possiamo affermare il ROM dell'Anca è minimo nel giocatore di categoria SS6. Tale considerazione è valida in tutte e tre le condizioni da noi prese in esame: singoli videoclip (12.62°),

media dei singoli videoclip (20.26°) e colpo medio (8.51°). Ciò nonostante, l'errore commesso nel considerare solamente la media dei singoli colpi, piuttosto che il solo valore numerico derivante dal colpo medio, sarebbe il massimo proprio per l'atleta di categoria SS6 (11.74°). Di contro, il minor divario tra i due differenti tipi di media sussiste per il giocatore di categoria SL4 (0.76°).

Infine, nel caso dei Wheelchair, il valore acquisito dal ROM di una specifica articolazione (spalla, gomito e anca) è sempre lo stesso sia quando consideriamo le misure effettuate sui singoli videoclip sia quando ci soffermiamo sulle condizioni medie qui analizzate (media dei singoli colpi e colpo medio). Il motivo è ovviamente attribuibile al fatto che per questi atleti è stata estrapola una sola porzione di filmato e, di conseguenza, anche l'errore commesso nel considerare un valore medio piuttosto che l'altro è pari a zero.

Atleta	Anca 1 [°]	Anca 2 [°]	Anca 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	18.21	-	-	18.21	18.21	0.00
WH2	22.97	-	-	22.97	22.97	0.00
SL3	27.53	26.30	20.95	24.93	23.08	1.85
SL4	21.42	49.40	-	23.61	24.37	0.76
SS6	17.57	12.62	30.58	20.26	8.51	11.74

Tabella 117: Range di Movimento dell'Anca nel Drive.

4.8.3 Lo Smash.

- SPALLA E SUO ROM

I grafici riguardanti l'Angolo di Spalla (Figura 104, 105 e 106) rivelano che i partecipanti allo studio alternano, solitamente, due fasi di flessione, una all'inizio ed una alla fine, con una fase di estensione, a sua volta collocata nel mezzo. Il passaggio dalla prima fase di flessione alla successiva fase di estensione avviene in modo piuttosto repentino. Infatti, quando il volano giunge nella propria metà campo, l'atleta deve alzare velocemente il braccio per favorire il sollevamento della racchetta. A questo punto, l'arto superiore e la racchetta sono stati ormai portati verso l'alto e, durante questo tragitto, ha inevitabilmente inizio la fase di estensione. In piena fase di estensione, l'Angolo di Spalla si mantiene nell'intorno di un dato valore numerico in quanto il braccio prima carica il colpo e, successivamente, avanza per avvicinarsi il più possibile al volano. Di conseguenza, considerando l'andamento conseguito dall'Angolo di Spalla in condizioni di Smash, l'istante di carico si verifica quando questa specifica articolazione è ben estesa. Infine, la racchetta va a colpire il volano e, in seguito all'impatto, l'arto superiore si abbassa per ritornare ad una nuova posizione di guardia. Ne consegue che il valore numerico assunto dall'Angolo di Spalla diminuisce gradualmente delineando il passaggio dalla fase di estensione all'ultima fase di flessione la quale, tuttavia, non sempre è visibile nei grafici che seguono. In ogni caso, anche l'istante di impatto avviene quando la Spalla è ben estesa. D'altre parte ci sono comunque delle traiettorie abbastanza anomale che non rispecchiano quanto descritto fino ad ora. Ad esempio,

nel terzo videoclip associato al soggetto emiplegico la prima fase di flessione viene completamente omessa. Così facendo, la traiettoria che descrive il comportamento adottato dall'Angolo di Spalla ha inizio sin da subito in una condizione di piena estensione. Allo stesso modo, l'angolo che caratterizza la suddetta articolazione è in costante estensione se si osserva il terzo videoclip riportato per l'atleta di categoria SL4. Infine, e contrariamente a quanto appena detto, l'andamento che caratterizza la prima videoclip affibbiata all'atleta di categoria SU5 pone la Spalla in continua flessione. Si tratta dell'unico caso in cui il soggetto, prima, carica il colpo e, dopo, colpisce il volano ma sempre con la Spalla flessa.

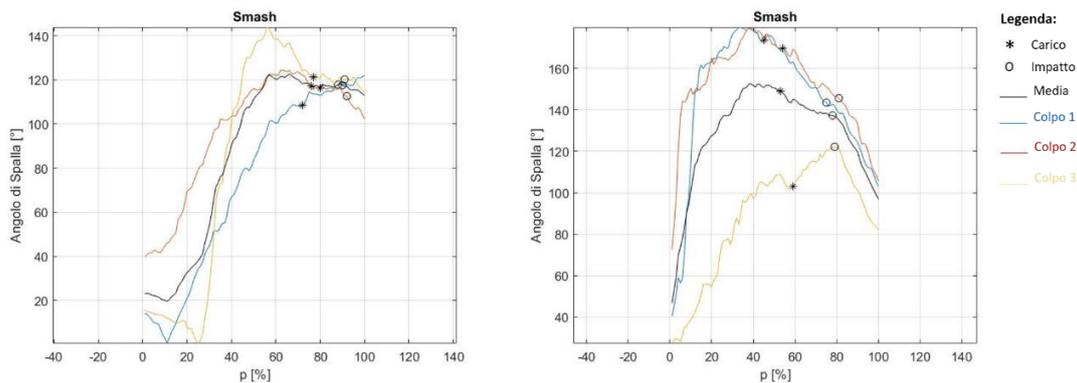


Figura 104: Andamento dell'Angolo di Spalla nei Wheelchair (WH1 a destra, WH2 a sinistra) durante l'esecuzione di uno Smash.

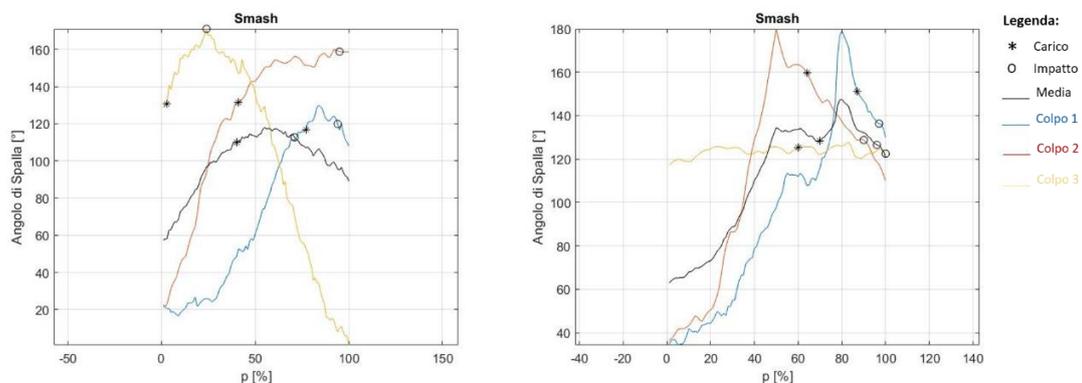


Figura 105: Andamento dell'Angolo di Spalla negli Standing (SL3 a destra, SL4 a sinistra) durante l'esecuzione di uno Smash.

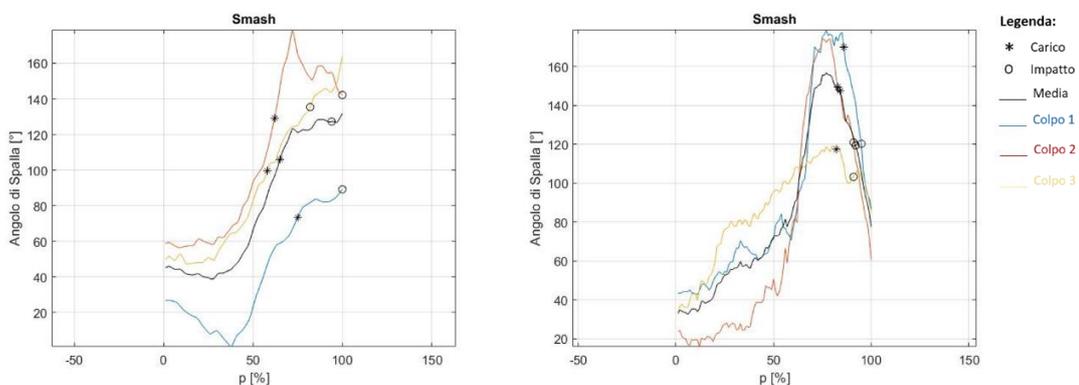


Figura 106: Andamento dell'Angolo di Spalla negli Standing (SU5 a destra, SS6 a sinistra) durante l'esecuzione di uno Smash.

Nel ROM di Spalla (Tabella 118), considerando la media dei singoli colpi ed ogni singola videoclip qui analizzata, possiamo affermare che il range di movimento della Spalla è massimo nell'atleta di categoria SL3 (170.08° singola videoclip; 140.62°media dei singoli videoclip). Tuttavia, la conclusione a cui si è giunti fino ad ora viene completamente smentita nel momento in cui si decide di esaminare il colpo medio. In questo specifico caso, infatti, il range di movimento della Spalla ottenuto dal giocatore di categoria SL3 rappresenta il valore di ROM in assoluto più piccolo (60.48°). Tanto è vero che il maggior divario tra i due differenti tipi di media, qui calcolati, sussiste proprio per il giocatore appena menzionato (80.14°).

Atleta	Spalla 1 [°]	Spalla 2 [°]	Spalla 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	121.28	84.86	143.38	116.51	103.16	13.35
WH2	139.45	107.33	94.90	113.89	105.76	8.13
SL3	113.26	138.52	170.08	140.62	60.48	80.14
SL4	144.93	143.45	10.72	99.70	84.66	15.04
SU5	88.40	122.47	117.02	109.30	93.01	16.29
SS6	136.32	158.41	86.76	127.16	124.32	2.84

Tabella 118: Range di Movimento della Spalla nello Smash.

- GOMITO E SUO ROM

A differenza di quanto detto per la Spalla, i seguenti grafici rivelano che l'andamento conseguito dall'angolo di Gomito è diverso per ciascun partecipante allo studio. Gli atleti assegnati alle categorie di gioco WH2 (Figura 107, lato destro), SL4 (Figura 108, lato destro) e SU5 (Figura 109 lato sinistro) alternano una fase di flessione, all'inizio, con una fase di estensione, alla fine. Tuttavia, considerando l'atleta in carrozzina, la traiettoria associata al terzo videoclip ha un andamento completamente opposto rispetto a quanto detto in precedenza. Infatti, in questo specifico caso, il giocatore di categoria WH2 alterna due fasi di estensione, una all'inizio e una alla fine, con una fase di flessione, a sua volta collocata nel mezzo. Allo stesso modo, anche il terzo videoclip dell'atleta con protesi transtibiale pone il Gomito in continua estensione. Ciò nonostante, i giocatori appena menzionati tendono a caricare il colpo e, successivamente, a colpire il volano mantenendo il Gomito in estensione. Si tratta, ad ogni modo, di una considerazione piuttosto generica dalla quale vengono in parte estromessi il terzo e primo videoclip a loro volta acquisiti, rispettivamente, per i giocatori di categoria WH2 e SU5. Infatti, in ambedue le traiettorie, l'istante di carico si colloca in una fase di flessione ma l'istante di impatto permane in una fase di estensione, come detto in precedenza. D'altra parte, per ognuno degli atleti appartenenti alle categorie di gioco WH1 (Figura 107, lato sinistro), SL3 (Figura 1078 lato sinistro) e SS6 (Figura 109, lato destro) sono state graficate tre traiettorie che differiscono di molto le une dalle altre ad indicare una forte variabilità intrasoggetto. Le principali condizioni che tendono a presentarsi nei grafici a loro attribuiti sono: una fase di flessione seguita da una fase di estensione, un'unica fase di sola estensione o una fase di estensione interrotta da un breve

periodo di flessione. Ad ogni modo, anche per questi atleti l'istante di carico e l'impatto tra l'area accordata ed il volano avvengono con il Gomito esteso.

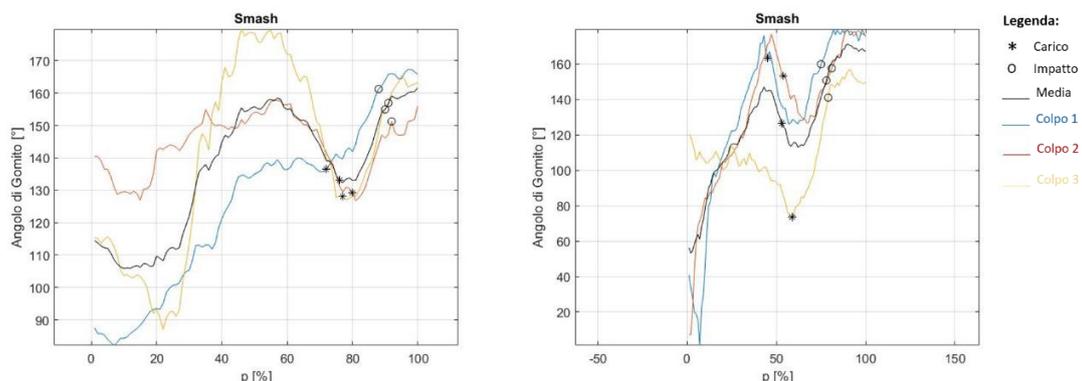


Figura 107: Andamento dell'Angolo di Gomito nei Wheelchair (WH1 a destra, WH2 a sinistra) durante l'esecuzione di uno Smash.

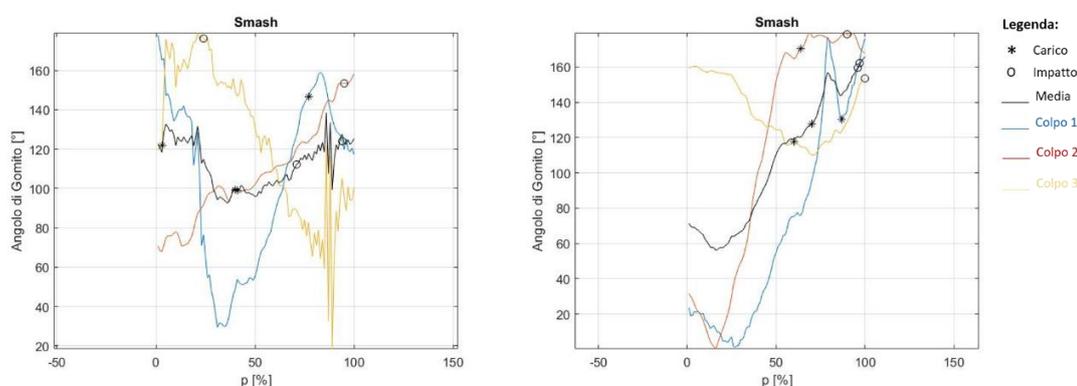


Figura 108: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SL3 a destra, SL4 a sinistra) durante l'esecuzione di uno Smash.

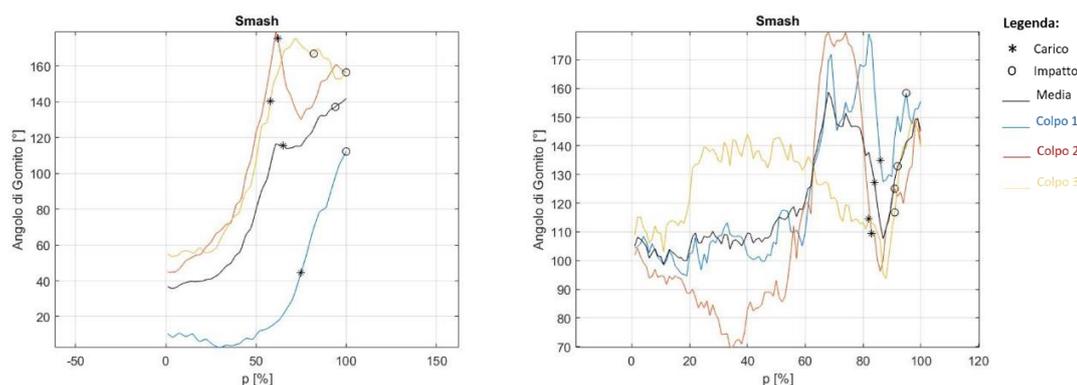


Figura 109: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SU5 a destra, SS6 a sinistra) durante l'esecuzione di uno Smash.

In modo analogo alla Spalla, il giocatore di categoria SL4 presenta in corrispondenza del secondo videoclip un range di movimento del Gomito (Tabella 119) che è più grande rispetto ai valori numerici conseguiti dai suoi colleghi (179.27°). Tuttavia, lo stesso giocatore possiede in prossimità del terzo videoclip un range di movimento del Gomito che è decisamente più piccolo rispetto a quanto indicato per i suoi colleghi (50.28°). Ciò nonostante, non si tratta nemmeno dell'atleta per il quale si commette il maggior errore di valutazione ma, a causa dell'outlier

tabellato per l'ultimo videoclip, l'andamento medio del ROM di Gomito viene completamente sbilanciato.

Atleta	Gomito 1 [°]	Gomito 2 [°]	Gomito 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	85.11	31.10	92.76	69.66	55.72	13.94
WH2	178.60	171.98	83.51	144.70	118.13	26.57
SL3	148.63	90.23	160.78	133.21	45.99	87.22
SL4	175.57	179.27	50.28	135.04	109.54	25.50
SU5	109.55	134.51	121.89	121.99	106.10	15.89
SS6	84.42	110.24	55.16	83.27	60.01	23.26

Tabella 119: Range di Movimento del Gomito nello Smash.

- ANCA E SUO ROM

I grafici riguardanti l'Angolo di Anca (Figura 110, 111 e 112) rivelano che i partecipanti allo studio mantengono questa articolazione in continua estensione. Tuttavia, nel terzo videoclip associato al giocatore di categoria WH2, l'Anca è costantemente in flessione.

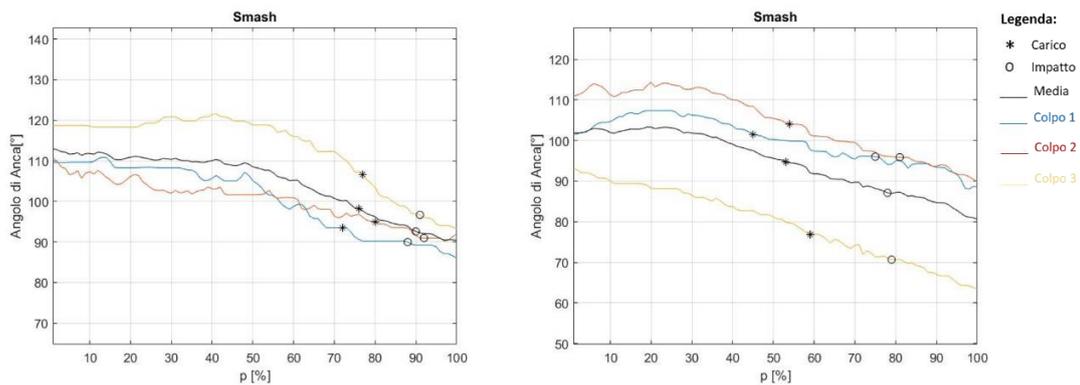


Figura 110: Andamento dell'Angolo di Anca nei Wheelchair (WH1 a destra, WH2 a sinistra) durante l'esecuzione di uno Smash.

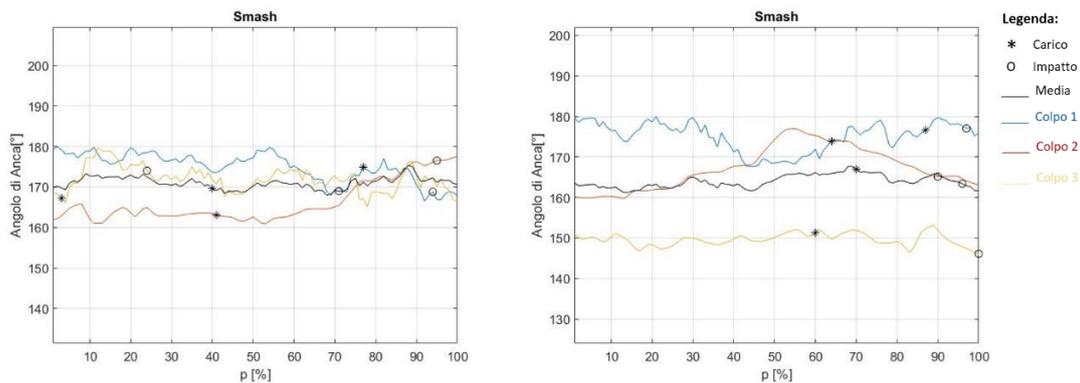


Figura 111: Andamento dell'Angolo di Anca negli Standing (SL3 a destra, SL4 a sinistra) durante l'esecuzione di uno Smash.

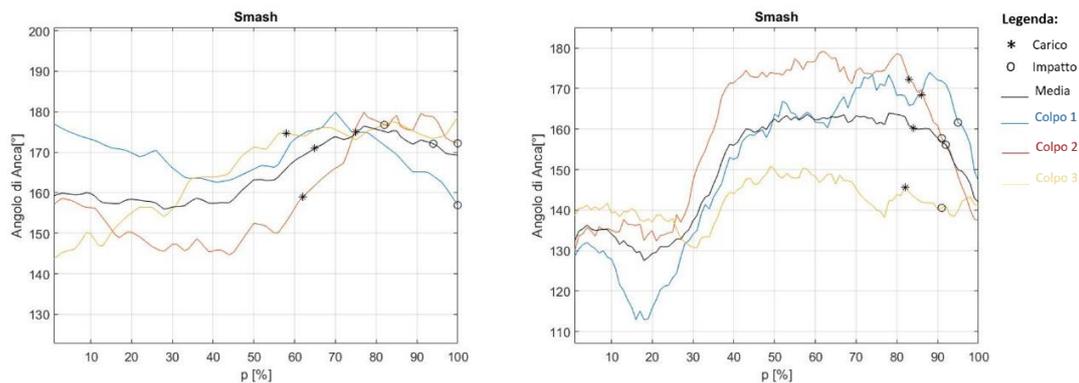


Figura 112: Andamento dell'Angolo di Anca negli Standing (SU5 a destra, SS6 a sinistra) durante l'esecuzione di uno Smash.

In ultima analisi, il range di movimento (Tabella 120) dell'Anca è massimo nell'atleta di categoria SS6. Tale considerazione è valida in tutte e tre le condizioni da noi prese in esame: singoli videoclip (61.06 °), media dei singoli videoclip (43.48°) e colpo medio (36.37°). D'altra parte, possiamo affermare che il range di movimento dell'Anca è minimo nel giocatore di categoria SL4. Anche in questo caso, la conclusione a cui si giunge viene comprovata da tutte e tre le condizioni da noi analizzate: singoli videoclip (7.08°), media dei singoli colpi (12.25°) e colpo medio (6.44 °). In generale, sussiste sempre una certa discrepanza tra il ROM del colpo medio e il ROM medio dei singoli colpi ma questo gap conduce comunque ad un accordo per quanto riguarda i risultati a cui si giunge in tutti e tre i casi presi in esame. Nello specifico, questa disparità è massima per il giocatore di categoria SU5 (10.53°) e, di contro, è minima per il giocatore di categoria WH2 (1.86°). In conclusione, possiamo affermare che questa disparità tra media dei singoli colpi e colpo medio è in assoluto la più piccola se si effettua un rapido confronto con quanto accade per Spalla e Gomito.

Atleta	Anca 1 [°]	Anca 2 [°]	Anca 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	24.82	20.47	28.42	24.57	22.57	2.00
WH2	19.32	24.45	29.91	24.56	22.70	1.86
SL3	13.45	16.67	14.58	14.90	7.32	7.58
SL4	12.36	17.32	7.08	12.25	6.44	5.81
SU5	22.96	35.17	34.92	31.02	20.48	10.53
SS6	61.06	49.33	20.05	43.48	36.37	7.11

Tabella 120: Range di Movimento dell'Anca nello Smash.

4.8.4 Il Servizio di Dritto.

- SPALLA

I grafici riportati qui di seguito rivelano che l'Angolo di Spalla segue un andamento abbastanza simile nei primi tre giocatori qui analizzati. Infatti, gli atleti di categoria WH1 (Figura 113), SL4 (Figura 114) e SU5 (Figura 115, lato sinistro) hanno sempre la Spalla flessa anche quando il valore associato all'Angolo di Spalla riflette dei movimenti di flessione-estensione. Fa eccezione,

tuttavia, il primo videoclip associato al giocatore di categoria SU5 per il quale si osserva una fase di flessione iniziale seguita da una lieve fase di estensione finale. In modo analogo, anche il giocatore di categoria SS6 (Figura 115, lato destro) mantiene la Spalla flessa all'inizio del Servizio per poi estenderla al termine del colpo. Inoltre, il passaggio dalla fase di flessione alla successiva fase di estensione viene temporaneamente interrotto da un'ulteriore chiusura dell'Angolo di Spalla. Nonostante le differenze fino a qui elencate, sia il Wheelchair che gli Standing caricano il colpo e, in un secondo momento, colpiscono il volano quando la qui presente articolazione è flessa.

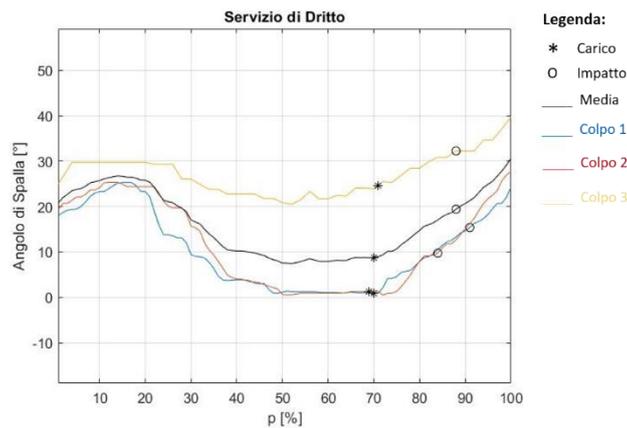


Figura 113: Andamento dell'Angolo di Spalla nel giocatore di categoria WH1 durante un Servizio di Dritto.

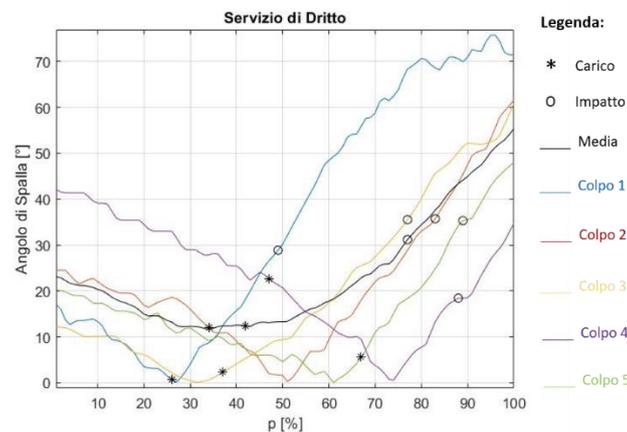


Figura 114: Andamento dell'Angolo di Spalla nel giocatore di categoria SL4 durante un Servizio di Dritto.

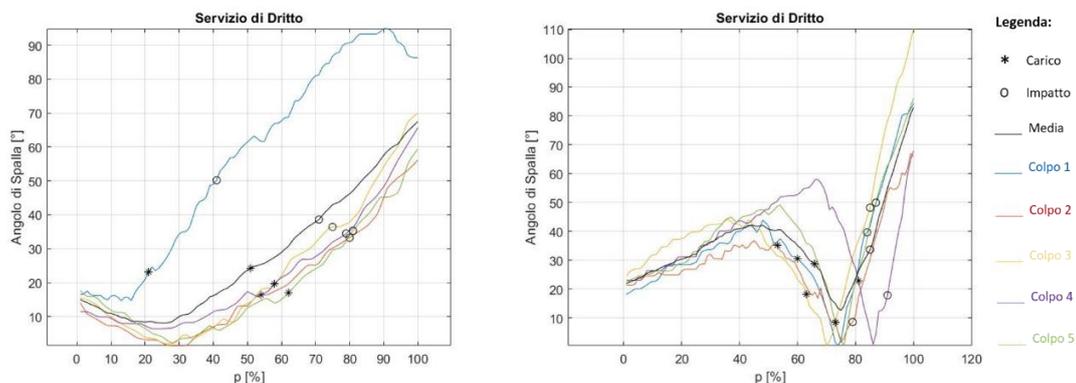


Figura 115: Andamento dell'Angolo di Spalla negli Standing (SU5 a destra, SS6 a sinistra) durante un Servizio di Dritto.

- GOMITO

I grafici riportati qui di seguito (Figura 116, 117 e 118) rivelano che l'Angolo di Gomito segue un andamento abbastanza simile nei giocatori di categoria SL4 e SS6: il Gomito è sempre esteso nonostante il valore associato all'angolo subisca delle importanti oscillazioni. D'altra parte, il giocatore di categoria SU5 mantiene la Spalla estesa all'inizio del Servizio per poi fletterla leggermente al termine del colpo. Ciò nonostante, considerando sempre l'atleta di categoria SU5, la traiettoria associata al primissimo videoclip mostra un Gomito in costante estensione. Ad ogni modo, nonostante le differenze fino a qui elencate, sia il Wheelchair che gli Standing caricano il colpo e, in un secondo momento, colpiscono il volano quando la qui presente articolazione è estesa.

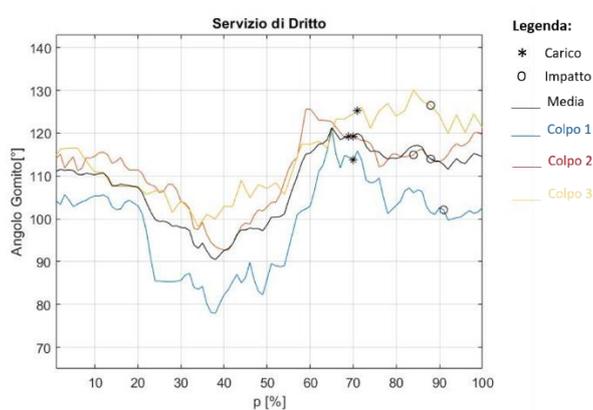


Figura 116: Andamento dell'Angolo di Gomito nel giocatore di categoria WH1 durante un Servizio di Dritto.

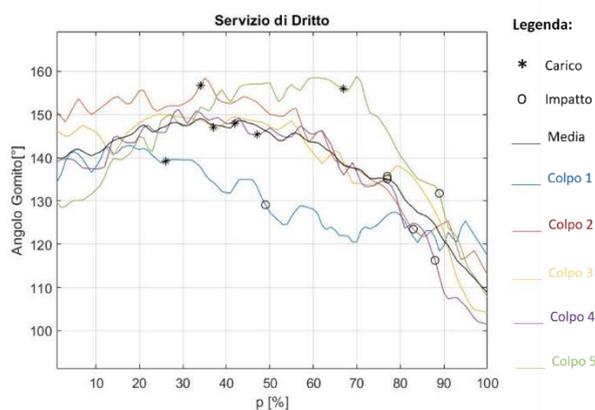


Figura 117: Andamento dell'Angolo di Gomito nel giocatore di categoria SL4 durante un Servizio di Dritto.

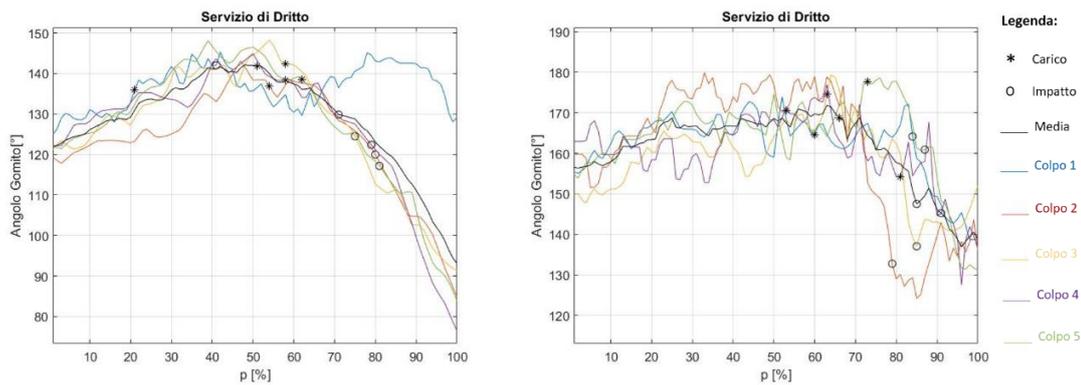


Figura 118: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SU5 a destra, SS6 a sinistra) durante un Servizio di Dritto.

- ANCA

I grafici riguardanti l'Angolo di Anca (Figura 119, 120 e 121) rivelano che i partecipanti allo studio mantengono questa articolazione in continua estensione durante il Servizio.

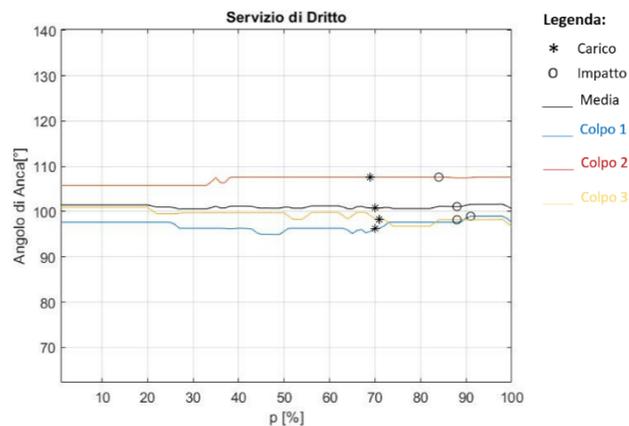


Figura 119: Andamento dell'Angolo di Anca nel giocatore di categoria WH1 durante un Servizio di Dritto.

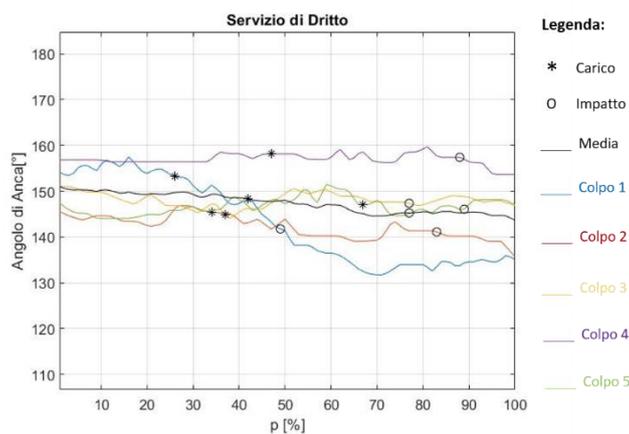


Figura 120: Andamento dell'Angolo di Anca nel giocatore di categoria SL4 durante un Servizio di Dritto.

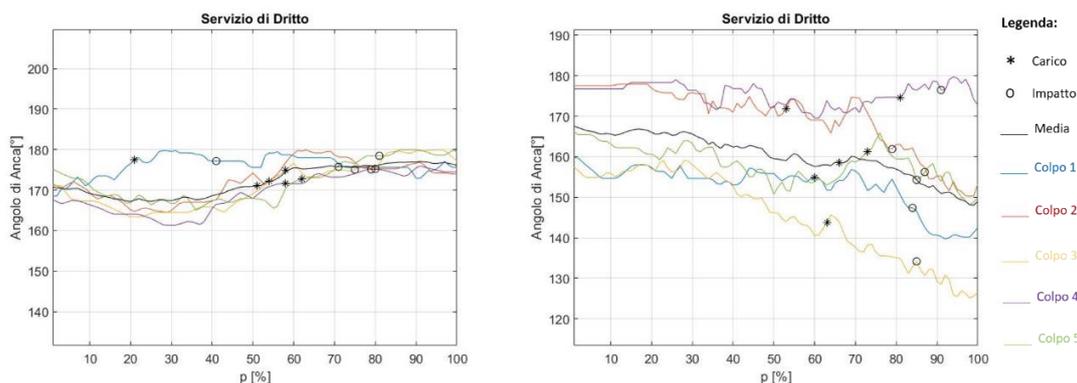


Figura 121: Andamento dell'Angolo di Anca negli Standing (SU5 a destra, SS6 a sinistra) durante un Servizio di Dritto.

- ROM

Atleta	Spalla 1 [°]	Spalla 2 [°]	Spalla 3 [°]	Spalla 4 [°]	Spalla 5 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	24.39	27.20	19.27	-	-	23.62	23.13	0.49
SL4	75.59	61.19	60.67	41.51	47.99	57.39	43.64	13.75
SU5	80.22	54.63	67.98	59.17	57.16	63.83	59.38	4.46
SS6	83.86	65.49	109.83	67.07	85.67	82.38	70.20	12.18

Tabella 121: Range di Movimento della Spalla nel Servizio di Dritto.

Atleta	Gomito 1 [°]	Gomito 2 [°]	Gomito 3 [°]	Gomito 4 [°]	Gomito 5 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	43.26	32.93	31.88	-	-	36.02	30.81	5.21
SL4	25.49	45.43	45.80	49.75	51.02	43.50	40.30	3.20
SU5	20.38	58.36	56.98	68.46	64.16	53.67	49.02	4.65
SS6	35.22	55.74	42.34	49.48	47.58	46.07	34.92	11.15

Tabella 122: Range di Movimento del Gomito nel Servizio di Dritto.

Atleta	Anca 1 [°]	Anca 2 [°]	Anca 3 [°]	Anca 4 [°]	Anca 5 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	4.03	1.81	4.18	-	-	3.34	1.04	2.30
SL4	25.75	11.11	6.95	6.02	7.41	11.45	7.33	4.12
SU5	11.40	15.45	16.51	14.62	14.92	14.58	9.87	4.71
SS6	20.08	27.64	34.01	10.23	18.15	22.02	19.52	2.50

Tabella 123: Range di Movimento dell'Anca nel Servizio di Dritto.

Per ciascun giocatore e per ciascuna delle tre articolazioni, esiste sempre una certa discrepanza tra il valore attribuito all'angolo nel colpo medio e il valore dello stesso angolo calcolato come media dei singoli videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nella Spalla (Tabella 121) e, di

contro, parrebbe minimo nell'Anca (Tabella 123). Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra le due articolazioni, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo che viene commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 4.71° per l'Anca (SU5) a fronte di una disparità di 13.75° per la Spalla (SL4). Tuttavia, nonostante la continua incombenza di questa differenza, esistono dei casi particolari in cui si ha una certa corrispondenza tra i risultati ottenuti analizzando i singoli videoclip e i risultati ottenuti in ambedue le condizioni medie. Nello specifico, possiamo affermare che l'Angolo di Spalla e l'Angolo di Anca assumono un valore che è il più piccolo in assoluto se facciamo riferimento al giocatore di categoria WH1 (Spalla: 19.27° singoli videoclip, 23.62° media dei singoli videoclip, 23.13° colpo medio; Anca: 1.81° singoli videoclip, 3.34° media dei singoli videoclip, 1.04° colpo medio). Di contro, gli stessi Angoli raggiungono la loro massima apertura nell'atleta di categoria SS6 (Spalla: 109.83° singoli videoclip, 82.38° media dei singoli colpi, 70.20° colpo medio; Anca: 34.01° singoli videoclip, 22.02° media dei singoli videoclip, 19.52° colpo medio). Infine, osservando la Tabella 122, l'Angolo interno di Gomito è il più grande in assoluto se consideriamo l'atleta di categoria SU5 (68.46° singoli videoclip, 53.67° media dei singoli colpi, 49.02° colpo medio). Ciò nonostante, esiste comunque una peculiarità per quanto riguarda i risultati conseguiti dall'atleta appena menzionato. Infatti, considerando gli angoli misurati per ciascun videoclip, il giocatore di categoria SU5 corrisponderebbe, nel contempo, al soggetto con il più piccolo Angolo di Gomito, dimostrando una notevole variabilità nella posizione assunta dall'atleta: talvolta l'arto superiore è quasi completamente esteso e altre volte l'avambraccio va a sovrapporsi al braccio andando a chiudere molto di più l'Angolo di Gomito.

4.8.5 Il Servizio di Rovescio.

- SPALLA

I grafici riportati qui di seguito rivelano che l'Angolo di Spalla non segue lo stesso iter in tutti e tre i giocatori qui analizzati. Ad esempio, gli atleti che competono in carrozzina (Figura 122) hanno sempre la Spalla flessa nonostante il valore associato all'Angolo di Spalla esegue un movimento di estensione durante il Servizio. Il giocatore di categoria SL3 (Figura 123) alterna una fase di estensione a una di flessione. Nonostante le differenze fino a qui elencate, sia lo Standing che i Wheelchair caricano il colpo e, in un secondo momento, colpiscono il volano quando la presente articolazione è flessa. Ciò che distingue un giocatore dall'altro è la posizione assunta dall'istante di carico e dall'istante di impatto. Infatti, l'atleta di categoria WH1 carica il colpo e colpisce il volano sin da subito, mentre l'atleta di categoria WH2 presenta l'istante di carico e l'istante di impatto circa a metà della traiettoria. Infine, il soggetto affetto da emiplegia prepara il colpo e, in seguito, va ad impattare contro lo "shuttlecock" quando la traiettoria è oramai quasi conclusa.

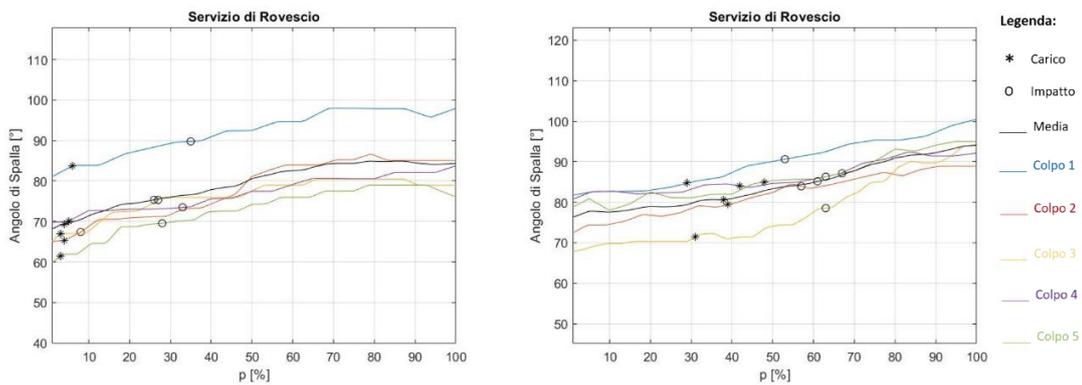


Figura 122: Andamento dell'Angolo di Spalla nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante un Servizio di Rovescio.

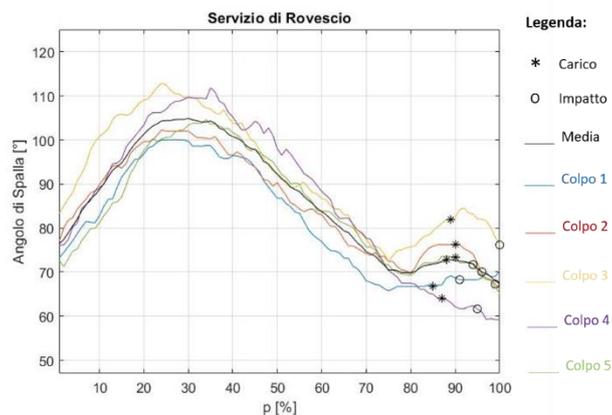


Figura 123: Andamento dell'Angolo di Spalla nel giocatore di categoria SL3 durante un Servizio di Rovescio.

- GOMITO

I grafici riportati qui di seguito rivelano che l'Angolo di Gomito segue un andamento abbastanza simile in tutti e tre i giocatori qui analizzati. Infatti, gli atleti che competono in carrozzina (Figura 124) ed il giocatore di categoria SL3 (Figura 125) hanno sempre il Gomito esteso. Infatti, il valore associato all'Angolo di Gomito è caratterizzato da una graduale estensione per l'atleta di categoria WH2 e, inoltre, sia lo Standing che i Wheelchair caricano il colpo e, in un secondo momento, colpiscono il volano quando la qui presente articolazione è estesa. Ciò che distingue un giocatore dall'altro è la posizione assunta dall'istante di carico e dall'istante di impatto. Infatti, l'atleta di categoria WH1 carica il colpo e colpisce il volano sin da subito, mentre l'atleta di categoria WH2 presenta l'istante di carico e l'istante di impatto circa a metà della traiettoria. Infine, il soggetto affetto da emiplegia prepara il colpo e, in seguito, va ad impattare contro lo "shuttlecock" quando la traiettoria è oramai quasi conclusa.

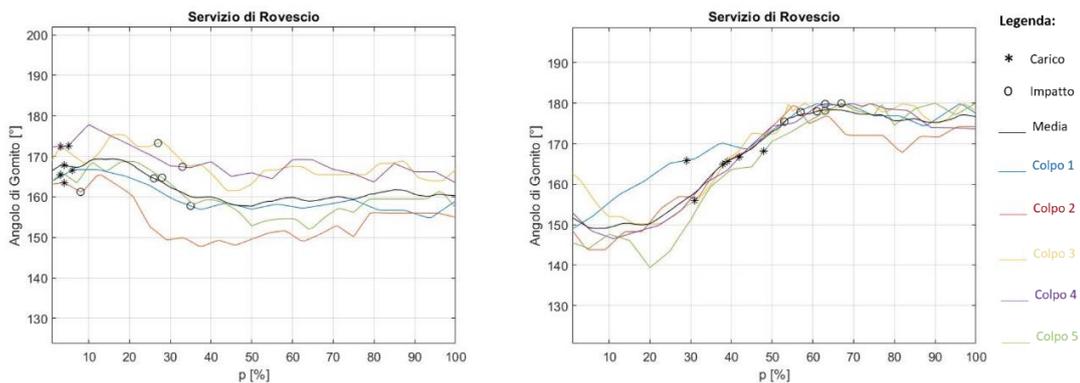


Figura 124: Andamento dell'Angolo di Gomito nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante un Servizio di Rovescio.

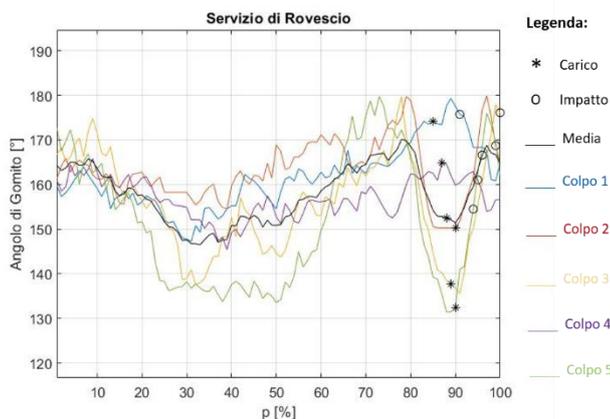


Figura 125: Andamento dell'Angolo di Gomito nel giocatore di categoria SL3 durante un Servizio di Rovescio.

- ANCA

I grafici riportati qui di seguito rivelano che l'Angolo di Anca non segue lo stesso iter in tutti e tre i giocatori qui analizzati. Ad esempio, gli atleti di categoria WH1 (Figura 126, lato sinistro) e SL3 (Figura 127) hanno un andamento pressoché costante dove l'Anca rimane sostanzialmente estesa per tutta la durata del colpo. Fa eccezione, tuttavia, il primo videoclip associato al giocatore di categoria WH1 per il quale si osserva una leggera flessione dell'Anca. D'altra parte, il giocatore di categoria WH2 alterna una fase di estensione iniziale ad una fase di lieve flessione finale. Il passaggio dalla fase di estensione alla successiva fase di flessione avviene gradualmente. Ne consegue che l'atleta di categoria WH1 ed il soggetto emplegico caricano il colpo e, successivamente, colpiscono il volano quando la qui presente articolazione è estesa. Al contrario, il giocatore di categoria WH2 prepara il colpo ed in seguito va ad impattare contro lo "shuttlecock" quando la summenzionata articolazione è flessa. Quest'ultima condizione si ripresenta nel primo videoclip associato all'atleta di categoria WH1 il quale, peraltro, tende a caricare il colpo e a colpire il volano sin da subito. Di contro, l'atleta di categoria WH2 presenta l'istante di carico e l'istante di impatto circa a metà della traiettoria mentre il soggetto affetto da emiplegia prepara il colpo e, in seguito, va ad impattare contro lo "shuttlecock" quando la traiettoria è oramai conclusa.

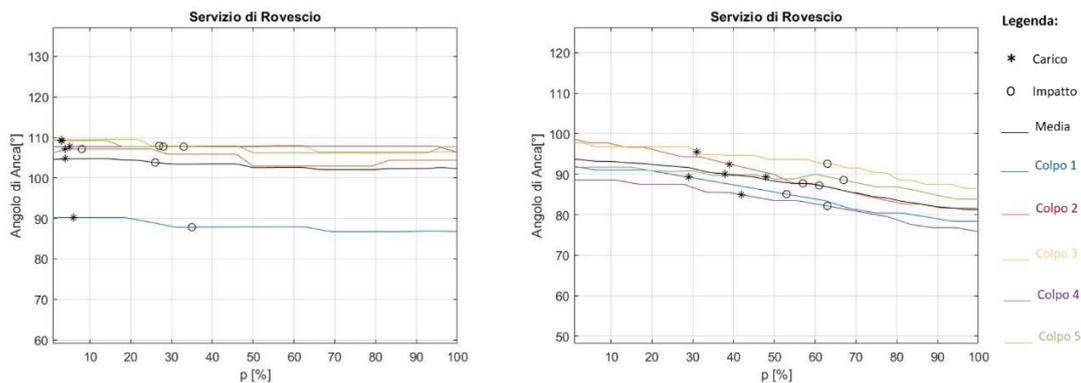


Figura 126: Andamento dell'Angolo di Anca nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante un Servizio di Rovescio.

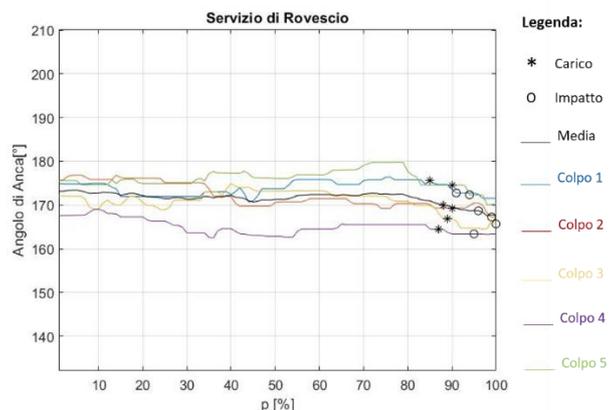


Figura 127: Andamento dell'Angolo di Anca nel giocatore di categoria SL3 durante un Servizio di Rovescio.

- ROM

Atleta	Spalla 1 [°]	Spalla 2 [°]	Spalla 3 [°]	Spalla 4 [°]	Spalla 5 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	16.89	21.61	15.37	13.98	19.13	17.40	16.75	0.65
WH2	18.75	16.48	26.15	11.60	17.01	18.00	17.79	0.20
SL3	34.33	36.11	40.46	52.61	39.38	40.58	37.49	3.09

Tabella 124: Range di Movimento della Spalla nel Servizio di Rovescio.

Atleta	Gomito 1 [°]	Gomito 2 [°]	Gomito 3 [°]	Gomito 4 [°]	Gomito 5 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	11.88	17.64	13.84	14.33	16.74	14.89	11.69	3.19
WH2	30.90	35.56	29.75	33.35	40.60	34.03	29.42	4.61
SL3	32.09	29.63	44.22	20.44	48.37	34.95	23.70	11.25

Tabella 125: Range di Movimento del Gomito nel Servizio di Rovescio.

Atleta	Anca 1 [°]	Anca 2 [°]	Anca 3 [°]	Anca 4 [°]	Anca 5 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	344	4.21	3.09	1.53	3.03	3.06	2.73	0.33
WH2	13.56	17.00	11.25	12.75	7.93	12.50	12.48	0.02
SL3	5.77	9.61	10.44	6.53	9.80	8.43	5.88	2.55

Tabella 126: Range di Movimento dell'Anca nel Servizio di Rovescio.

Per ciascun giocatore e per ciascuna delle tre articolazioni, esiste sempre una certa discrepanza tra il valore attribuito ad un dato angolo nel colpo medio e il valore dello stesso angolo calcolato come media dei singoli videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nel Gomito (Tabella 125) e, di contro, parrebbe minimo nell'Anca (Tabella 126). Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra le due articolazioni, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo che viene commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 0.02° per l'Anca (WH2) a fronte di una disparità di 11.25° per il Gomito (SL3). Tuttavia, nonostante la continua incombenza di questo gap, esistono dei casi particolari in cui si ha una certa corrispondenza tra i risultati da noi dedotti analizzando i singoli videoclip e i risultati ottenuti in ambedue le condizioni medie. Nello specifico, possiamo affermare che l'Angolo di Gomito e l'Angolo di Anca assumono un valore che è il più piccolo in assoluto se facciamo riferimento al giocatore di categoria WH1 (Gomito: 11.88° singoli videoclip, 14.89° media dei singoli videoclip, 11.69° colpo medio; Anca: 1.53° singoli videoclip, 3.06° media dei singoli videoclip, 2.73° colpo medio). Di contro, l'Angolo di Anca raggiunge la sua massima apertura nell'atleta di categoria WH2 (17.00° singoli videoclip, 12.50° media dei singoli colpi, 12.48° colpo medio). Infine, osservando la Tabella 124, l'Angolo Spalla è in assoluto il più grande se consideriamo l'atleta di categoria SL3 (52.61° singoli videoclip, 40.58° media dei singoli colpi, 37.49° colpo medio).

4.8.6 Il Drop di Dritto.

- SPALLA

Nei grafici a venire (Figura 128, 129 e 130) si osservano due principali condizioni. Una prima condizione nella quale l'Articolazione di Spalla viene mantenuta sempre in flessione, per tutta la durata del colpo, ed una seconda condizione in cui si alterna una fase di flessione iniziale ad una fase di estensione finale. A partire da questa distinzione piuttosto basilare ci si accorge inevitabilmente di alcune piccole variazioni. Ad esempio, nel giocatore di categoria WH1 e nel secondo videoclip analizzato per l'atleta di categoria SS6, la Spalla è sempre flessa ma il valore dell'angolo interno è caratterizzato da un graduale aumento dall'inizio fino alla fine del colpo. D'altra parte, nel momento in cui la Spalla raggiunge la sua massima estensione, l'angolo che definisce la posizione assunta da questa specifica articolazione può mantenersi nell'intorno di un

dato valore numerico come accade, nello specifico, per il secondo videoclip associato al soggetto emiplegico. In alternativa, quando l'Angolo di Spalla è il più possibile esteso allora il suo valore può diminuire gradualmente rimanendo pur sempre in una condizione di piena estensione, come si verifica, d'altronde, nel terzo videoclip acquisito per il soggetto con protesi transtibiale. Infine, nei giocatori di categoria SU5 e SS6, quando l'andamento dell'Angolo di Spalla prevede una fase di estensione, quest'ultima non è eccessivamente marcata.

Ad ogni modo, prendendo in esame l'unico Wheelchair qui analizzato, possiamo affermare che il comportamento seguito dall'Angolo di Spalla si ripete con una certa ricorrenza nei singoli videoclip, tanto è vero che le curve sono molto vicine tra loro quasi a sovrapporsi. Ne consegue che anche l'andamento medio è fortemente indicativo di ciò che realmente accade. Al contrario, tutti gli altri atleti sono caratterizzati da una forte variabilità intrasoggetto.

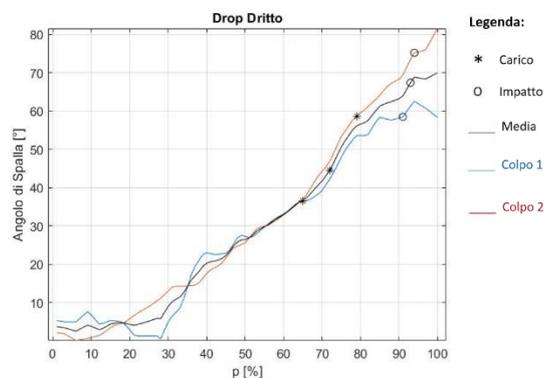


Figura 128: Andamento dell'Angolo di Spalla nel giocatore di categoria WH1 durante un Drop di Dritto.

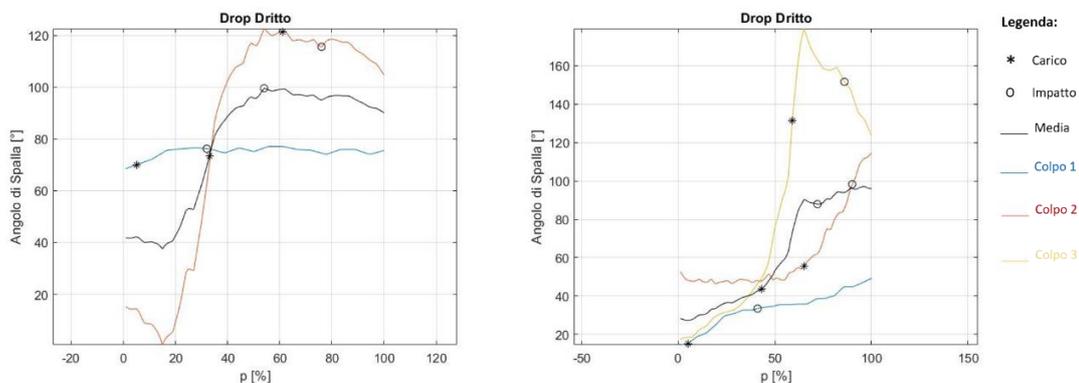


Figura 129: Andamento dell'Angolo di Spalla negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante un Drop di Dritto.

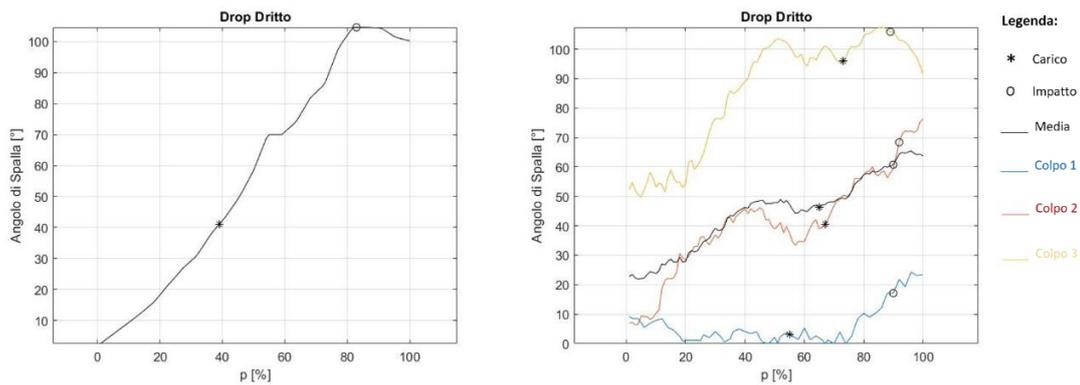


Figura 130: Andamento dell'Angolo di Spalla negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Drop di Dritto.

- GOMITO

Come per la Spalla, anche l'Angolo di Gomito (Figura 131, 132 e 133) rientra al più in due condizioni principali. Una prima condizione di continua estensione e una seconda condizione in cui si alterna una fase di flessione, all'inizio, con una fase di estensione, alla fine. Entrambe le condizioni presentano, tuttavia, delle piccole sfaccettature. Ad esempio, nel primo videoclip analizzato per il giocatore di categoria WH1, la Spalla è sempre estesa ma il valore dell'angolo interno è caratterizzato da un graduale aumento dall'inizio fino alla fine del colpo. Talvolta, quando la qui presente articolazione è flessa, il valore acquisito dall'Angolo di Gomito oscilla attorno ad un determinato grado per poi diminuire a poco a poco e, in un secondo momento, raggiungere la sua massima condizione di flessione. Ad una massima condizione di flessione segue, ovviamente, un aumento verso la fase ultima di estensione. Situazione che, nello specifico, si verifica nel secondo ed ultimo videoclip acquisiti, rispettivamente, per il Wheelchair e lo Standing di categoria SL4. Infine, nel soggetto affetto da acondroplasia l'Angolo di Gomito è sempre esteso ma il valore da lui acquisito tende ad oscillare in modo importante.

Per tutti gli atleti che hanno partecipato allo studio, l'Angolo di Gomito assume un comportamento molto diverso da un videoclip all'altro.

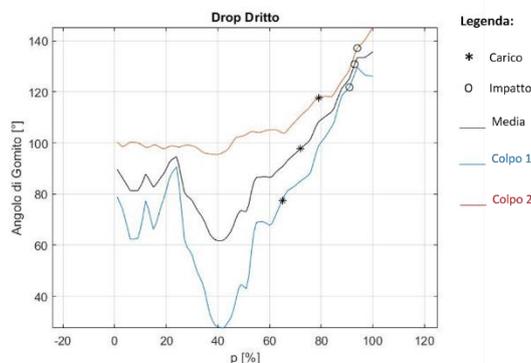


Figura 131: Andamento dell'Angolo di Gomito nel giocatore di categoria WH1 durante un Drop di Dritto.

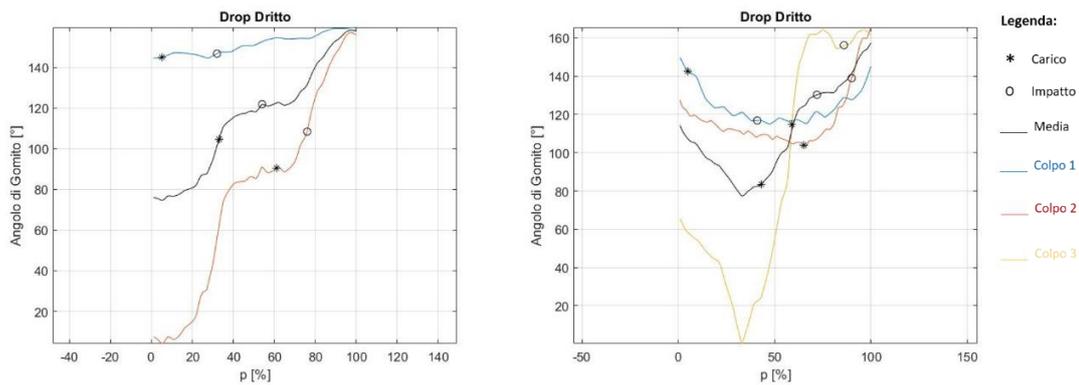


Figura 132: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante un Drop di Dritto.

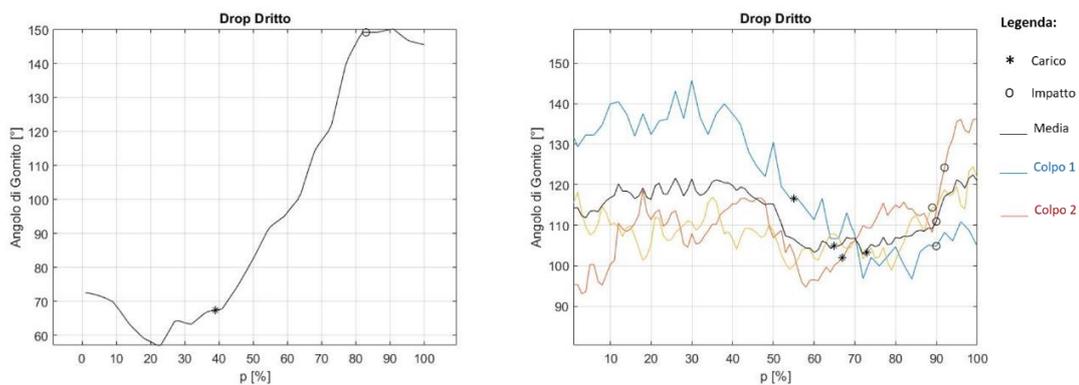


Figura 133: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Drop di Dritto.

- ANCA

In ultima analisi, l'Anca (Figura 134, 135 e 136) può essere sempre estesa oppure può alternare una fase di estensione, iniziale, ad una fase di flessione, finale. Esattamente come per il Gomito, nel soggetto di categoria SS6 l'Angolo di Anca è sempre esteso ma il valore che gli viene attribuito subisce delle importanti oscillazioni. D'altra parte, per lo Standing appartenente alla categoria di gioco SL4, nel primo ed ultimo videoclip, il valore associato all'Angolo di Anca si sottopone, man mano, ad un lieve aumento. Di contro, nel suo secondo videoclip, il valore associato all'Angolo di Anca subisce una notevole diminuzione, rimanendo pur sempre in una condizione di piena estensione. Infine, quasi sempre l'istante di carico e l'istante di impatto incorrono quando l'Anca è estesa ad eccezione, tuttavia, di ciò che viene mostrato sulla curva rossa graficata per l'atleta di categoria WH1 dove si verifica, infatti, la situazione contraria: carico e impatto con Anca flessa.

Ad ogni modo, prendendo in esame il giocatore di categoria SL3, possiamo affermare che il comportamento seguito dall'Angolo di Anca si ripete con una certa ricorrenza nei singoli videoclip, tanto è vero che le curve sono molto vicine tra loro e, per questa ragione, tendono a sovrapporsi l'una sull'altra. Ne consegue che anche l'andamento medio è fortemente indicativo di ciò che realmente accade. Allo stesso modo, considerando il giocatore in carrozzina, le curve che

delineano l'andamento dell'Anca sembrano avere una forma più o meno simile, se non fosse per la diramazione che è visibile nel suo secondo videoclip.

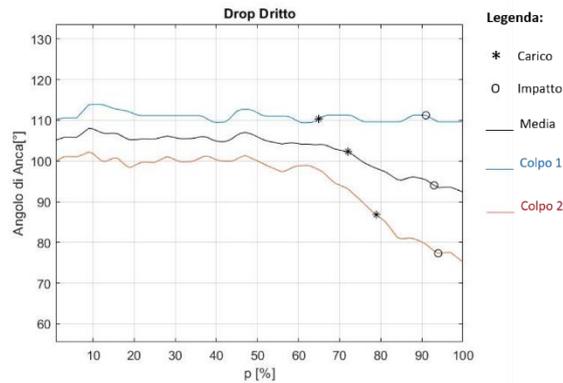


Figura 134: Andamento dell'Angolo di Anca nel giocatore di categoria WH1 durante un Drop di Dritto.

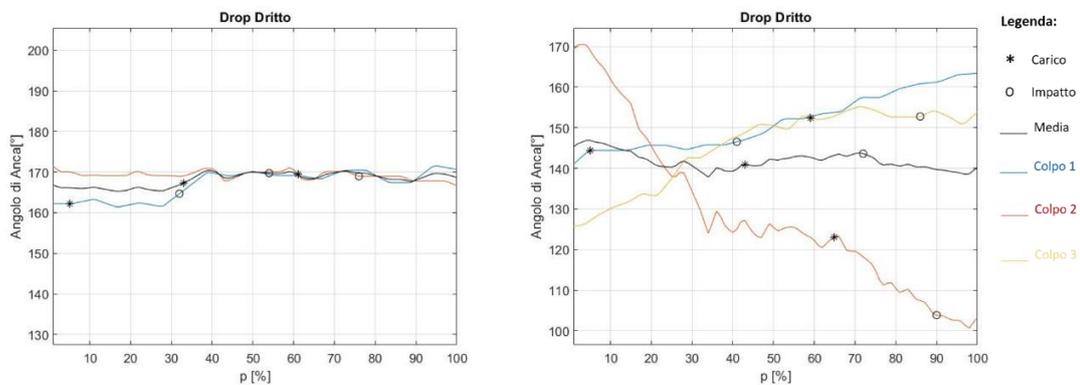


Figura 135: Andamento dell'Angolo di Anca negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante un Drop di Dritto.

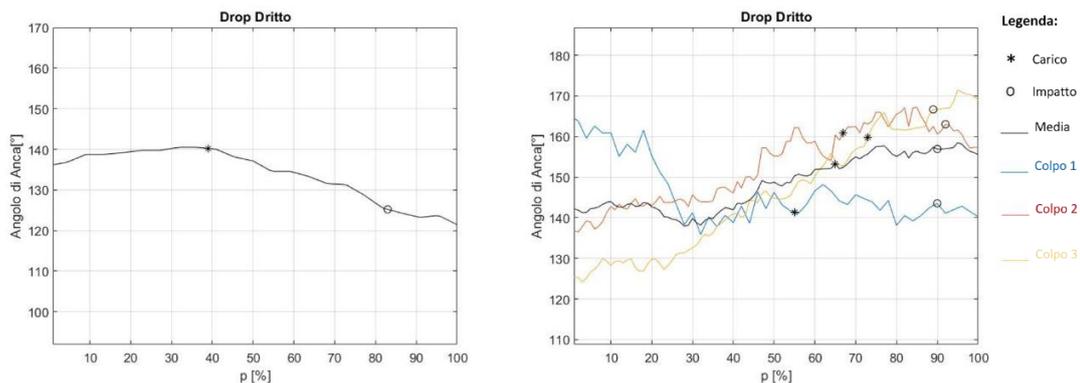


Figura 136: Andamento dell'Angolo di Anca negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Drop di Dritto.

- ROM

Atleta	Spalla 1 [°]	Spalla 2 [°]	Spalla 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	62.09	81.56	-	71.83	73.94	2.11
SL3	8.56	122.13	-	65.35	83.74	18.39
SL4	34.68	68.26	162.00	88.31	79.97	8.34
SU5	102.04	-	-	102.04	102.04	0.00
SS6	24.23	69.96	57.66	50.61	19.61	31.00

Tabella 127: Range di Movimento della Spalla nel Drop di Dritto.

Atleta	Gomito 1 [°]	Gomito 2 [°]	Gomito 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	102.15	49.77	-	75.96	67.47	8.49
SL3	15.18	152.98	-	84.08	62.02	22.06
SL4	34.71	62.58	164.14	87.14	69.88	17.26
SU5	93.04	-	-	93.04	93.04	0.00
SS6	49.00	43.21	25.53	39.25	43.57	4.32

Tabella 128: Range di Movimento della Gomito nel Drop di Dritto.

Atleta	Anca 1 [°]	Anca 2 [°]	Anca 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	457	27.03	-	15.80	15.63	0.17
SL3	10.14	4.75	-	7.44	5.16	2.28
SL4	22.32	69.83	29.50	40.55	9.05	31.50
SU5	19.04	-	-	19.04	19.04	0.00
SS6	28.66	30.72	47.28	35.55	20.57	14.99

Tabella 129: Range di Movimento dell'Anca nel Drop di Dritto.

Per ciascun giocatore e per ciascuna delle tre articolazioni, esiste sempre una certa discrepanza tra il valore attribuito ad un dato angolo nel colpo medio e il valore dello stesso angolo calcolato come media dei singoli videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nell'Anca (Tabella 129) e, di contro, parrebbe minimo nel Gomito (Tabella 128). Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra i due punti di repere, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo che viene commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 22.06° per il Gomito (SL3) a fronte di una disparità di 31.50° per l'Anca (SL4), entrambi comunque piuttosto consistenti e per questo non trascurabili. Tuttavia, l'errore massimo in cui ci si imbatte considerando l'articolazione di Anca è fortemente comparabile con l'errore massimo che affligge la Spalla (Tabella 127) e che, nello specifico, è pari a 31° (SS6). Infine, avendo analizzato un solo videoclip, la differenza tra il valore medio dei singoli colpi ed il valore numerico che caratterizza il colpo medio è sempre nullo per l'atleta di categoria SU5 ma un errore quasi pari allo zero (0.17°) si osserva nella Tabella riferita all'Anca in prossimità della riga dove vengono indicati i dati del

giocatore in carrozzina. A tal proposito, questo gap non conduce mai ad un accordo per quanto riguarda le conclusioni, in termini di massima estensione o in termini di massima flessione, a cui si giunge passando al vaglio le tre condizioni qui analizzate. Tuttavia, concentrandosi sui dati riportati per i singoli videoclip, notiamo che il giocatore di categoria SL4, che ha la Spalla il più possibile estesa (162°), ha anche l'angolo interno di Gomito molto aperto (164.14°) ad indicare proprio una completa distensione dell'arto superiore. Al contrario, chi ha la Spalla il più flessa possibile (8.56°) ha anche l'Angolo di Gomito molto chiuso (15.18°). Ciò significa che, nel giocatore di categoria SL3, il braccio e l'avambraccio sono sovrapposti l'uno sull'altro mentre l'intero arto superiore si mantiene molto vicino al busto.

4.8.7 Il Lob di Dritto.

- SPALLA

Durante l'esecuzione di un Lob, l'Angolo di Spalla (Figura 137, 138 e 139) può incappare in tre differenti condizioni. Il più delle volte, gli atleti qui analizzati alternano una fase di estensione, all'inizio, con una fase di flessione, alla fine. Situazione che, nello specifico, è possibile osservare non solo in ambedue i Wheelchair ma anche negli Standing di categoria SL3 e SL4. Altre volte ancora si verifica l'esatto opposto. Tanto è vero che in alcuni videoclip acquisiti per l'atleta di categoria SU5 l'angolo che definisce la posizione assunta dalla suddetta articolazione può imbattersi in una prima fase di flessione alla quale segue una fase ultima di estensione, come accade in modo decisamente più marcato per il suo secondo videoclip. Infine, il giocatore affetto da acondroplasia SS6 mantiene la Spalla sempre estesa, con una leggera condizione di flessione nella parte finale del primo videoclip. L'innumerabile numero di condizioni individuate per la Spalla indicano chiaramente che esiste un'importante variabilità intrasoggetto e che la suddetta articolazione segue comportamenti molto diversi da una categoria di gioco all'altra.

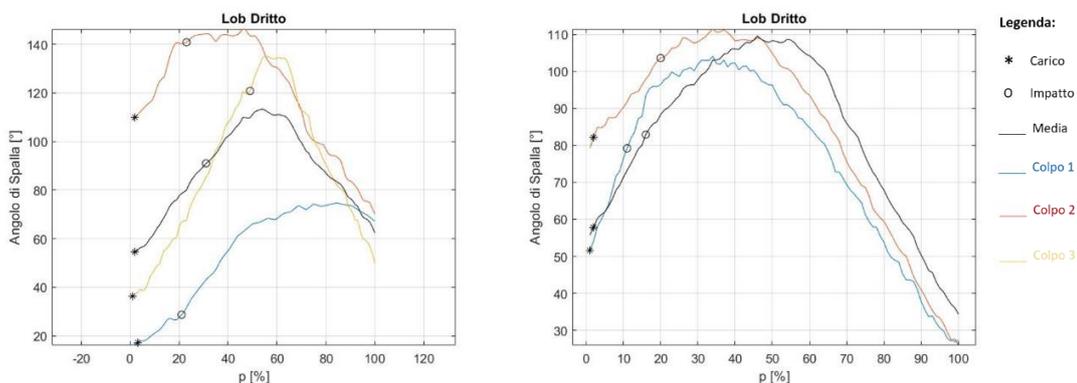


Figura 137: Andamento dell'Angolo di Spalla nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante un Lob di Dritto.

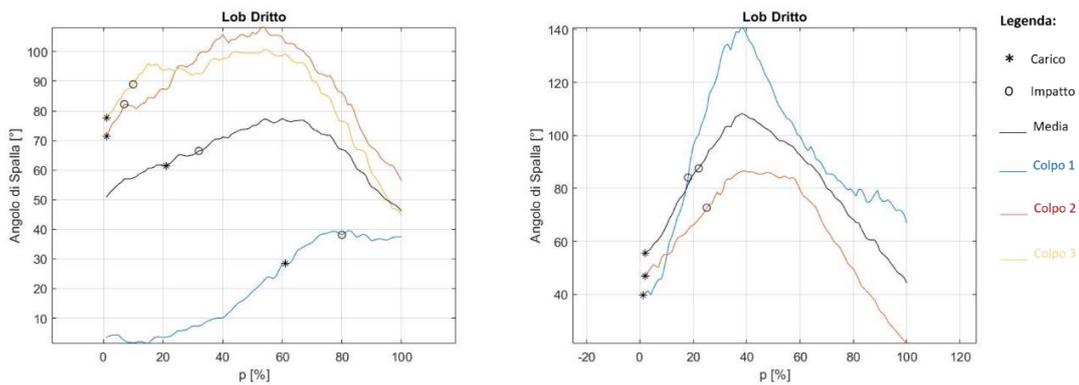


Figura 138: Andamento dell'Angolo di Spalla negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante un Lob di Dritto.

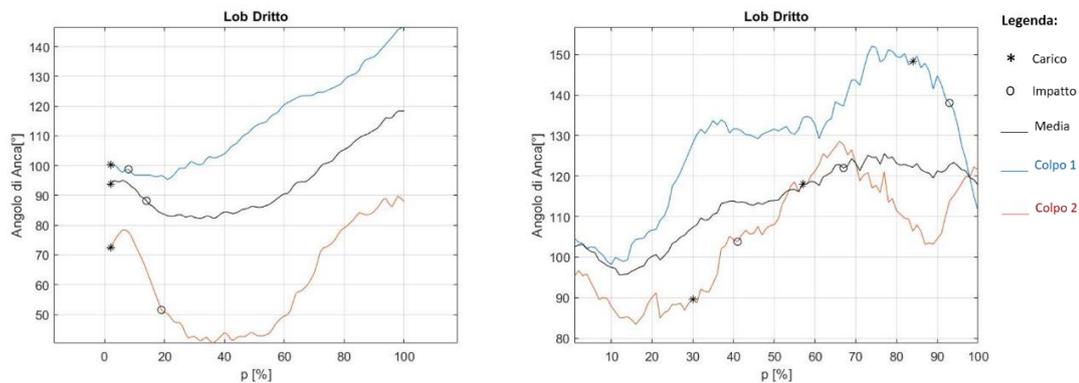


Figura 139: Andamento dell'Angolo di Spalla negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Lob di Dritto.

- GOMITO

A differenza della Spalla, l'Angolo di Gomito (Figura 140, 141 e 142) rientra al più in due condizioni principali. Una prima condizione di continua estensione e una seconda condizione in cui si alternano una fase di flessione iniziale ad una fase di estensione finale. In genere, quando la qui presente articolazione è estesa, il valore acquisito dall'Angolo di Gomito oscilla notevolmente passando da un grado all'altro in modo piuttosto repentino. D'altro canto, quando l'andamento del Gomito si compone di più fasi, il passaggio da una fase all'altra è decisamente più evidente nel secondo videoclip associato sia al soggetto emiplegico che al giocatore di categoria SU5. Ad ogni modo, tutti gli atleti caricano il colpo e, in seguito, colpiscono il volano, mantenendo il Gomito esteso e questa considerazione è valida per tutti i videoclip le cui curve sono raffigurate nei grafici a venire.

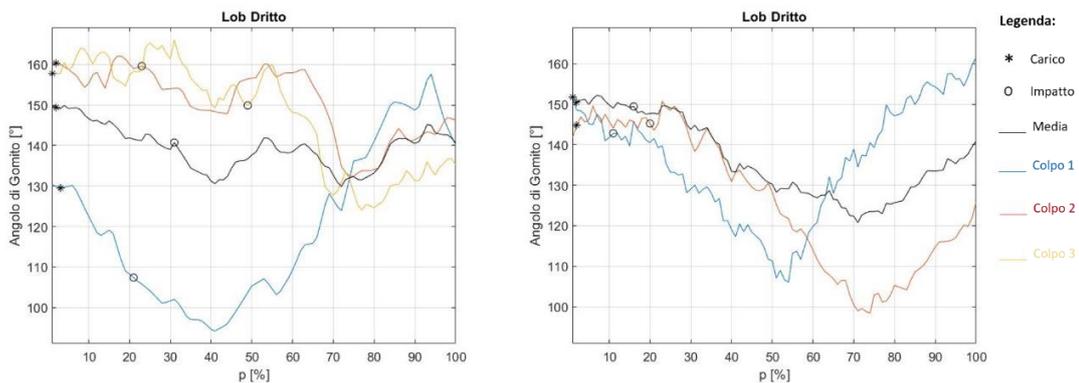


Figura 140: Andamento dell'Angolo di Gomito nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante un Lob di Dritto.

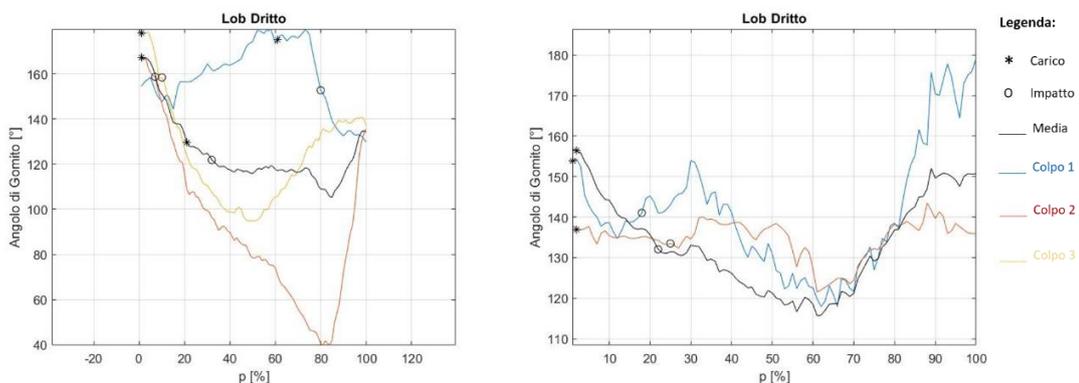


Figura 141: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante un Lob di Dritto.

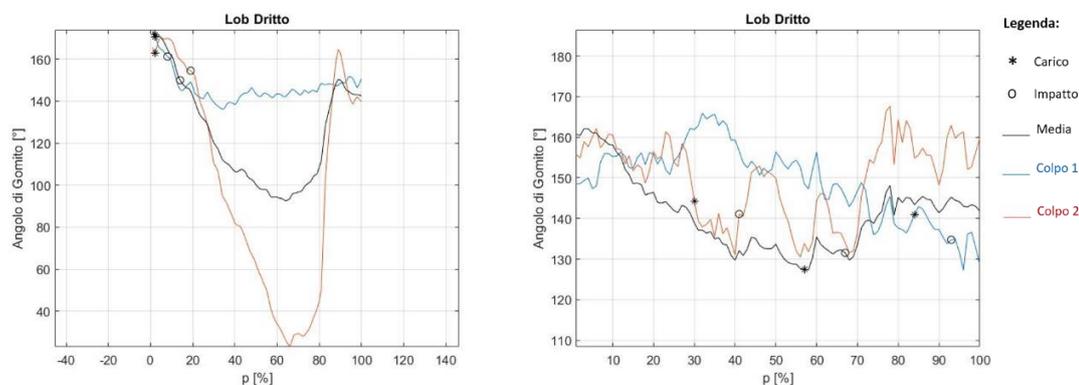


Figura 142: Andamento dell'Angolo di Gomito negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Lob di Dritto.

- ANCA

In ultima analisi, l'Anca (Figura 143, 144 e 145) può essere in continua estensione oppure in continua flessione ma in ambedue i casi si possono essere delle piccole variazioni. Ad esempio, negli ultimi due videoclip accostati all'atleta di categoria WH1, l'Angolo di Anca prima diminuisce, poi si mantiene all'incirca costante nell'intorno di un determinato grado e, in seguito, torna ad assumere dei valori più alti. La stessa situazione si ripete in modo abbastanza speculare per quanto riguarda il secondo videoclip acquisito in funzione del giocatore di categoria SU5. Ad ogni modo, nonostante tutte queste variazioni, l'Anca si mantiene sempre flessa. D'altra parte, in

ambidue i colpi esaminati per l'altro soggetto in carrozzina, l'Anca subisce un graduale aumento dall'inizio fino alla fine del Lob, pur rimanendo in una condizione di flessione. Situazione analoga nel primo videoclip estrapolato per lo Standing di categoria SU5 con l'unica eccezione che, in questo caso specifico, l'Anca si mantiene sempre estesa. Infine, per gli atleti di categoria SL3, SL4 e SS6, qualunque sia la condizione nella quale si imbattono, si osservano delle oscillazioni piuttosto ampie nelle traiettorie a loro attribuite.

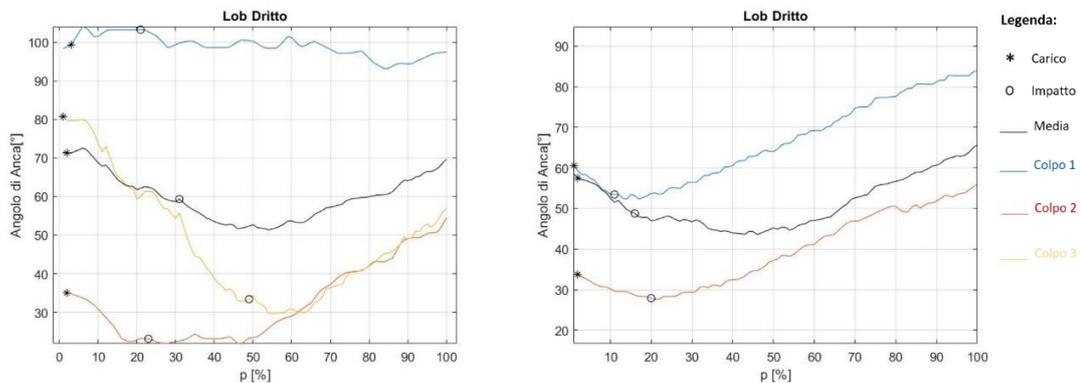


Figura 143: Andamento dell'Angolo di Anca nei Wheelchair (WH1 a sinistra, WH2 a destra) durante un Lob di Dritto.

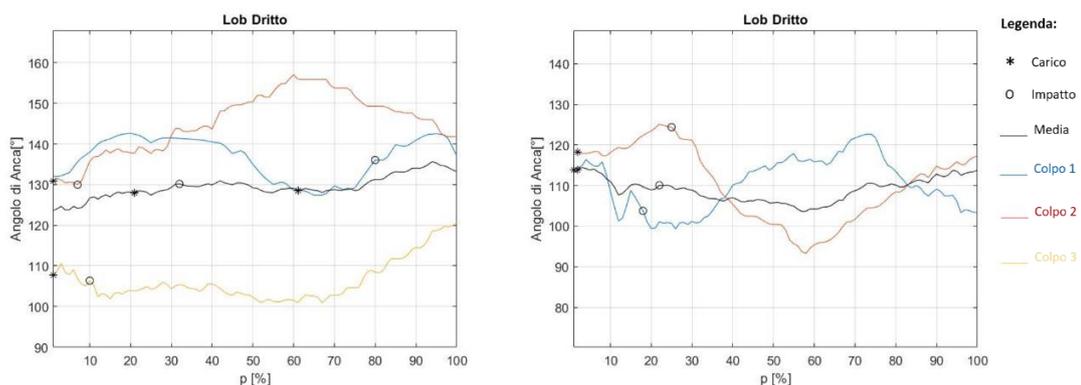


Figura 144: Andamento dell'Angolo di Anca negli Standing (SL3 a sinistra, SL4 a destra) durante un Lob di Dritto.

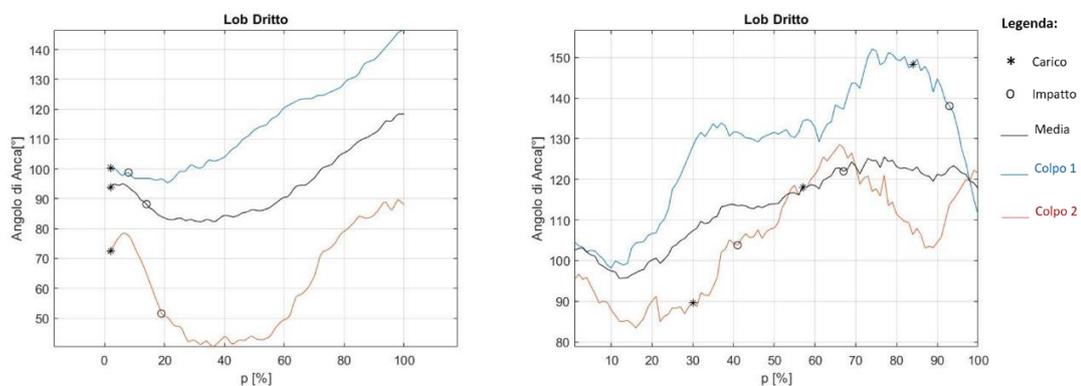


Figura 145: Andamento dell'Angolo di Anca negli Standing (SU5 a sinistra, SS6 a destra) durante un Lob di Dritto.

- ROM

Atleta	Spalla 1 [°]	Spalla 2 [°]	Spalla 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	58.48	76.15	98.62	77.75	59.63	18.12
WH2	78.14	84.54	-	81.34	75.18	6.16
SL3	38.15	51.81	56.05	48.67	31.18	17.48
SL4	101.18	65.15	-	83.17	63.83	19.33
SU5	45.19	95.23	-	70.21	62.62	7.59
SS6	47.15	72.51	-	59.83	37.38	22.45

Tabella 130: Range di Movimento della Spalla nel Lob di Dritto.

Atleta	Gomito 1 [°]	Gomito 2 [°]	Gomito 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	63.45	29.67	42.00	45.04	20.02	25.02
WH2	55.47	52.37	-	53.92	31.47	22.45
SL3	50.21	127.74	83.83	87.26	61.82	25.44
SL4	61.28	22.00	-	41.64	41.03	0.61
SU5	37.92	147.25	-	92.59	80.00	12.59
SS6	38.72	37.14	-	37.93	34.78	3.16

Tabella 131: Range di Movimento del Gomito nel Lob di Dritto.

Atleta	Anca 1 [°]	Anca 2 [°]	Anca 3 [°]	Media dei Singoli Colpi [°]	Colpo Medio [°]	Errore [°]
WH1	10.96	32.66	51.05	31.55	21.19	10.36
WH2	31.64	28.44	-	30.04	22.12	7.91
SL3	15.27	27.09	19.77	20.71	12.09	8.62
SL4	23.34	31.80	-	27.57	10.83	16.74
SU5	51.26	49.40	-	50.33	36.15	14.18
SS6	53.94	45.16	-	49.55	29.93	19.62

Tabella 132: Range di Movimento dell'Anca nel Lob di Dritto.

Per ciascun giocatore e per ciascuna delle tre articolazioni, esiste sempre una certa discrepanza tra il valore attribuito ad un dato angolo nel colpo medio e il valore dello stesso angolo calcolato come media dei singoli videoclip. Questo divario sembrerebbe massimo nel Gomito (Tabella 131) e, di contro, parrebbe minimo nell'Anca (Tabella 132). Un'ipotesi di questo tipo potrebbe essere supportata da un rapido confronto tra le due articolazioni, focalizzandosi per lo più sull'errore massimo che viene commesso nel considerare solamente uno dei due valori medi. Infatti, il maggior divario tra la media dei singoli colpi e il valore numerico attribuito al colpo medio è pari a 19.62° per l'Anca (SS6) a fronte di una disparità di 25.44° per il Gomito (SL3), entrambi comunque piuttosto consistenti e per questo non trascurabili. Tuttavia, l'errore massimo in cui ci si imbatte considerando l'articolazione di Gomito è fortemente comparabile con l'errore massimo che affligge la Spalla (Tabella 130) e che, nello specifico, è pari a 22.45° (SS6). Infine, la differenza

tra il valore medio dei singoli colpi ed il valore numerico che caratterizza il colpo medio è quasi pari allo zero (0.61°) se si osserva la Tabella riferita al Gomito in prossimità della riga dove vengono indicati i dati del giocatore con protesi transtibiale. Tuttavia, nonostante la continua incombenza di questo gap, esistono dei casi particolari in cui si ha una certa corrispondenza tra i risultati da noi dedotti analizzando i singoli videoclip e i risultati ottenuti in ambedue le condizioni medie. Nello specifico, possiamo affermare che l'Angolo di Gomito raggiunge la sua massima estensione nel giocatore di categoria SU5 (147.25° singoli videoclip, 92.59° media dei singoli videoclip, 80° colpo medio). Di contro, l'Angolo di Spalla è il più flesso possibile nell'atleta di categoria SL3 (38.15° singoli videoclip, 48.67° media dei singoli colpi, 31.18° colpo medio).

Capitolo 5

5 CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il presente studio può essere considerato una sorta di “Studio Pilota” perché, in previsione delle Paralimpiadi di Tokyo 2020, intende fornire, per la prima volta, un’analisi biomeccanica del Para-Badminton per ciascuna delle categorie di gioco previste dal regolamento e per qualunque tipologia di colpo utilizzata in fase di gioco. Innanzitutto, questa ricerca ha assolutamente rispettato la naturalità dei movimenti impiegati dai giocatori di Para-Badminton cogliendo, per giunta, tutte le possibili varianti che possono verificarsi in condizioni di partita. In altre parole, tutto quello che è stato analizzato rispecchia a pieno ciò che accade realmente durante uno scambio di volano, incluse le difficoltà nell’eseguire correttamente una specifica tecnica di gioco. Inoltre, sui partecipanti allo studio non è stato applicato alcun Marker che magari poteva essere di intralcio nel momento in cui gli atleti si apprestavano ad eseguire un gesto sportivo piuttosto specifico. Tuttavia, l’assenza di Marker costituisce al tempo stesso un vero e proprio svantaggio. Infatti, il traccaggio dei diversi punti di riferimento è stato effettuato usando il software Kinovea il quale può risultare, talvolta, impreciso nonostante sia stato creato appositamente per queste tipologie di lavori. Una simile imprecisione, oltretutto, viene ulteriormente accentuata dalle scelte, alquanto soggettive, dell’operatore che posiziona i “Marcatori a croce” sui punti di interesse a seconda di ciò che ritiene sia più giusto. Di conseguenza, questi Marker virtuali non sempre vengono fissati in corrispondenza dell’esatta posizione occupata dai punti di riferimento e, inoltre, la posizione che gli viene assegnata potrebbe cambiare da un videoclip all’altro pur trattandosi dello stesso soggetto. Per questa ragione, le coordinate temporali, in x e in y, che definiscono sostanzialmente la posizione assunta dai punti di interesse, non sempre risultano corrette e, in futuro, si consiglia di ripetere lo studio usando dei Marker che ci consentano di valutare la veridicità di quanto ottenuto fino ad ora. D’altra parte, un ulteriore intoppo nello sviluppo di questa tesi è l’utilizzo di una sola videocamera. Un set-up di questo genere porta a rappresentare un qualcosa che di per sé è tridimensionale su di un piano sagittale limitando, di conseguenza, lo studio a quei movimenti che si sviluppano principalmente su questo stesso piano e tralasciando, invece, alcuni colpi che richiedono una rotazione dell’intero corpo o anche solo dell’arto superiore. È proprio per questo stesso motivo che i movimenti articolari che nella realtà si compongono di una flessione-estensione combinata, in contemporanea, ad una adduzione-abduzione e ad una pronazione-supinazione vengono approssimati solamente ad un alternarsi di flessione ed estensione. Si consiglia, quindi, di adottare due telecamere per riuscire ad avere una qualche percezione della profondità e, eventualmente, di ripetere tutto ciò che è stato fatto in condizioni più controllate, di laboratorio o allenamento, evidenziano le possibili differenze, o similitudini, con una condizione di partita che è decisamente più dinamica. Ovviamente, bisogna tener conto che in condizioni di laboratorio non verrebbero probabilmente rispettate le dimensioni del campo sul

quale gli atleti sono abituati a giocare riducendo, dunque, gli spazi rispetto ai quali i soggetti sono liberi di muoversi. Si tratterebbe, quindi, di una limitazione dei movimenti. Infine, potrebbe essere utile aumentare la dimensione del campione per ogni categoria di gioco in modo da realizzare un confronto tra le prestazioni che sia più consistente se consideriamo i giocatori con forme di disabilità tra loro comparabili. Infine, poiché i dati qui ricavati dimostrano come i Wheelchair si distendano molto per riuscire a raggiungere il volano allora potrebbero essere usati come punto di partenza per ideare e sviluppare uno schienale più ergonomico che possono accompagnarli e supportarli in modo decisamente più efficace durante questo movimento.

6 BIBLIOGRAFIA

- 1 C. Foti, N. Gentileschi e S. Alberti, "Analisi qualitativa dell'impatto psicofisico e sociale del ParaBadminton", Tesi di Laurea Sperimentale in Medicina Fisica e Riabilitativa presso l'Università degli Studi di Roma "TOR VERGATA", Anno Accademico 2016/2017.
- 2 didatticaonline.artisticobusto.it/edfisica/secondaparte/1.doc>[DOC] Il Badminton, 9 Novembre 2019
- 3 http://www.benessere.com/fitness_e_sport/arg00/badminton.htm, 9 Novembre 2019
- 4 <https://www.scienzemotorie.com/badminton/>, 9 Novembre 2019
- 5 <https://slideplayer.it/slide/931620/>, 9 Novembre 2019
- 6 https://www.mobilesport.ch/assets/lbwp-cdn/mobilesport/files/2013/09/Hilfsmittel_Wichtigste_Schlaege_i.pdf, 9 Novembre 2019
- 7 http://www.badmintonitalia.it/images/FORMAZIONE-DOCUMENTAZIONE-RICERCA/2016MaterialeDidattico/OPUSCOLO_RACCHETTE_DI_CLASSE_7.pdf, 9 Novembre 2019
- 8 www.badmintonitalia.it/federazione/carte-federali/download>[PDF] regole di badminton - Federazione Italiana Badminton, 9 Novembre 2019
- 9 Hussain, S. Ahmed, M.A. Bari, A. Ahmad, A. Mohammad e A. Khan, "Analysis of Arm Movement in Badminton of Forehand Long and Short Service", *Innovative System Design and Engineering*, 2011.
- 10 D. Whiteside, B. Elliot, B. Lay e M. Reid, "The effect of racquet swing weight on serve kinematics in elite adolescent female tennis", *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2013.
- 11 C. Du, J. Zhou e S. Wang, "Kinematic Analysis on the Forehand Stroke of ATP Tennis Player Karen Khachanov", *MATEC Web of Conference*, 2017.
- 12 M.B. Warner, D. Wilson, M.O. Heller, D. Wood, P. Worsley, S. Mottram, N. Webborn, D. Veeger e M. Batt, "Scapular Kinematics in professional wheelchair tennis players", *Clinical Biomechanics*, 2018.
- 13 S. Fantozzi, A. Giovanardi, M. Pieri, M. Camorani, A.G. Cutti e F. Merni, "Wheelchair tennis serve: A preliminary kinematic analysis of the upper limb", *Gait & Posture*, 2011.
- 14 T. Jaitner e W. Gawin, "A mobile measure device for the analysis of highly dynamic movement techniques", *Procedia Engineering* 2, 2010.

- 15 M.S. Salim, H.N. Lim, M.S.M. Salim e M.Y. Baharuddin, "Motion Analysis of Arm Movement during Badminton Smash", *Conference on Biomedical Engineering & Science*, 2010.
- 16 Z. Taha, M.S.S. Hassan, H.J. Yap e W.K. Yeo, "Preliminary Investigation of an Innovative Digital Motion Analysis Device for Badminton Athlete Performance Evaluation", *Procedia Engineering* 147,2016.
- 17 Z. Zhang, S. Li, B. Wan, P. Visentin, Q. Jiang, M. Dyck, H. Li e G. Shan, "The Influence of X-Factor (Trunk Rotation) and Experience on the Quality of the Badminton Forehand Smash", *Journal of Human Kinetics volume* 53, 2016.
- 18 S. Sasaki e Y. Nagano, "Differences in greater trunk acceleration frequency in badminton games between high-school and junior high-school players", *Journal of Science and Medicine in Sport* , 2017.
- 19 S. Sasaki, Y. Nagano e Hiroshi Ichikawa, "Loading differences in single-leg landing in the forehand- and backhand-side courts after an overhand stroke in badminton: a novel tri-axial accelerometer research", *Journal of Sport Sciences*, 2018.
- 20 www.badmintonitalia.it/palabadminton.html, 6 Novembre 2019
- 21 www.engi.co.it > file > pv_file_8, 6 Novembre 2019

Dedicato a me stessa,

che dopo ogni caduta

mi sono rialzata.

Ho scelto me.

Dedicato ai miei veri amici,

ai miei genitori

e alle persone che mi amano davvero.

Non siamo fatti per stare da soli

ma nemmeno con chiunque.

Dedicato a chi non smetterà mai di mancarmi.

