

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**L'EDUCAZIONE DEL PIEDE DEL PALLAVOLISTA, BASE PER LO
SVILUPPO DEI FONDAMENTALI**

Relatore: Prof. Schiavon Luigi

Laureando: Semenzato Sara

N° di matricola: 1200567

Anno Accademico 2021/2022

A mio padre

Indice

Introduzione: L'importanza del piede nella pallavolo.....	2
Capitolo 1. Caratteristiche generali della pallavolo.....	10
1.1. Caratteristiche delle azioni di gioco.....	12
1.2. Modello prestativo per ruolo.....	14
Capitolo 2. Anatomia del piede.....	19
2.1. La struttura del piede.....	19
2.2. Le articolazioni del piede.....	22
2.3. La muscolatura del piede.....	27
Capitolo 3. La mobilità articolare.....	32
3.1. Mobilità articolare e pallavolo.....	34
3.1.1. Mobilità di caviglia e capacità di salto verticale.....	34
3.1.2. Mobilità di caviglia e bagher di ricezione e di difesa.....	43
3.1.3. Mobilità di caviglia e atterraggio da un salto.....	49
3.1.4. Mobilità di caviglia, equilibrio dinamico e spostamenti multidirezionali.....	54
Capitolo 4. Proposte pratiche per l'allenamento della mobilità articolare ed il condizionamento del piede.....	61
Conclusioni.....	71
Bibliografia.....	73

L'IMPORTANZA DEL PIEDE NELLA PALLAVOLO

La pallavolo è uno sport caratterizzato da movimenti eseguiti in forma massimale in spazi molto ristretti, quindi richiede la capacità di eseguire accelerazioni massimali e cambi di direzione improvvisi e repentini, ma allo stesso tempo anche quella di arrestarsi bruscamente, senza perdere la stabilità, in relazione alle posizioni dei compagni e della rete. È anche uno sport in cui il salto ha una notevole importanza, per cui diventa fondamentale il controllo delle ricadute sia per alleggerire l'effetto dell'impatto con il suolo, sia per riuscire a riproporre una successiva spinta propulsiva che permetta di continuare l'azione laddove servisse.

Queste abilità hanno come presupposto il grado di funzionalità del piede ed il controllo dell'articolazione della caviglia. L'importanza dei piedi nella pallavolo viene spesso trascurata, poiché a differenza di altri sport, come ad esempio il calcio, il fatto che il contatto con la palla avvenga attraverso gli arti superiori, porta a pensare che sia uno sport che si gioca solamente con le braccia. Invece, è necessario partire dal presupposto che, anche se a pallavolo "si gioca con le braccia", queste, insieme al corpo, vanno dove le portano i piedi.

Un primo contributo fornito dai piedi è dato dall'orientamento che essi inducono sul busto. Quando puntiamo i piedi verso un obiettivo, otteniamo, infatti, un automatico orientamento del busto verso la direzione indicata dai piedi. Questo può aiutare, ad esempio, a inviare una battuta verso una specifica zona del campo, o a indirizzare un bagher verso un determinato target puntato dai piedi. Per comprendere meglio il concetto, basta pensare alla prima indicazione che solitamente si dà ai ragazzini che stanno imparando la tecnica del servizio dal basso: per direzionare una battuta verso una parte del campo, gli si consiglia di orientare il piede avanti (e di conseguenza anche il busto) proprio lungo la direzione desiderata e di lavorare in seguito sul lavoro del braccio, che deve semplicemente compiere un'oscillazione sul piano sagittale. Così facendo,

si riesce a direzionare la palla verso l'obiettivo senza ricorrere a particolari varianti tecniche.

La rapidità dei piedi, poi, è un argomento molto studiato dal punto di vista della preparazione atletica, poiché ha grandi ripercussioni su gesti tecnici quali gli spostamenti a muro, in ricezione e in difesa. Ogni spostamento per i fondamentali di ricezione, alzata e difesa dev'essere eseguito a passi rapidi, brevi e precisi (tranne, ovviamente, per spostamenti molto lunghi), al fine di arrivare sotto il pallone in condizioni di equilibrio e stabilità.

Per quanto riguarda le traslocazioni a muro, invece, il controllo del piede è essenziale per un corretto orientamento del busto rispetto alla rete. Prendiamo come esempio il passo di apertura e incrocio eseguito dal centrale per affiancarsi al giocatore in posto 2 o in posto 4: il primo passo, con il piede esterno, deve essere eseguito con il piede parallelo alla rete, in modo da scorrere nella stessa direzione anche con tutto il busto. Se il piede venisse posizionato in un punto esageratamente distante dalla rete, o con l'avampiede troppo ruotato verso la propria linea dei 9 metri, si rischierebbe di creare percorsi che allontanano eccessivamente il giocatore dalla rete: questo non solo farebbe perdere frazioni di secondo essenziali nel timing delle traslocazioni a muro, ma darebbe maggiore spazio, anche, alla possibilità che la palla che si insacchi tra le mani del muro. Una volta terminato lo spostamento, è importante, anche se non sempre possibile per una questione di tempistica, che i piedi siano orientati verso il centro del campo avversario, o almeno perpendicolari alla rete, per garantire un salto che favorisca un orientamento del busto, e di conseguenza anche del piano di rimbalzo creato dalle braccia, nella direzione corretta ed evitare quindi il mani-out.

Dal punto di vista della stabilità, l'equilibrio del corpo è condizionato notevolmente dalla posizione dei piedi. È importante evidenziare come un grado di apertura laterale o di sfalsamento troppo eccessivo o troppo ridotto possa compromettere considerevolmente l'equilibrio frontale e/o laterale: difficilmente si riuscirà a mantenere l'equilibrio in risposta ad una forza esterna agente sul piano laterale, se i piedi si trovano in una

posizione esageratamente stretta e sfalsata. Inoltre, possiamo considerare i piedi come uno dei primi indici per una corretta postura di preparazione ad un fondamentale: in generale, devono essere paralleli e leggermente sfalsati, così da creare posizioni stabili ma facilmente abbandonabili, e la loro distanza laterale dipende principalmente dal tipo di fondamentale.

I piedi hanno un ruolo importante anche nello spostamento del peso del corpo. Avendo i piedi sfalsati, è più semplice decidere di mantenere il proprio peso su un piede piuttosto che sull'altro, e dunque portare il proprio baricentro più avanti o più indietro. Questo fattore è importante, ad esempio, in tutte quelle situazioni dove è fondamentale mantenere un atteggiamento sbilanciato in avanti che permetta di andare incontro alla palla, ma non solo: si pensi, ad esempio, a una giovane atleta che, per imprimere maggiore forza alla palla durante una battuta, sposta il peso del proprio corpo da indietro verso avanti prima di colpire il pallone.

Sempre per quanto riguarda lo sfasamento frontale dei piedi, oltre al compito di rendere le posizioni più rapidamente abbandonabili, ha anche il compito di facilitare l'orientamento indotto sul busto. Tenere un piede più avanzato rispetto all'altro porta come conseguenza, infatti, l'orientamento delle spalle verso la direzione opposta (quindi tenendo il piede sinistro in posizione avanzata, viene indotto un orientamento delle spalle verso destra).

Analizziamo ora alcuni gesti tecnici.

In ricezione i piedi sono ad una distanza poco maggiore di quella delle spalle, con gli angoli al ginocchio e alla caviglia chiusi, ma non quanto lo sono durante una difesa, così da non compromettere uno spostamento rapido in tutte le direzioni. Solitamente, inoltre, viene posizionato un piede più avanti rispetto all'altro, sempre per consentire una maggiore velocità di uscita dalla posizione di partenza. La scelta del piede da posizionare più avanti dipende dalla zona che occupa il giocatore in ricezione e da quella occupata dal battitore. Va sottolineato che, in linea con quanto esposto in precedenza, se verrà posizionato avanti il piede esterno, sarà favorito un orientamento del busto verso l'interno del campo, se invece sarà quello

interno a stare più avanti, verrà più facilmente privilegiato un bagher laterale dall'esterno all'interno.

In difesa i piedi sono a una distanza maggiore delle spalle, con angolo tibio-tarsico piuttosto chiuso, così da garantire una posizione stabile che consenta sia di assorbire la forza del pallone, sia di effettuare rapide uscite in tutte le direzioni, recuperi o anche tuffi. È proprio nella difesa che risulta evidente un'eventuale rigidità di caviglia: il giocatore con scarsa mobilità tibio-tarsica non sarà, infatti, in grado di assumere una posizione di squat profonda senza alzare i talloni da terra. Questo dettaglio, nonostante possa sembrare insignificante rispetto alla globalità del gesto difensivo, influisce sulla stabilità e sulla spinta effettuata dai piedi per uscire dalla posizione di partenza.

Nel muro in lettura, eseguito solitamente dai centrali, i piedi sono poco più aperti delle spalle e le gambe sono in una posizione di semi squat per favorire salti più rapidi, anche se meno alti, e allo stesso tempo uscite laterali molto tempestive.

Nel muro esterno e in quello ad opzione, i piedi sono posizionati ad una distanza pari alla larghezza delle spalle, per agevolare il salto verticale. Negli spostamenti laterali a muro, inoltre, le richieste di rapidità costringono spesso a compiere stacchi su un solo appoggio e ricadute fuori equilibrio.

Nella versione base del palleggio d'alzata, i piedi sono collocati ad una distanza pari alla larghezza delle spalle per garantire stabilità ed equilibrio, e sono direzionati verso l'obiettivo e sfalsati, con il piede destro più avanti rispetto al sinistro per le alzate effettuate verso zona 4, da dentro la linea dei 3 metri. Così facendo, da un lato viene garantita la frontalità nei confronti del target scelto, che consente di attuare una spinta di polsi e braccia lungo il piano sagittale, e dall'altro, grazie all'avanzamento di un piede, viene orientato il corpo verso il proprio campo, rendendo meno probabile un'alzata diretta verso il campo avversario. Ovviamente, per gli stessi motivi di orientamento del corpo, all'aumentare della distanza da rete, cambia il piede avanti: ecco che, ad esempio, per alzare in zona 4

una palla da fuori dai tre metri, verrà posizionato avanti il piede sinistro, per favorire la frontalità del corpo verso l'obiettivo in zona 4 e diminuire la probabilità di effettuare un'alzata staccata da rete.

Esaminiamo ora la posizione dei piedi durante un attacco, sia da terra che in salto. Nel caso di una schiacciata eseguita da terra, i piedi sono quasi paralleli, con il piede opposto all'arto che colpisce avanti rispetto all'altro, direzionato verso l'obiettivo (posto che si voglia effettuare un attacco portando giù il braccio verso il fianco corrispondente), e il piede posizionato dietro che punta leggermente verso l'esterno. In questa maniera si favorisce un'apertura del busto verso l'esterno, fondamentale per caricare in modo ottimale la spalla e imprimere forza alla palla.

Per quanto riguarda la rincorsa d'attacco, essa prevede 3 passi: sinistro – destro – sinistro per gli atleti che colpiscono la palla con la mano destra e destro – sinistro – destro per i mancini. L'utilizzo ottimale dei piedi ha un peso notevole sia per l'aspetto dinamico e temporale della rincorsa che per quello statico che precede lo stacco e la successiva fase di volo. Prendendo come esempio un giocatore destrimano, durante la prima parte della rincorsa, il piede sinistro effettua una rullata dal tallone alla punta, la cui finalità è l'individuazione del giusto tempo di rincorsa e l'avvicinamento alla palla. Il piede sinistro appoggia con il ginocchio leggermente piegato, senza chiudere troppo l'angolo: questo aiuta a sbilanciare il corpo in avanti e a creare una forza propulsiva verso la rete, ma permette, anche, di aspettare tutto il tempo necessario prima dell'esplosione dei due passi finali.

Il passo finale, invece, oltre al compito di creare i presupposti per un buon colpo in fase di volo (dunque la possibilità di ruotare il busto, aprire completamente la spalla e garantire tutti i colpi), ha anche la funzione di trasformare una forza orizzontale, ovvero la rincorsa, in una sostanzialmente verticale, ovvero il salto. Ecco perché diventa più efficace avere i piedi abbastanza vicini, appena più stretti delle spalle e con l'ultimo passo che converge verso l'altro piede: questa sequenza aiuta a frenare la

rincorsa, a limitare la dispersione dell'energia accumulata durante la rincorsa e a favorire la verticalità del salto.

I piedi sono anche indicatori della distanza da rete e, di conseguenza, della capacità di valutare la traiettoria della palla. Il punto di stacco, infatti, deve portare l'atleta a trovarsi leggermente dietro al pallone in fase di volo, in modo tale che questo riesca a colpire la palla all'altezza della spalla dell'arto superiore dominante, leggermente davanti al busto. Se invece il corpo si trova esattamente sotto al pallone, o, al contrario, eccessivamente distante dalla palla, è altamente probabile che sia stato commesso un errore di valutazione della traiettoria d'alzata. Questo non implica necessariamente l'errore in attacco, inteso come punto all'avversario, ma comporterà sicuramente una compromissione della performance ottimale.

La dinamica dei piedi, infine, è anche indice di compostezza aerea e prevenzione degli infortuni per quanto riguarda gli atterraggi dai salti, dunque non solo per la rincorsa d'attacco. Più nel dettaglio, ci sono due fattori da tenere in considerazione:

- Il punto di atterraggio rispetto al punto di stacco
- Il numero di piedi con cui si atterra

Il punto di atterraggio rispetto a quello di stacco determina la presenza di eventuali voli aerei, che non sono da considerare esclusivamente con accezione negativa. Se è vero che un maggiore spostamento sul piano orizzontale può risultare particolarmente pericoloso in determinate situazioni, sia in termini di rischi di infortuni sia di decremento della performance (si pensi, ad esempio, alla probabilità di subire mani-out se si effettua un salto a muro con spostamento aereo laterale), è anche vero che questo viene particolarmente ricercato nei fondamentali di attacco da seconda linea e di battuta in salto. La presenza di uno spostamento aereo frontale durante un muro, che potrebbe essere indice di scarsa mobilità di caviglia, non solo aumenta la probabilità di commettere un'invasione del campo avversario, ma comporta anche una maggiore pericolosità in fase di atterraggio. Uno spostamento laterale, invece, nello stesso

fondamentale, aumenta il rischio di infortuni, abbassa notevolmente l'altezza raggiunta dalle mani ed è spesso sintomo di un ritardo rispetto alla palla che sta per essere colpita dall'attaccante; in queste situazioni, i piedi giocano un ruolo essenziale nel recupero dell'equilibrio, che diventa importante per non rischiare scontri con i compagni. Un leggero spostamento frontale durante un attacco da prima linea non è insolito ed è ammesso, a patto che questo non sia esagerato, perché altrimenti andrebbe a compromettere l'altezza del colpo in modo considerevole. Uno spostamento aereo laterale in fase di attacco generalmente è causato da un errore di valutazione della traiettoria d'alzata: significa che il punto di stacco scelto dall'atleta non era quello ottimale. In entrambe le due casistiche d'attacco appena descritte, l'adattamento del corpo in volo alla traiettoria della palla, comporta ricadute che devono controllare inerzie significative e molto spesso imprevedibili.

Per quanto riguarda l'atterraggio da un salto, è sempre auspicabile che questo sia effettuato a due piedi, così da distribuire in modo equo il peso del corpo su entrambi gli arti inferiori. Questo sarebbe da ricercare soprattutto a muro, dove il rischio di infortuni aumenta non solamente per il giocatore che effettua lo spostamento aereo ma anche per quello che viene affiancato. È da ricercare, però, anche in attacco: nonostante in questo fondamentale sia quasi naturale che un giocatore atterri appoggiando prima il piede controlaterale rispetto all'arto superiore che ha colpito la palla, è bene comunque porsi l'obiettivo di minimizzare il lasso di tempo che intercorre tra i due appoggi e ricercare sempre un atterraggio più composto possibile. In ogni caso, il piede assume grande importanza nel recuperare l'equilibrio compromesso durante fase di volo dai movimenti di adattamento alla traiettoria della palla o dalle esigenze tattiche nelle azioni d'attacco e muro. In questi casi, la capacità di impattare il terreno con il piede in atteggiamento rilassato consente di ammortizzare efficacemente la caduta. Inoltre, la qualità dell'atterraggio condiziona anche l'azione di caricamento-spinta effettuato dal piede per eseguire un'eventuale ripartenza repentina.

In generale, dunque, la capacità di fronteggiare tutte queste situazioni in maniera ottimale ha come presupposto il grado di funzionalità del piede ed il controllo dell'articolazione della caviglia. Il piede e l'articolazione tibio-tarsica sono coinvolti in tutte le azioni di questo sport, con dinamiche differenti e richieste motorie rese sempre più impegnative dalla velocità con cui queste vanno soddisfatte, dalla variabilità esecutiva del contesto e dal rischio di possibili eventi traumatici. Nelle posture e negli spostamenti di difesa e di ricezione, così come anche nei salti in attacco e a muro, la mobilità articolare della caviglia ha, quindi, un ruolo fondamentale e influenza tutte le azioni caratteristiche di questo gioco, che esse siano spostamenti, cambi di direzione, salti, atterraggi, spinte oppure arresti. Scopo di questa tesi è scrivere un elaborato relativo all'importanza del piede, e in particolare della mobilità di caviglia e della loro prestazione, nei diversi fondamentali e gesti tecnici della pallavolo.

CAPITOLO 1

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA PALLAVOLO

La pallavolo è uno sport di squadra che nasce ufficialmente nel 1895 in America, per opera di William Morgan, istruttore di educazione fisica presso un college della YMCA di Holyoke, nel Massachussets. Ormai ultracentenario, questo sport ha subito numerose modifiche, a partire dal nome stesso fino ai vari aspetti del regolamento e del gioco, che lo hanno portato ad assumere la forma che ha oggi.

Secondo il regolamento ufficiale della FIPAV (Federazione Italiana Pallavolo), “la pallavolo è uno sport giocato da due squadre su un terreno di gioco diviso da una rete. Sono disponibili diverse versioni del gioco, adattabili in base alle specifiche circostanze, per garantire a tutti la versatilità del gioco. Lo scopo del gioco è quello di inviare la palla sopra la rete affinché cada a terra nel campo opposto e di evitare che ciò avvenga sul proprio campo. La squadra ha a disposizione tre tocchi per rinviare la palla (in aggiunta al tocco di muro). La palla è messa in gioco con un servizio: inviata con un colpo dal giocatore al servizio sopra la rete verso gli avversari. L’azione continua fino a che la palla tocca il campo, è inviata fuori o una squadra non la rinvia correttamente. Nella pallavolo, la squadra che vince un’azione di gioco conquista un punto. Quando la squadra in ricezione vince un’azione, conquista un punto ed il diritto a servire ed i suoi giocatori ruotano di una posizione in senso orario.”

Essendo uno sport di natura complessa, in letteratura sono presenti numerose definizioni che cercano di descriverlo in tutti i suoi aspetti.

D’jackov et al. (1967) descrivono la pallavolo come “un gioco sportivo di squadra”, e “uno sport di situazione”. Un gioco sportivo di squadra, in quanto proprio per regolamento ogni giocatore non può fare a meno dei compagni, e, anzi, molte volte la riuscita del gioco sta in primo luogo nell’intesa tra i giocatori, e poi nella potenza e nell’intelligenza degli individui. Uno sport di situazione, in quanto la prestazione è influenzata dalla capacità di adattamento della tecnica a situazioni imprevedibili e non predefinite che si modificano continuamente, spesso in tempi brevissimi, e

che il singolo deve affrontare con risposte motorie adeguate. Per questo motivo, la tecnica non deve essere intesa come una struttura motoria rigida da impartire e da effettuare sempre allo stesso modo, ma come una struttura sottoposta a continui stimoli adattativi diversi. Infatti, la tecnica deve essere interpretata come l'insieme dei mezzi che permettono all'atleta di giocare e non il fine dell'allenamento. Il concetto di movimento adeguato deve quindi considerare l'atto motorio come una risposta di adattamento agli stimoli che il pallavolista riceve dall'ambiente e in base ai quali elabora poi un programma motorio.

Moreno (1983) e Cambone (1992) collocano questo sport all'interno dei "giochi di rimando": le due squadre che si sfidano, infatti, sono separate da una rete che impedisce ogni tipo di contatto fisico tra giocatori di diversa maglia, e la palla è l'unico elemento che, grazie al rimbalzo diretto su segmenti corporei degli atleti, può transitare sia in un campo sia nell'altro.

Dal Monte (1969) la inserisce invece negli sport "ad impegno aerobico-anaerobico alternato". Come riportato nello studio di Gabbett et al. [1], infatti, la pallavolo è uno sport caratterizzato da molti sforzi esplosivi, con brevi ma numerosi periodi di esercizio ad alta intensità. La durata media totale di un match varia da 60 e 90 minuti, il che suggerisce che i giocatori di pallavolo necessitano di un buon sistema energetico creatin-fosfato e glicolitico, così come anche delle buone capacità ossidative.

Citando Mencarelli et al., "L'impegno motorio e bioenergetico del pallavolista è prevalentemente di breve e brevissima durata, reiterato molte volte, con tempi di ripristino bioenergetico relativamente lunghi, rispetto al tempo di sforzo effettivo a cui l'organismo deve sopperire, e con necessità esecutive di qualità elevata anche con l'aumentare del tempo di gioco [...]. Inoltre, a certificazione di quanto descritto, i riscontri di lattato nel sangue a fine set e a fine gara, estremamente contenuti e comunque non significativi, evidenziano sia la dominante anaerobico lattacida dell'impegno bioenergetico che la ricorrenza di tempi di ripristino adeguati per conseguire recuperi completi."

La pallavolo, dunque, è comunemente descritta come uno sport ad alta velocità, esplosivo, di potenza, nel quale, all'interno di uno spazio di gioco molto ristretto, i movimenti principali sono salti massimali e sub-massimali, frequenti e rapidi cambi di direzione, e ripetuti movimenti delle braccia sopra la testa durante l'attacco e il muro [2].

Durante il gioco gli atleti si esprimono con una grande varietà di azioni e gli viene richiesto un notevole impegno del sistema neuromuscolare: occorrono quindi qualità cardio-respiratorie, muscolari, articolari-ossee, nervose ma anche psicologiche. I movimenti multidirezionali all'interno del campo, quali sprint, tuffi, salti, etc., che si verificano ripetutamente nel corso della gara richiamano la necessità di possedere una buona resistenza, agilità, elevazione, elasticità, velocità, riflessi, ma allo stesso tempo anche precisione, sicurezza e decisione.

Di conseguenza, si può affermare che il giocatore di pallavolo necessita di rapidità e potenza muscolare ben sviluppati, soprattutto considerando che la qualità dei movimenti effettuati in campo e quella del salto verticale sono ritenute da allenatori e scienziati dello sport le capacità del pallavolista più importanti [1].

Non sono, questi, però, gli unici movimenti richiesti dal gioco: la pallavolo è caratterizzata non solo da movimenti attuati sul piano sagittale, ma anche da un insieme di traslocazioni laterali e in diagonale. Esempi di movimenti laterali nella pallavolo sono lo spostamento laterale di un centrale per andare ad eseguire un muro o un tuffo laterale per effettuare un salvataggio in difesa; esempi di traslocazioni diagonali sono, invece, i passi effettuati da un ricevitore per recuperare una palla nella sua zona di competenza ma fuori dalla sua figura.

1.1. CARATTERISTICHE DELLE AZIONI DI GIOCO.

È da tenere presente che, nonostante la pallavolo sia considerata uno sport di situazione, ovvero uno sport nel quale non è possibile prevedere con esattezza gli atti motori che verranno richiesti in una determinata azione, il gioco si costruisce e si sviluppa su specifiche sequenze

situazionali ricorrenti, che non si ripetono sempre allo stesso modo ma che tendono a ripresentare schemi simili. Ciò significa che l'adattamento alle varie situazioni è riferito principalmente al singolo movimento e non alle sequenze dei fondamentali che caratterizzano l'azione del giocatore all'interno delle varie fasi di gioco.

Secondo Marco Mencarelli, nel Manuale allievo-allenatore di primo livello giovanile, "I vari comportamenti sequenziali che i giocatori attuano durante l'azione di gioco, spesso corrispondenti ai vari tocchi di palla che necessariamente caratterizzano la disciplina, rappresentano i fondamentali della disciplina stessa.

Essi sono: ricezione, alzata, attacco e copertura d'attacco per quanto concerne l'azione di cambio-palla; servizio, muro, difesa, ricostruzione e attacco (con relativa copertura d'attacco) per quanto riguarda l'azione di contrattacco.

I compiti specifici richiesti dai vari fondamentali vengono espletati attraverso le tecniche che sono quindi movimenti caratteristici con cui trattare la palla e/o muoversi nello spazio di gioco: essi sono il palleggio e il bagher per quanto riguarda la ricezione del servizio, la difesa e l'alzata; la schiacciata, il pallonetto e la piazzata per quanto riguarda l'attacco ed il contrattacco; la battuta in salto float, la battuta in salto spin o la battuta float piedi a terra per quanto riguarda il servizio e così via per ognuno dei fondamentali citati."

Alcune di queste tecniche vengono identificate come tecniche di base perché comportano richieste motorie e di controllo della palla ad un livello basilare che devono essere padroneggiate da tutti i giocatori, indipendentemente dal ruolo che gli viene assegnato, in quanto permettono di praticare questo sport. Queste sono: palleggio, bagher, battuta float piedi a terra, schiacciata e alcune tecniche di spostamento all'interno del campo specialmente per quanto riguarda le azioni di muro e difesa. Mano a mano che il giocatore curerà il proprio percorso di crescita, progredirà anche verso un livello di specializzazione sempre più avanzato

che lo porterà ad assumere un determinato ruolo e padroneggiare le tecniche specifiche del ruolo che gli è stato assegnato.

Vedremo, ora, più nel dettaglio le caratteristiche di ogni ruolo nella pallavolo.

1.2. MODELLO PRESTATIVO PER RUOLO.

L'alzatore

Spesso gli allenatori concordano nell'identificare quello dell'alzatore il ruolo più importante, sia nel sistema formativo, quindi nell'attività giovanile, sia nella gestione della squadra nell'età di massima prestazione. In effetti, già anche semplicemente considerando il numero di azioni a cui egli partecipa, e il numero di palloni che tocca in ogni azione, ci si può fare un'idea della sua influenza nella prestazione finale di squadra. Sono stati condotti studi, sia nel settore maschile, sia in quello femminile, che hanno quantificato il numero di attacchi su alzata dell'alzatore: essi sono in un range compreso tra il 92% e il 97% per quanto riguarda le azioni di primo attacco per il cambio palla, e in un range tra il 46% e il 61% per le azioni di contrattacco.

Le attitudini primarie al ruolo di alzatore, che sono quelle riconoscibili già nei primi approcci esecutivi della tecnica di palleggio, sono identificabili essenzialmente in alcune caratteristiche qualitative delle mani e nel modo con cui l'atleta fronteggia il tocco di palla. L'approccio all'esecuzione di un palleggio deve, infatti, avvenire con le mani ben aperte, così che possano garantire un'ampia superficie di contatto con la palla, ma non rigide: devono adattarsi alla rotondità del pallone e creare il cosiddetto "cuore rovesciato" con pollici e indici. I polsi sono in posizione di flessione dorsale, ma senza sollecitare troppo la muscolatura dell'avambraccio, che non deve essere eccessivamente in tensione. L'azione di presa e rilancio della palla, effettuata grazie alla rapida flesso-estensione dei polsi, è un aspetto tecnico di fondamentale importanza. Questa, infatti, non solo permette di aumentare la velocità di uscita della palla dalle mani, aspetto essenziale per ottenere traiettorie ottimali nelle alzate di primo tempo, ma

anche di assicurare l'indipendenza coordinativa del gesto degli arti superiori nei confronti della palla, rispetto alla posizione delle altre parti del corpo. Questo secondo aspetto costituisce uno dei presupposti dell'imprevedibilità, essenziale per impedire all'avversario di anticipare l'alzata che si andrà a eseguire, così come della finta, per spiazzare l'avversario ed eseguire un'alzata differente rispetto all'intento iniziale che era stato comunicato.

Velocità di uscita della palla e imprevedibilità, però, sono due fattori secondari rispetto alle attitudini primarie di cui abbiamo parlato in precedenza. Le priorità, infatti, sono la precisione dell'alzata e la sua costanza e stabilità delle traiettorie d'alzata nonostante la variabilità situazionale che comporta il gioco della pallavolo.

Il ricettore-attaccante

Il ruolo del ricettore-attaccante richiede in particolare la capacità di padroneggiare due fondamentali: la ricezione del servizio avversario e l'attacco.

I criteri di specializzazione di questo ruolo sono da ritrovarsi principalmente nel fondamentale della ricezione, in quanto non solo i presupposti di coordinazione, ma anche le tecniche e le abilità specifiche che vengono richieste sono estremamente esigenti. Un ricettore che si rispetti, infatti, necessita di alcune attitudini irrinunciabili: un'elevata capacità attentiva, in quanto, specialmente ad alto livello, gli errori commessi sono spesso da imputare ad una mancanza di concentrazione e attenzione più che a un deficit di capacità tecniche, e un'ottima capacità visiva, per essere in grado di valutare la traiettoria della palla nel minor tempo possibile.

Per quanto riguarda l'attacco, invece, non gli vengono richieste abilità particolari rispetto agli altri giocatori, se non quella di riuscire ad effettuare una corretta transizione per preparare la rincorsa d'attacco e il conseguente attacco, senza che questo venga influenzato negativamente dal fondamentale della ricezione. Ovviamente, la rincorsa dovrà essere

adattata alla situazione creata dal gioco ma non deve perdere la sua efficacia nei confronti del muro e della difesa avversaria.

Dunque, si può affermare che due dei requisiti indispensabili per questo ruolo sono un'opportuna sensibilità nel tocco di palla, che permetta di ottenere la massima precisione, e una sviluppata capacità di mettere in atto tecniche di adattamento situazionale in modo rapido. Infatti, il ridotto tempo di valutazione della traiettoria della palla, dovuto ad un servizio veloce, può compromettere l'adattamento della posizione del corpo e dunque il livello di precisione della ricezione. A tal proposito, è importante sottolineare che, ad ogni tipologia di servizio verranno richiesti al ricettore degli adattamenti situazionali diversi. Nella pallavolo femminile, ad esempio, prevale il servizio in salto float, con traiettorie tese e veloci, che comportano una maggiore difficoltà per il ricevitore sia negli spazi davanti alla linea dei ricettori, sia per quanto riguarda l'entità e la velocità dello spostamento in campo. Nella pallavolo maschile, invece, predomina il servizio in salto spin, o salto di potenza, che comporta la necessità di padroneggiare posizioni di accosciata più profonda, quasi simili alle posizioni di difesa, insieme alla capacità di uscire da queste posizioni utilizzando la spinta degli arti inferiori, che viene quindi condizionata da gradi di accosciata più impegnativi da gestire.

In entrambi i casi, comunque, la dinamica dei piedi e il livello di flessibilità attiva della caviglia possono essere considerate attitudini secondarie fondamentali per il ricettore poiché ne influenzano la qualità delle tecniche specifiche caratteristiche di questo ruolo.

L'opposto

Il ruolo dell'opposto è di primaria importanza nell'economia di un match di pallavolo poiché spesso è il giocatore che, grazie alle sue abilità in attacco, trascina la squadra nelle fasi decisive del set e dei punti più importanti. Infatti, è il giocatore che il più delle volte contribuisce maggiormente alle partite in termini di punti realizzati, effettuati sia dalla prima linea sia dalla seconda linea, tanto che spesso dalla sua

prestazione dipende il risultato della partita. Non bisogna, però, ridurre alla sola prestazione in attacco le capacità richieste ad un opposto. Infatti, la sua performance non si concretizza solamente nel fondamentale di attacco ma anche in quello del muro: la sua contrapposizione tattica allo schiacciatore-ricettore avversario fa sì che diventi un punto di riferimento del sistema battuta-muro e di quello muro-difesa. Inoltre, anche le sue capacità al servizio hanno un'influenza nel bilancio dei punti di un incontro. In sintesi, si può affermare che i criteri di selezione al ruolo dell'opposto riguardano la sua potenza in attacco, determinata in gran parte dalla velocità del braccio, ma anche la statura elevata e le doti di salto, che gli consentono di colpire la palla ad un'altezza superiore.

Il centrale

Il centrale è il ruolo che ha subito maggiori variazioni con l'introduzione del libero nel 1998. Mentre inizialmente richiedeva anche buone capacità nel fondamentale della ricezione e della difesa, oggi è un ruolo la cui prestazione è determinata principalmente dalle qualità nei fondamentali del muro e dell'attacco. I criteri selettivi, dunque, riguardano entrambi questi fondamentali. Il muro eseguito dal centrale è di notevole importanza non solo nel momento in cui egli riesce a intercettare la palla ed effettuare un punto bloccando l'avversario, ma anche semplicemente dal punto di vista tattico, coprendo una specifica area del campo, che quindi verrà tralasciata dai giocatori in difesa. Per riuscire ad ottimizzare l'esecuzione delle tecniche di muro, sono determinanti la dinamica dei piedi e il livello di flessibilità attiva della caviglia, il controllo delle posizioni accosciate e la velocità di caricamento e di salto.

Per quanto riguarda l'attacco, invece, una qualità richiesta specificatamente al centrale è la capacità di attaccare una palla di primo tempo. Questo implica, oltre alla capacità di staccarsi da terra in modo rapido e reattivo, anche la capacità di saltare in anticipo rispetto al tocco dell'alzatore. Infatti, in un'alzata in primo tempo, il centrale deve staccare i piedi da terra prima ancora che il palleggiatore tocchi la palla.

Il libero

Il ruolo del libero è entrato a far parte del gioco della pallavolo solamente di recente. È facilmente identificabile, in quanto non solo indossa una maglia di colore diverso, ma nella maggioranza dei casi è anche il giocatore (o uno dei giocatori) più basso. Il compito del libero è occuparsi principalmente della ricezione del servizio, della difesa sull'attacco avversario e della copertura di un muro subito da un compagno durante un attacco. In genere, inoltre, gli viene destinato uno spazio più ampio di intervento per quanto riguarda le free-ball che arrivano dal campo avversario. Tutti compiti, quindi, dove è fondamentale la padronanza del bagher, ma è importante sottolineare che il libero sta assumendo sempre maggiore responsabilità anche nell'alzata di contrattacco, che essa sia in bagher o in palleggio, o addirittura in palleggio in salto.

Tutte queste competenze lo rendono un ruolo che vede tra le attitudini più richieste, oltre alla precisione nel fondamentale del bagher, anche un grande dinamismo a livello degli arti inferiori: spesso, infatti, il libero deve eseguire grandi spostamenti a velocità elevate, ed è solitamente il giocatore più abile nell'effettuare recuperi anche fuori dalla propria area di competenza.

È chiaro che, dovendo compiere, durante il match, un gran numero di interventi difensivi e di ricezione, assume un'elevata importanza anche il suo livello di mobilità dell'articolazione tibio-tarsica: riuscire a mantenere un angolo chiuso tra piede e tibia, infatti, gli consente di assumere una posizione di squat sufficientemente profonda, senza, però, sbilanciarsi all'indietro.

CAPITOLO 2

ANATOMIA DEL PIEDE

Il piede è la struttura più distale dell'arto inferiore, e ne rappresenta la porzione terminale. Nonostante si possa riscontrare una certa similarità tra la conformazione della mano e del piede, le funzioni che essi svolgono, e, dunque, di fatto, anche le strutture anatomiche e muscolari, sono molto diverse. Infatti, rispetto all'arto superiore, nell'estremità inferiore prevale una funzione statica e di sostegno del peso del corpo, ed è il motivo per cui questa presenta una ridotta libertà di movimento. Le azioni che possono essere svolte dal piede sono la flessione-estensione sul piano sagittale e la prono-supinazione (eversione-inversione) su quello frontale. L'articolazione talocrurale, o tibiotarsica, è un'articolazione a troclea che consente al piede di eseguire i movimenti di flessione ed estensione. La rotazione del piede, invece, è resa possibile grazie all'articolazione subtalare, o talo-calcaneare, che permette appunto la prono-supinazione.

2.1. LA STRUTTURA DEL PIEDE.

Il piede è costituito da 26 ossa e, in modo analogo alla mano, può essere suddiviso in tarso, metatarso e falangi.

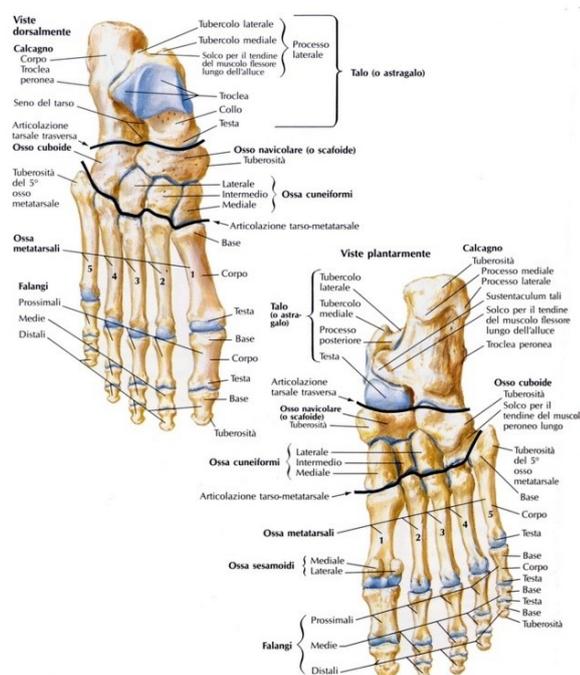


Figura 2.1. Veduta plantare e dorsale delle ossa del piede.

Le ossa del tarso sono 7 e si dividono in due file, una prossimale (o posteriore) e una distale (o anteriore). La fila prossimale comprende l'astragalo e il calcagno, che costituisce l'osso più grande del tarso e che sul lato mediale presenta una sporgenza, il *sustentaculum tali*, destinata appunto a sorreggere l'astragalo. La fila distale, invece, è formata, procedendo in senso medio-laterale, dall'osso navicolare (o anche detto osso scafoide del piede), dalle tre ossa cuneiformi, e dall'osso cuboide. Il metatarso è costituito da 5 ossa, le ossa metatarsali, che si interpongono tra il tarso, al quale sono unite da anfiartrosi, e le falangi. Le ossa metatarsali sono ossa lunghe che, grazie alla leggera concavità rivolta verso la pianta del piede, contribuiscono a formare la volta plantare del piede.

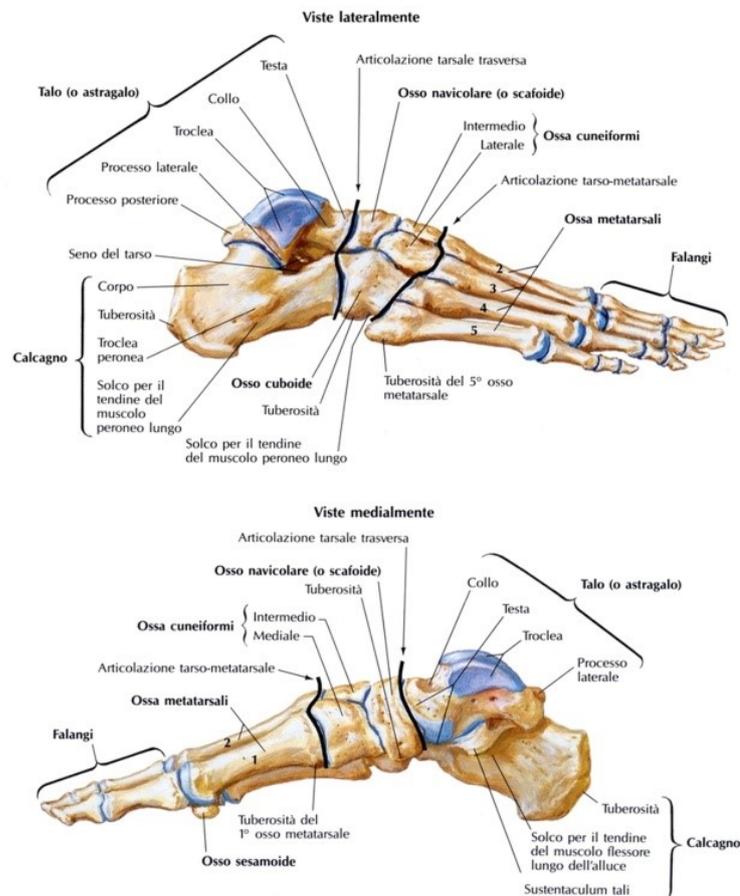


Figura 2.2. Veduta laterale e mediale del piede e dell'arco plantare.

Le falangi, infine, sono 14 piccole ossa lunghe che si continuano con le ossa metatarsali e vanno a costituire le dita del piede. Ad eccezione

dell'alluce, che come il pollice è costituito da due sole falangi, tutte le dita del piede sono formate da tre falangi, e presentano, anche in questo caso, una convessità sul lato dorsale e una concavità sul lato plantare. Caratteristica delle falangi intermedie del piede è quella di avere un'epifisi distale costituita da una troclea, che si articola con l'epifisi prossimale delle falangi distali.

Un'altra classificazione vede il piede suddiviso in tre aree diverse: retropiede, mesopiede e avampiede. Le ossa del retropiede sono astragalo e calcagno; scafoide, cuboide e i tre cuneiformi sono nel mesopiede, mentre nell'avampiede troviamo i cinque metatarsi con le corrispondenti falangi. Si possono individuare, inoltre, due interlinee che separano le diverse aree: l'interlinea di Chopart separa retropiede e mesopiede, mentre l'interlinea di Lisfranc segna il confine tra mesopiede e avampiede.

Con il piede in posizione ortostatica, si possono distinguere due superfici: la pianta, o superficie plantare, che corrisponde alla superficie inferiore del piede, e il dorso, o superficie dorsale, che invece corrisponde alla superficie superiore del piede.

La disposizione delle ossa del piede permette di identificare un raggio mediale e un raggio laterale. Il raggio mediale decorre dal calcagno alla testa del primo metatarso; anche il raggio laterale origina dal calcagno ma si porta verso la testa del quinto metatarso. Dalla loro sovrapposizione, prendendo come vertici i tre punti di contatto con il terreno, ovvero calcagno, quinto metatarso e primo metatarso, è possibile individuare la formazione di tre arcate: una longitudinale mediale, una longitudinale laterale ed una trasversale. Per quanto riguarda le arcate longitudinali, esse vedono il raggio mediale sollevato dal suolo, ad eccezione dei punti di contatto appena descritti, e il raggio laterale completamente appoggiato a terra. L'arcata trasversale, invece, è determinata principalmente dalla disposizione del cuboide e delle tre ossa cuneiformi. Insieme, i tre archi sollevano la parte centrale del piede e gli conferiscono la sua struttura a volta, i cui cambiamenti di curvatura ed elasticità consentono di adattarsi

al terreno e trasmettere al suolo il peso del corpo ed eventuali sollecitazioni ulteriori.

La volta è sostenuta dalla struttura anatomica delle ossa del piede, che rappresenta una condizione necessaria ma non sufficiente: per essere mantenuta tale, ha bisogno anche di essere stabilizzata attivamente e passivamente da legamenti, tendini e muscoli. Se prendiamo in esame l'arcata longitudinale, ad esempio, la sua tensione passiva è assicurata da tre legamenti. Partendo da quello più superficiale, questi sono: l'aponeurosi plantare, il legamento plantare lungo e il legamento calcaneo-navicolare, che concorre anche alla formazione dell'articolazione astragalo-calcaneare. La tensione attiva, invece, è data dai muscoli lunghi del piede, che provengono dalla gamba, e dalla muscolatura plantare. L'aumento o la diminuzione delle curvature della volta plantare alterano l'appoggio del piede e di conseguenza compromettono la sua funzione di ammortizzazione, distribuzione e assorbimento del peso del corpo. Il mantenimento della volta, dunque, e quindi anche quello delle arcate longitudinali e trasversale, è fondamentale per garantire anche una corretta deambulazione e, in generale, tutte quelle attività dinamiche in cui il piede entra in contatto con il terreno.

Altre funzioni importanti associate al piede sono:

- Sostegno, grazie allo scheletro osseo robusto e ai legamenti che lo proteggono;
- Stabilità, in tutte le direzioni, elemento fondamentale considerando che l'articolazione del piede sorregge il peso dell'intero corpo;
- Mantenimento della forma, grazie alla sua capacità elastica di deformarsi e ritornare alla sua forma originaria;
- Torsione, resa possibile da una buona mobilità articolare;
- Flessibilità, grazie al grado di elasticità delle sue strutture connettivali.

2.2. LE ARTICOLAZIONI DEL PIEDE.

Le articolazioni del piede sono numerose e complesse e mettono in rapporto le varie ossa che lo costituiscono: le ossa del tarso si articolano tra loro, con tibia, perone e con le ossa del metatarso; quest'ultimo si rapporta con le falangi prossimali, le quali si articolano poi con quelle intermedie (ad eccezione del primo dito), e queste con le falangi distali. Insieme alle articolazioni della caviglia consentono di effettuare movimenti di flessione-estensione, pronazione-supinazione e parziale circonduzione. Queste azioni sono permesse soprattutto grazie all'articolazione tibio-calcaneare e sub-talare; le altre articolazioni del piede, ad eccezione di quelle delle dita, sono delle anfiartrosi che consentono movimenti molto ridotti. La loro ipomobilità è data non solo dalle caratteristiche strutturali dell'articolazione stessa, ma anche dai legamenti rigidi che le proteggono. Questa particolarità non è da considerare in maniera negativa: dalla loro funzionalità dipende la capacità del piede di assorbire gli urti prodotti nel momento del contatto con il pavimento, riuscendo a trasformare i carichi che gli vengono applicati in energia elastica. È proprio grazie a questa flessibilità elastica e alla capacità di adattarsi e aderire anche a superfici irregolari, che si riesce ad evitare l'usura delle strutture.

I movimenti delle due articolazioni talocrurale e astragalo-calcaneare si influenzano a vicenda. Infatti, la somma delle escursioni delle due articolazioni prese singolarmente è molto inferiore rispetto alla loro escursione complessiva nel momento in cui lavorano simultaneamente. Questa loro sinergia dipende dal fatto che hanno dei legamenti in comune, e dunque la mobilità viene aumentata o diminuita a seconda dei movimenti che avvengono nell'una o nell'altra articolazione. È comunque da sottolineare che l'escursione massima eseguibile dal piede varia in funzione di diversi fattori tra cui ad esempio l'età e il grado di allenamento del piede.

L'articolazione talo-crurale o tibio-tarsica.

L'articolazione talo-crurale, che permette la flessione-estensione, è un'articolazione a ginglino con asse trasversale composta dall'astragalo,

dalla tibia e dalla fibula: il malleolo esterno, quello interno e la superficie articolare della tibia si articolano con la troclea del talo stringendola da entrambi i lati. È chiaro che, consentendo la flessione-estensione del piede, è un'articolazione fondamentale per la locomozione ed è estremamente importante in molti sport. La sua funzione, però, non si limita all'aspetto dinamico ma è anche essenziale per quanto riguarda la stabilità: l'astragalo, infatti, ha un ruolo principale nell'assorbire e ridistribuire il peso del corpo.

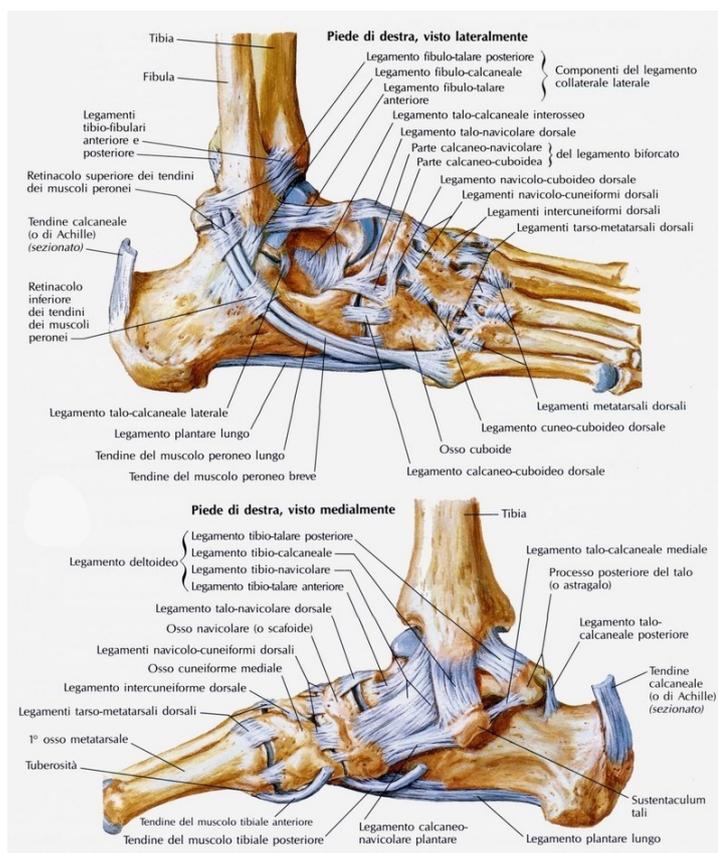


Figura 2.3. Veduta laterale e mediale dell'articolazione talo-cruale.

In quanto sottoposta a sollecitazioni notevoli, la capsula articolare è rinforzata da numerosi legamenti che permettono di stabilizzare l'articolazione. Medialmente il legamento deltoideo (o collaterale mediale), con i suoi 4 fasci, crea un ventaglio di legamenti, brevi ma robusti, che partono dal malleolo interno della tibia e si inseriscono nelle ossa del tarso. Questa conformazione peculiare consente di frenare i movimenti di pronazione del piede e garantisce che ad un qualsiasi movimento della

caviglia in questo senso, una parte dei legamenti sia tesa e dunque possa stabilizzare l'articolazione. Elencandoli in senso postero-anteriore, i quattro fasci del legamento collaterale mediale, che dalla tibia si inseriscono su astragalo, navicolare e calcagno, sono: il legamento tibio-astragalico posteriore, il legamento tibio-calcaneare, il legamento tibio-astragalico anteriore e il legamento tibio-navicolare.

Sul versante laterale il legamento collaterale laterale (o legamento esterno) è formato da tre legamenti distinti, tutti originanti dalla fibula: il legamento talo-fibulare anteriore, il legamento calcaneo-fibulare e il legamento talo-fibulare posteriore. Il legamento talo-fibulare anteriore ha un decorso essenzialmente orizzontale: dal malleolo laterale si porta sull'astragalo e frena la flessione plantare; il legamento calcaneo-fibulare unisce fibula e calcagno e presenta un decorso quasi verticale che gli conferisce il compito di contenere la supinazione del piede; il legamento talo-fibulare posteriore, infine, torna ad avere un decorso orizzontale, si inserisce anch'esso sull'astragalo, ma, a differenza del suo corrispettivo anteriore, inibisce la flessione dorsale del piede.

Partendo con il piede in posizione anatomica, generalmente si riesce ad effettuare una flessione dorsale di circa 20° e una flessione plantare di circa 30°. Questa differenza di ROM è spiegabile biomeccanicamente dalla particolare struttura dell'articolazione. La troclea dell'astragalo presenta un diametro anteriore più largo e uno posteriore più stretto, per cui l'escursione del movimento di dorsiflessione viene limitata maggiormente rispetto alla plantaflessione. Inoltre, all'aumentare della flessione plantare aumenta anche la capacità di effettuare movimenti di pronazione e supinazione del piede.

L'articolazione talo-calcaneare o sub-talare.

L'articolazione talo-calcaneare è, invece, un'unità funzionale composta da due articolazioni: l'articolazione astragalo-calcaneo-navicolare anteriormente e l'articolazione sub-talare propriamente detta sul versante posteriore. Il lavoro sinergico di queste due articolazioni permette la

rotazione del piede attorno ad un asse che dalla zona posteriore inferiore esterna attraversa in senso obliquo il piede fino alla zona anteriore superiore interna. Anche in questo caso pronazione e supinazione non raggiungono, in individui sani, lo stesso grado di escursione: mentre la rotazione esterna (supinazione) riesce a raggiungere anche i 60°, la rotazione interna (pronazione) si ferma circa a 30°. La qualità di questi due movimenti va ad influenzare la capacità del piede di adattarsi a terreni irregolari e quindi di garantire al soggetto la massima stabilità, sfruttando una base di appoggio più ampia possibile. È da tenere presente, però, che anche la mobilità dell'articolazione talocrurale ne influenza il ROM: come già esposto in precedenza, articolazione talocrurale e sub-talare sono dipendenti l'una dall'altra dal punto di vista della funzionalità. Infatti, al movimento di pronazione è associata anche la flessione dorsale e l'abduzione del piede; alla supinazione, invece, è associata la flessione plantare e l'adduzione. Migliorando, quindi, la mobilità di queste due articolazioni principali, è possibile migliorare il ROM complessivo della caviglia, in tutte le sue sfaccettature.

L'articolazione medio-tarsica.

L'articolazione mediotarsale, o dello Chopart, mette in rapporto le ossa della fila prossimale del tarso con quelle della fila distale. Nonostante venga descritta come un'unica articolazione, di fatto si tratta di due porzioni distinte: una sul versante mediale, l'interlinea astragalo-scafoidea, e una sul versante laterale, l'interlinea calcaneo-cuboidea. Queste sono, rispettivamente, un'enantrosi ed una articolazione a sella che consentono principalmente movimenti di scivolamento. Sono stabilizzate da 5 legamenti distinti: il legamento glenoideo, o calcaneo-scafoideo inferiore, che unisce calcagno e scafoide; il legamento astragalo-scafoideo superiore, il cui decorso va dalla faccia dorsale del collo dell'astragalo alla faccia dorsale dell'osso scafoide; il legamento ad Y di Chopart, che con i suoi due fasci origina dal calcagno e si porta da un lato verso l'astragalo e dall'altro verso il cuboide; il legamento calcaneo-cuboideo dorsale e il

legamento calcaneo-cuboideo plantare, che, come si evince dai nomi, connettono calcagno e cuboide superiormente ed inferiormente.

L'articolazione tarso-metatarsale.

Le articolazioni tarso-metatarsali, in cui si articolano i tre cuneiformi e il cuboide con i cinque metatarsi, formano nell'insieme l'interlinea di Lisfranc ed essendo tutte artrodie, dunque articolazioni a scorrimento, sono caratterizzate da uno scarso range di movimento. L'interlinea di Lisfranc ha un andamento obliquo che va dall'interno all'esterno, dall'alto al basso e dall'avanti all'indietro; l'obliquità di questo asse fa comprendere quali siano i movimenti permessi da questa articolazione, ovvero l'inversione-eversione del piede. A supporto della stabilità dell'articolazione tarso-metatarsale concorrono i legamenti tarso-metatarsali dorsali e plantari; inoltre, un ulteriore supporto è dato dai legamenti interfalangei.

Le articolazioni metatarso-falangee e interfalangee.

Le articolazioni metatarso-falangee e interfalangee, nella porzione più distale del piede, sono più mobili e consentono i movimenti di flessione-estensione e abduzione-adduzione dell'avampiede. Le prime collegano, appunto, le ossa metatarsali con quelle falangee, mentre le seconde consentono alle varie falangi prossimali, intermedie e distali di rapportarsi tra loro.

2.3. LA MUSCOLATURA DEL PIEDE.

In maniera analoga all'avambraccio e alla mano, anche la gamba e il piede possiedono numerosi muscoli. Nello specifico, per consentire la funzione di locomozione e sostegno in stazione eretta è necessaria l'azione di 33 muscoli per ciascun arto inferiore. Questo insieme di muscoli è responsabile di una grande varietà di movimenti del piede: controllano e proteggono i diversi movimenti della caviglia e ne sostengono l'arcata plantare, sollevano le dita e le stabilizzano sulla superficie su cui poggiano.

In generale, una prima distinzione che si può fare è tra muscoli intrinseci, cioè situati nel piede e che compiono la loro azione su strutture del piede stesso, e muscoli estrinseci ubicati invece a livello di tibia o fibula che agiscono a livello del piede, tramite inserzione distale diretta in questa zona, oppure di riflesso. Inoltre, a livello del piede sono presenti numerosi muscoli bi-articolari, che sono quindi in grado di apportare vantaggi non indifferenti ai fini dell'economia energetica. Questi muscoli, infatti, essendo coinvolti in due articolazioni adiacenti, favoriscono il movimento di segmenti ossei distali e allo stesso tempo stabilizzano l'articolazione. È da considerare, inoltre, che i muscoli atti alla flessione plantare, rispetto ai flessori dorsali, sono dotati di una sezione muscolare maggiore, in quanto per riuscire a compiere la loro funzione devono agire contro la forza di gravità.

Avendo, inoltre, il piede, sia una funzione statica che una funzione dinamica responsabile della locomozione, anche la muscolatura potrà essere suddivisa in muscoli con compiti principalmente statici e muscoli predisposti alla locomozione.

Un'altra suddivisione, invece, vede questi muscoli convenzionalmente raccolti in quattro gruppi diversi:

- I muscoli soleo e gastrocnemio del polpaccio;
- I muscoli peroniero breve e lungo, posti nella regione laterale della gamba
- I muscoli estensori del piede e delle dita, situati nella parte anteriore della gamba e del piede (muscoli tibiale anteriore, estensore lungo delle dita ed estensore lungo del primo dito);
- I muscoli flessori del piede e delle dita, collocati nella parte posteriore della gamba e del piede, in posizione più profonda rispetto a soleo e gastrocnemio (muscoli tibiale posteriore, flessore lungo delle dita e flessore lungo del primo dito).

Ne vedremo ora alcuni dei più importanti, sia estrinseci che intrinseci, seguendo l'ordine dettato dall'ultima suddivisione riportata qui sopra.

MUSCOLI ESTRINSECI

I muscoli estrinseci sono quei muscoli che, nonostante non siano localizzati nel piede, compiono comunque la loro azione su di esso.

- *Muscolo gastrocnemio*

Origina dalle superfici posteriori dei condili femorali e si inserisce sul calcagno; è il più potente muscolo flessore plantare del piede.

- *Muscolo soleo*

Origina dalla linea poplitea, dalla superficie posteriore della tibia e dalla superficie posteriore prossimale della fibula e si inserisce sul calcagno; ha il compito di flettere plantarmente il piede ma con una forza di contrazione minore rispetto al gastrocnemio.

- *Muscoli peronieri lungo e breve*

Dai due terzi prossimali della parte laterale della fibula (peroniero lungo) e dai due terzi distali (peroniero breve) si inseriscono rispettivamente alla base del primo osso metatarsale e cuneiforme mediale e sulla tuberosità del quinto osso metatarsale; hanno entrambi funzione di pronazione del piede e partecipano anche alla flessione plantare della caviglia.

- *Muscolo tibiale anteriore*

Origina dalla superficie laterale prossimale della tibia e dalla membrana interossea e si inserisce sul cuneiforme mediale e sulla base del primo osso metatarsale; è un muscolo che supina il piede e flette dorsalmente la caviglia.

- *Muscolo estensore lungo delle dita*

Dalla parte prossimale e anteriore del corpo della fibula e dalla membrana interossea si porta verso le falangi medie e distali delle dita dal secondo al quinto; ha funzione di estensione delle dita dal secondo al quinto, flessione dorsale della caviglia e pronazione del piede.

- *Muscolo estensore lungo dell'alluce*

Origina dalla superficie anteriore mediana della fibula e dalla membrana interossea e si inserisce sulla falange distale del primo dito; è responsabile dell'estensione dell'alluce, della flessione dorsale della caviglia e della supinazione del piede.

- *Muscolo tibiale posteriore*

Il suo decorso va dalla parte prossimale del corpo della tibia, dalla parte prossimale della fibula e dalla membrana interossea alle ossa navicolare, cuneiformi, cuboide e alle basi delle ossa metatarsali dalla seconda alla quarta; supina il piede e flette plantarmente la caviglia.

- *Muscolo flessore lungo delle dita*

Ha origine sulla superficie posteriore mediana della tibia e si inserisce sulle falangi distali delle dita dalla seconda alla quinta; ha funzione di flessione delle dita dalla seconda alla quinta, supinazione del piede e debole flessione plantare della caviglia.

- *Muscolo flessore lungo dell'alluce*

Origina dalla metà centrale della parte posteriore della fibula e si inserisce sulla falange distale del primo dito; ha il compito di flettere l'alluce, supinare il piede e flettere debolmente in senso plantare la caviglia.

MUSCOLI INTRINSECI

I muscoli intrinseci si trovano all'interno del piede e sono responsabili delle azioni fini.

- *Muscolo estensore breve delle dita*

Situato sulla superficie dorsale del piede, origina dal calcagno e si porta sulle dita dal secondo al quinto; ha il compito di estendere, insieme all'estensore lungo, le dita dal secondo al quinto.

- *Muscolo flessore breve delle dita*

Si trova sul versante plantare del piede, ha origine sul calcagno e si inserisce sulle falangi medie delle dita dalla seconda alla quinta; in sinergia con il flessore lungo, flette le dita dalla seconda alla quinta.

- *Muscolo estensore breve dell'alluce*

Il suo decorso va dalla superficie dorsale del calcagno alla falange prossimale del primo dito; ha funzione di estensione dell'alluce.

- *Muscolo flessore breve dell'alluce*

Dalle superfici plantari del cuboide e del cuneiforme laterale si porta sulle superfici mediale e laterale della base della falange prossimale dell'alluce; la sua contrazione permette di flettere l'alluce.

- *Muscolo adduttore dell'alluce*

È costituito da due capi: uno obliquo, che origina alla base delle ossa metatarsali dalla seconda alla quarta, ed uno trasversale, che origina dal legamento plantare delle articolazioni metatarso-falangee dalla terza alla quinta; entrambi si inseriscono sulla superficie laterale della base della falange prossimale del primo dito e sulla superficie laterale dell'osso sesamoide. Ha il compito di addurre l'alluce ed aiutare a mantenere l'arco trasversale del piede.

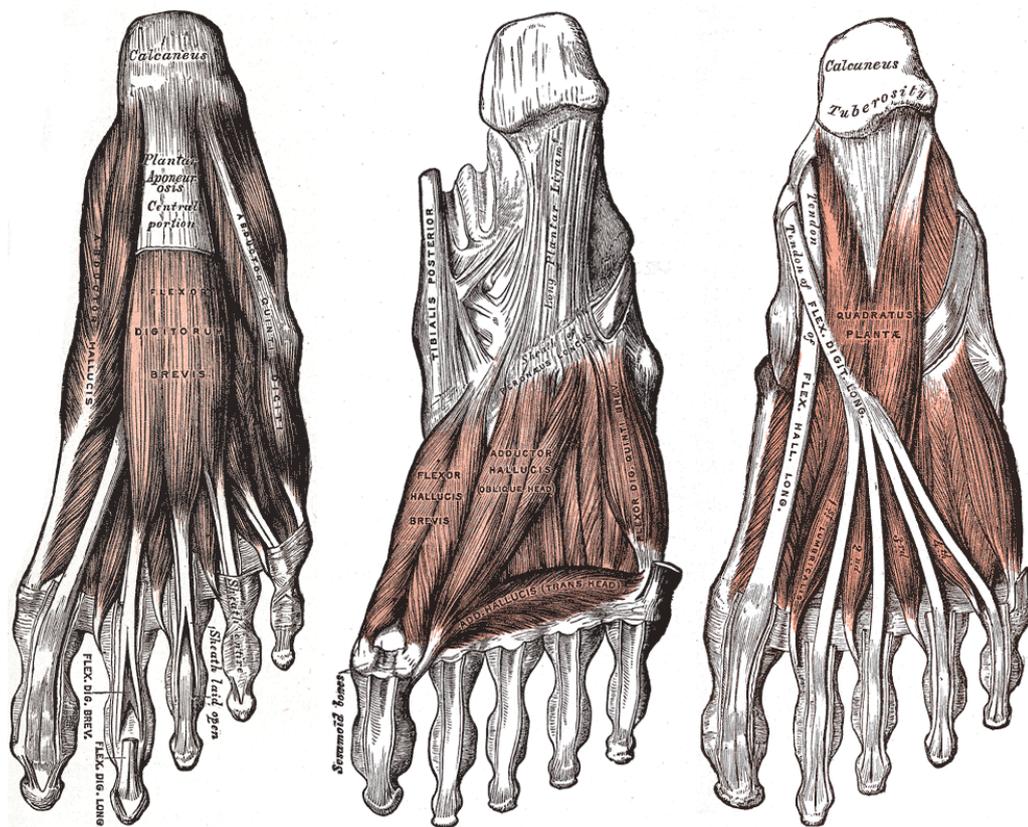


Figura 2.4. Muscoli della pianta del piede, strato profondo, intermedio e superficiale.

CAPITOLO 3

MOBILITA' ARTICOLARE

La mobilità articolare assume una posizione intermedia tra le capacità condizionali (cioè organico-muscolari) e quelle coordinative. In letteratura non esiste una definizione univoca di mobilità articolare ma viene descritta in modi diversi dai vari autori. Secondo Weineck, la mobilità articolare è la qualità che permette ad un atleta di eseguire movimenti di grande ampiezza, in una o più articolazioni, con le proprie forze o grazie all'intervento di forze esterne (Weineck, 2001). Per Hahn, invece, è la capacità di utilizzare al massimo, nel modo migliore, le possibilità di movimento delle articolazioni (Hahn, 1982). Alter descrive la flessibilità come l'ampiezza di movimento (ovvero il ROM, Range Of Motion) disponibile in un'articolazione o gruppi di articolazioni (M. J. Alter, 1988). Un'altra definizione è data da Grosser e Zimmerman, che con flessibilità intendono la capacità di compiere movimenti con ampiezza appropriata in determinate articolazioni; il criterio di misura è dato dalla possibilità di massima ampiezza di movimento (M. Grosser, E. Zimmerman 1987). Harre, infine, identifica la mobilità come la capacità dell'individuo di eseguire dei movimenti con grande ampiezza di escursione (Harre, 1972). Si può evincere, dunque, che "mobilità articolare" sia sinonimo di "flessibilità".

Nonostante le diverse visioni per quanto riguarda la definizione di mobilità articolare, si concorda nella sua suddivisione in mobilità *generale* e *speciale*, *attiva*, *passiva* e *statica*.

Quando si parla di mobilità articolare generale ci si riferisce alla capacità di escursione del movimento dei principali sistemi articolari, dunque alle articolazioni delle spalle, dell'anca e della colonna vertebrale. Con mobilità articolare speciale, invece, si intende la capacità di escursione della singola articolazione.

Mobilità articolare attiva si riferisce alla massima escursione di movimento in un'articolazione che può essere raggiunta da un atleta, facendo contrarre i muscoli agonisti e contemporaneamente rilassare gli

antagonisti. Necessita dunque della forza dello stesso atleta. La mobilità articolare passiva, invece, rappresenta sempre la massima escursione di movimento in un'articolazione che un atleta può raggiungere ma in questo caso ciò avviene grazie all'azione di forze esterne, che possono essere attrezzi, l'aiuto di un compagno o anche la forza di gravità. È chiaro che per quanto la mobilità articolare attiva possa essere di grado elevato, non sarà mai maggiore di quella passiva.

Infine, con mobilità articolare statica si intende la capacità di mantenere una posizione di allungamento per un determinato periodo di tempo [3].

La mobilità articolare rappresenta un presupposto elementare per un'esecuzione qualitativamente e quantitativamente migliore di un movimento (Harre, 1976). Il suo miglioramento influisce positivamente sullo sviluppo dei fattori fisici legati alla prestazione (ad esempio sulla forza, rapidità, etc.) e delle abilità motorie sportive (quindi per esempio i vari fondamentali tecnici).

Se si migliora la mobilità articolare, inoltre, possono essere eseguiti con maggiore forza, rapidità, facilità, fluidità ed espressività tutti i movimenti di grande ampiezza (Bull 1980). Per questo motivo è importante, se non indispensabile, inserire nella programmazione sportiva una parte di allenamento destinato alla mobilità articolare, con particolare attenzione ai distretti maggiormente sollecitati dallo sport praticato. [3]

Un insufficiente sviluppo della mobilità, inoltre, incide negativamente sull'apprendimento delle azioni motorie, sul tempo di assimilazione e perfezionamento delle stesse, facilita il verificarsi di infortuni e limita l'utilizzazione delle altre qualità fisiche. Se l'ampiezza del movimento viene limitata notevolmente, sarà, di conseguenza, compromessa anche la velocità dello stesso; seguendo una relazione inversamente proporzionale, invece, aumenta il dispendio energetico e si anticipa l'affaticamento. [4]

In aggiunta a quanto detto sopra, c'è da considerare anche che i cambiamenti biomeccanici che riducono la funzionalità delle articolazioni possono, in determinati casi, ostacolare l'efficienza dei movimenti in atleti

di alto livello e addirittura portare a infortuni (Cook, Burton, Hoogenboom & Voight, 2014). Infatti, ad esempio, una ridotta dorsiflessione di caviglia è associata ad una maggiore proiezione in avanti del ginocchio durante uno squat, che è un fattore di rischio per la lesione del legamento crociato anteriore (Wyndow et al., 2015). Sempre Cook et al. (2014), espongono il concetto di *joint-by-joint* nel quale tutte le articolazioni si influenzano a vicenda: ecco che, quindi, una ridotta mobilità di caviglia avrà un effetto negativo anche sulle altre articolazioni.

3.1. MOBILITA' ARTICOLARE E PALLAVOLO

Il pallavolista esegue diversi gesti tecnici a grande escursione articolare sia con gli arti superiori sia con quelli inferiori. Fondamentali quali il muro, il servizio, la schiacciata, ma anche il palleggio, potrebbero far pensare che basti una elevata mobilità dell'articolazione scapolo-omerale e di tutto l'arto superiore per ottenere una performance ottimale, ma non è così. Le posizioni del corpo nel bagher e le azioni di difesa e di ricezione richiedono una buona mobilità dell'articolazione coxo-femorale, della caviglia e in generale di tutto l'arto inferiore. Come si può dedurre dal modello prestativo presentato precedentemente, la pallavolo comporta una serie di traslocazioni, salti e movimenti degli arti sopra il capo che sollecitano tutte le articolazioni e i muscoli degli arti superiori ma anche di quelli inferiori.

In particolare, come già esposto, questa tesi ha l'intento di focalizzarsi sulle articolazioni del piede e su come la qualità di quest'ultimo vada ad influenzare i vari requisiti e gesti tecnici rilevanti nella pallavolo.

3.1.1. MOBILITA' DI CAVIGLIA E CAPACITA' DI SALTO VERTICALE

La capacità di salto può essere considerata un elemento cruciale nella pallavolo, in quanto viene utilizzata in numerose situazioni, quali, ad esempio, un salto d'attacco, un salto a muro, un salto per effettuare una battuta spin o spike, ma anche in un palleggio in salto, seppur non massimale. Per quanto la frequenza dei salti richiesta e la loro qualità vari

da ruolo a ruolo, la capacità di salto è un'abilità motoria richiesta ad ogni giocatore. Infatti, nonostante non sia il primo elemento che si va ad osservare quando si vuole studiare la performance di un libero, anche in questo ruolo, specialmente ad alto livello, vengono effettuati dei palleggi d'alzata in salto, staccando da dietro la linea dei tre metri e atterrando più vicino alla rete.

Il salto non è certamente l'unico fattore indicativo di una performance ottimale ma, per la sua importanza in questo sport, la capacità di salto verticale viene spesso testata per valutare la qualità della performance del giocatore di pallavolo. I test più comuni sono lo squat jump test, il countermovement jump test, il drop jump test e delle serie di salti ripetuti.

Per riuscire a generare energia per l'impulso necessario per il salto, rivestono un ruolo fondamentale i muscoli bi-articolari: essendo coinvolti in due articolazioni adiacenti, facilitano il trasferimento dell'energia dall'articolazione prossimale a quella distale. Questa energia viene trasmessa grazie all'attivazione in sequenza dei muscoli degli arti inferiori, dagli estensori dell'anca, fino ad arrivare, nello stadio finale, all'articolazione della caviglia. Qui, la sua plantaflessione contribuisce all'incirca per il 22-23% alla velocità di stacco [5]. Il contributo dell'articolazione della caviglia durante un salto verticale dipende, infatti, dall'entità della forza sviluppata dai plantaflessori della caviglia, dalle differenze nei loro tempi di risposta alla stimolazione e dal suo ROM: Papaiakevou ha dimostrato, nel suo studio del 2013, che individui con scarsa flessibilità saltano meno di individui più flessibili [6]. Ad esempio, per un atleta con un basso livello di dorsiflessione di caviglia è inevitabile eseguire un salto verticale massimale senza inclinare il tronco in avanti o senza alzare i talloni dal pavimento [6].

Lo studio di Yun et al. [7] ha dimostrato che il miglioramento del ROM di dorsiflessione della caviglia e della forza dei muscoli che agiscono a livello della suddetta articolazione potrebbero portare a miglioramenti nell'abilità di salto verticale. La spiegazione potrebbe ritrovarsi nel fatto che la forza dei muscoli dorsiflessori della caviglia dipende dal range of motion della

sua dorsiflessione [8]. Ecco quindi che l'articolazione della caviglia diventa un giunto fondamentale per il raggiungimento della massima prestazione nel salto verticale.

Lo studio di McNeal et al. testimonia l'importanza della flessibilità per la prevenzione degli infortuni e per il miglioramento della performance sportiva. Per quanto riguarda la pallavolo, sono stati condotti degli studi che hanno dimostrato come la partecipazione a delle sedute di pilates, che avevano come scopo il miglioramento della flessibilità, andassero poi a influenzare positivamente anche la performance nello Squat Jump [9] e le abilità di gioco [10].

Il ROM della caviglia, dunque, è un fattore di cui tenere conto e dipende dalla somma della sua plantaflessione e dorsiflessione. Generalmente viene misurato sul piano sagittale, con il soggetto da testare che può essere in posizione eretta o supina, e con il ginocchio o in posizione neutrale, o flesso a 90 gradi, oppure alla massima flessione. Può, inoltre, essere misurato attivamente, e dunque utilizzando una contrazione muscolare da parte del soggetto, o passivamente, tramite l'utilizzo di forze esterne. È da tener presente, in ogni caso, che nella pallavolo, durante un salto, che può essere ad esempio un salto d'attacco, ma anche un salto per effettuare un servizio, la caviglia è dorsiflessa quando l'angolo al ginocchio è in una posizione intermedia tra quelle riportate sopra (esteso o flesso a 90°) e che vengono utilizzate per testare il range of motion della caviglia.

Un recente studio (Panoutsakopoulos et Al., 2021) è stato condotto per verificare se esistono differenze tra persone flessibili e meno flessibili nell'esecuzione dello Squat Jump con e senza oscillazione delle braccia. Era stato ipotizzato che atleti flessibili avrebbero avuto una performance migliore rispetto ad atleti meno flessibili, e che, allo stesso tempo, i giocatori più flessibili sarebbero riusciti a sfruttare meglio l'oscillazione delle braccia. Lo studio è stato condotto su 35 giocatrici di pallavolo in età post-puberale. In primo luogo è stato testato il ROM attivo e passivo di entrambe le caviglie con angolo di estensione al ginocchio pari a 90°, 140°

e 180° (ginocchio in estensione completa), ottenendo quindi tre risultati. Successivamente, le partecipanti sono state divise in due gruppi, uno composto da atlete con buona dorsiflessione ($n = 10$) e uno da atlete con scarsa dorsiflessione ($n = 8$). Criteri di inclusione erano:

- Per entrambi i gruppi, che la differenza di dorsiflessione passiva tra i due arti non fosse superiore a 10.0°;
- Per il gruppo di atlete flessibili, che l'angolo di dorsiflessione passiva fosse inferiore a 59.08° con ginocchio in flessione a 90°;
- Per il gruppo di atlete inflessibili, che l'angolo di dorsiflessione passiva fosse superiore a 71.8° con ginocchio in flessione a 90°.

Dunque, solo 18 giocatrici hanno eseguito lo Squat Jump con e senza oscillazione delle braccia. Per quanto riguarda il ROM della caviglia, il range passivo è risultato essere maggiore di quello attivo di circa 12 – 18°, ma comunque entrambi decrescevano mano a mano che il ginocchio veniva esteso.

Per quanto riguarda, invece, i risultati della seconda parte dello studio, e nello specifico quelli legati prettamente alla differenza di flessibilità, che sono di maggiore rilevanza per lo scopo di questa tesi, si possono fare tre osservazioni:

1. In media, il gruppo di atlete flessibili ha raggiunto un'altezza di salto maggiore di 3.8 cm rispetto al gruppo di atlete inflessibili nello Squat Jump con oscillazione delle braccia;
2. Il picco di potenza generato durante il salto è risultato essere maggiore nel gruppo di atlete flessibili (nello SQJ senza oscillazione delle braccia: 21.3 ± 2.8 W/kg per il gruppo Flessibile e 18.9 ± 2.0 W/kg per il gruppo Inflessibile; nello SQJ con oscillazione: 24.4 ± 4.2 W/kg per il gruppo Flessibile e 21.5 ± 3.0 W/kg per il gruppo Inflessibile);
3. Il picco di lavoro meccanico generato durante il salto è maggiore nel gruppo di atlete flessibili (nello SQJ senza oscillazione delle braccia: 2.3 ± 0.6 J/kg per il gruppo Flessibile e 1.9 ± 0.4 J/kg per il

gruppo Inflessibile; nello SQJ con oscillazione: 1.9 ± 0.5 J/kg per il gruppo Flessibile e 1.5 ± 0.4 J/kg per il gruppo Inflessibile).

Dunque, l'ipotesi avanzata all'inizio dello studio è stata confermata in parte. È stata rilevata una differenza tra gruppi per quanto riguarda l'efficienza dell'oscillazione delle braccia nell'altezza raggiunta con lo Squat Jump, ma questa differenza non è stata significativa. L'oscillazione delle braccia, comunque, è stata utilizzata con maggiore efficacia dalle atlete con una migliore dorsiflessione di caviglia, riuscendo quindi ad avere un guadagno più grande in termini di performance. Al contrario, le atlete con una ridotta dorsiflessione non sono riuscite ad aumentare l'altezza del salto con la stessa efficacia, rispetto allo Squat Jump senza oscillazione. Ne risulta, quindi, che, migliorando sia la plantaflessione sia la dorsiflessione della caviglia, si può ottenere un incremento della performance nel salto verticale.

Un altro studio, condotto da Godinho et Al. (2019), ha analizzato gli effetti di una ridotta mobilità di caviglia sulla capacità di salto in 21 giovani calciatori. Sebbene la ricerca veda come protagonisti degli atleti di uno sport diverso dalla pallavolo, può risultare comunque utile discuterne i risultati, dal momento che è stato scelto, per testare l'altezza raggiunta dai ragazzi, il Countermovement Jump (CMJ) Test. Il CMJ, infatti, è un movimento esplosivo essenziale in vari sport, tra cui non solo il calcio ma anche la pallacanestro e la pallavolo. Nello specifico, per le sue caratteristiche biomeccaniche, il CMJ è paragonabile ad un salto d'attacco, in quanto l'altezza raggiunta nell'esecuzione di una schiacciata è risultata essere altamente correlata con quella raggiunta nel CMJ ($r = 0.86$; $p < 0.01$) [11].

I giocatori sono stati sottoposti a 3 sessioni di valutazione: una per il Knee-to-Wall test, una per valutare, tramite l'utilizzo di un goniometro, il range di movimento di entrambe le caviglie (misurando quindi dorsiflessione e plantaflessione) e una per il CMJ test. Per la misurazione degli angoli di dorsiflessione e plantaflessione, i partecipanti sono stati valutati a piedi

nudi, in posizione di decubito dorsale con i piedi in posizione anatomica e le ginocchia flesse a un angolo tra 25° e 30°. Il Knee-to-Wall test è stato utilizzato per valutare il livello di dorsiflessione di entrambe le caviglie. In questo test, il soggetto è stato sistemato in posizione semi-inginocchiata, con un ginocchio appoggiato a terra e un piede avanti, collocando la punta dell'alluce a 14 cm di distanza dal muro. Da questa posizione, i partecipanti dovevano portare il ginocchio dell'arto non in appoggio in direzione del muro, fino a che questo non fosse toccato. Se il soggetto non fosse riuscito a toccare il muro, il piede veniva portato più vicino al muro di 1 cm, procedendo in questo modo finché non fosse avvenuto il contatto tra ginocchio e muro. La valutazione del CMJ, infine, consisteva nell'effettuare una contrazione eccentrica, ad alta velocità, fino ad arrivare all'incirca a 90° di flessione al ginocchio, per poi effettuarne una concentrica massimale in modo da raggiungere la massima elevazione possibile. Il CMJ è stato analizzato bilateralmente e senza l'aiuto delle braccia, che sono state posizionate sui fianchi per tutto il movimento. Sono stati eseguiti 3 tentativi, con 2 minuti di pausa tra ogni salto, ed è stato tenuto in considerazione il miglior risultato.

Dall'analisi dei dati ottenuti, si può riscontrare una correlazione positiva e significativa tra la riduzione del ROM della caviglia, specialmente la destra, e una ridotta performance nel salto. Queste informazioni, quindi, vanno a confermare l'ipotesi che dei deficit a livello della mobilità possono compromettere il movimento (Cook et al., 2014), e che, nello specifico, deficit a livello della caviglia possono influenzare negativamente la prestazione nel salto verticale.

Nello studio di Yun et al. [7] è stata analizzata, invece, la correlazione esistente tra il picco di forza dei flessori delle dita del piede, il range di dorsiflessione (DF ROM) della caviglia e l'altezza raggiunta nel countermovement jump (CMJ). 18 individui sani hanno partecipato allo studio e sono stati sottoposti, oltre alle misure antropometriche, a tre test distinti: uno per misurare il picco di forza dei muscoli flessori delle dita

(TFM), uno per verificare il DF ROM ed uno per analizzare l'altezza raggiunta nel CMJ. Il picco di forza dei TFM è stato misurato con un dinamometro digitale, mentre il soggetto era in posizione seduta, con caviglia, ginocchio e anca flessi a 90°. È stato chiesto ai partecipanti di esercitare, per ogni dito, la massima forza possibile per 5 secondi, per un totale di 3 tentativi con 3 minuti di pausa tra ognuno, in modo tale da minimizzare la fatica. Alla fine, è stato tenuto in considerazione il miglior risultato. Nel secondo test è stato misurato il massimo ROM passivo di DF della caviglia dominante, utilizzando un goniometro universale, con il soggetto disteso in posizione prona e ginocchio flesso a 90°. Per quanto riguarda il CMJ test, sono stati effettuati 3 tentativi, con 3 minuti di pausa tra ognuno. La posizione di partenza dei partecipanti doveva essere con i piedi paralleli; successivamente, è stato eseguito il CMJ con l'utilizzo delle braccia, cercando di arrivare alla massima altezza possibile. Per la misurazione del salto è stato posizionato un marker a livello sacrale, nel punto in cui era stato individuato il centro di massa del soggetto, e tramite analisi video è stata misurata la massima altezza raggiunta dal COM.

I risultati dello studio suggeriscono che DF ROM e picco di forza del flessore dell'alluce sono i due fattori che maggiormente influenzano la prestazione nel CMJ: è stata riscontrata una correlazione moderata tra l'altezza del CMJ e il DF ROM ($r = 0.642$, $r^2 = 41.3\%$, $p < 0.001$) ed una correlazione alta tra CMJ e picco di forza del flessore dell'alluce ($r = 0.765$, $r^2 = 58.5\%$, $p < 0.001$).

Infatti, per quanto venga spesso tralasciato nei programmi di allenamento, il picco di massima forza del flessore dell'alluce influisce sulla trasmissione dell'energia generata dagli arti inferiori al suolo, riuscendo, così, a migliorare la performance. Perciò, è da tenere in considerazione, specialmente nella pallavolo ad alti livelli, dove anche pochi millimetri in più possono fare la differenza.

Per quanto riguarda il range di dorsiflessione della caviglia, lo studio di Papaiakovou ha dimostrato che soggetti con una migliore mobilità riuscivano a generare più forza con i muscoli plantaflessori della caviglia,

poiché erano in grado di raggiungere una maggiore flessione al ginocchio durante lo squat precedente al salto, mantenendo allo stesso tempo i talloni a contatto con il suolo [6]. Infatti, in accordo con la relazione lunghezza-tensione (LTR), la capacità delle fibre muscolari di produrre forza dipende dal loro grado di allungamento. Dunque, un muscolo che raggiunge un maggiore allungamento nella fase eccentrica, riuscirà a sviluppare, poi, più forza nella fase concentrica del movimento. Inoltre, studi come quello di Domire e Challis hanno dimostrato che individui con un carente ROM di dorsiflessione della caviglia hanno una ridotta performance nel salto verticale: avendo una scarsa mobilità, infatti, questi soggetti sollevavano i talloni da terra prima di effettuare il salto, avevano un maggiore spostamento orizzontale del centro di massa a discapito di quello verticale e raggiungevano un'altezza inferiore al momento del salto [12].

Ecco, quindi, che il ROM di DF può essere considerato, insieme al picco massimo di forza dei TFM un fattore influente nella capacità di sviluppare una sufficiente forza e spostamento verticale del centro di massa durante un CMJ.

Anche Yamauchi e Koyama, (2020), confermano l'importanza della forza del flessore delle dita (TFS) per incrementare la performance nel salto verticale. Lo scopo del loro studio era verificare se la TFS e l'altezza dell'arco plantare (FAH) fossero correlabili alle componenti di forza durante la fase di contatto in un salto verticale. Dunque, hanno analizzato questi due fattori su 31 individui sani, e li hanno messi in relazione con la loro performance in 3 tipologie di salto: lo squat jump (SJ), il countermovement jump (CMJ) e il rebound jump (RJ). Tutti e tre i test di salto sono stati effettuati senza l'utilizzo delle braccia, e sono stati concessi 3 tentativi per ogni tipologia, con 1 minuto di riposo tra una misurazione e l'altra dello stesso salto, e 3 minuti di pausa nel passaggio da una tipologia all'altra.

Dall'analisi dei risultati raccolti, si può riscontrare una correlazione positiva tra le variabili legate alla TFS (ovvero: forza massima, forza massima

relativa e rate of force development) e la performance del salto nello SJ, nel CMJ e nell'indice del RJ (RJI). Questi risultati suggeriscono quindi che incrementando la TFS si può migliorare anche l'altezza raggiunta nel salto verticale. Infatti, la qualità del salto verticale dipende dalla trasmissione della forza generata dai vari segmenti corporei al terreno, grazie alla rete di momenti creati dagli estensori dell'anca, del ginocchio, dai plantaflessori della caviglia e dai flessori delle dita. È chiaro che, nel momento in cui i flessori delle dita sono l'ultimo anello della catena che lasciano il terreno spingendo il corpo verso l'alto, le loro caratteristiche influenzano molto la trasmissione dell'energia, e dunque la qualità del salto.

Non è stata riscontrata, invece, alcuna correlazione tra l'altezza dell'arco plantare e le variabili legate alle tre tipologie di salto.

L'importanza della forza del flessore delle dita ci riporta all'importanza del ROM di dorsiflessione della caviglia. Infatti, Guillén-Rogel et al. (2017) hanno dimostrato l'esistenza di una relazione tra l'ampiezza del DF ROM e la forza della caviglia. In particolare, hanno selezionato 29 giovani adulti sani e ne hanno misurato su entrambi gli arti inferiori questi tre parametri:

- Il range di dorsiflessione della caviglia (DF ROM);
- La forza dei plantaflessori (PFS) e dorsiflessori (DFS) della caviglia;
- La forza del flessore dell'alluce (TFS).

Mentre la correlazione tra la PFS e la TFS è risultata scarsa, e non sono state rilevate differenze significative tra un arto e l'altro, è stata invece riscontrata una moderata correlazione tra la DFS e il DF ROM, e tra la DFS e la TFS del primo dito.

Dal momento che esiste una correlazione tra il DF ROM e DFS e TFS, e che sono presenti in letteratura degli studi che dimostrano che la TFS influisce positivamente sulla capacità di salto verticale, si può pensare che ad un miglioramento del range of motion della dorsiflessione di caviglia corrisponda un miglioramento della TFS, e dunque anche dell'altezza raggiunta durante un salto.

3.1.2. MOBILITA' DI CAVIGLIA E BAGHER DI RICEZIONE E DI DIFESA.

Il bagher è una tecnica di base che identifica il ruolo del ricettore-attaccante e del libero, ma è anche un gesto così ricorrente che dev'essere padroneggiato da tutti i giocatori, in quanto può essere utilizzato non solo in ricezione ma anche per un intervento difensivo, per un appoggio o anche un'alzata.

Il bagher didattico consiste in un tocco di palla al di sotto della linea delle spalle, impattato nella porzione distale dell'avambraccio. Le mani vengono unite in una presa ben salda, i gomiti vengono estesi e gli avambracci extraruotati, e le spalle vengono chiuse in avanti in modo tale da creare un corretto piano di rimbalzo che permetta di direzionare la palla verso il bersaglio desiderato con la massima precisione. Gli arti superiori determinano l'angolo di uscita della palla dal bagher: grazie all'azione di spalle e busto, l'atleta riesce a gestire la profondità e la direzione destra-sinistra, ma non la forza. Infatti, sebbene l'anello finale, ovvero il contatto con la palla, sia la parte più importante di questa tecnica di base, è fondamentale anche l'azione degli arti inferiori che devono garantire il corretto spostamento del corpo, il posizionamento dietro alla palla, e la successiva spinta di gambe che determina la forza da mettere o togliere alla palla in arrivo. L'azione degli arti inferiori deve, quindi, assicurare due aspetti: la stabilità della postura al momento del tocco, intesa come assenza di sbilanciamenti non controllati che porterebbero ad una perdita di attenzione sul controllo dell'esecuzione del gesto, e il grado di apertura degli appoggi.

È necessario, inoltre, saper modificare questa tecnica di base in relazione alla casistica situazionale di gioco, che può richiedere un bagher di difesa, di ricezione, un bagher per una free-ball o un bagher d'alzata.

In generale, per effettuare correttamente un bagher, è necessario che il giocatore si sposti rispettando i timing e la traiettoria della palla, prepari il piano di rimbalzo, esegua un opportuno caricamento degli arti inferiori ed effettui una spinta verso la palla prima che avvenga il contatto con essa.

Nell'esecuzione del bagher didattico è importante, innanzitutto, assumere una corretta postura, che presenti le seguenti caratteristiche:

- 1- Angolo dell'articolazione tibio-tarsica chiuso;
- 2- Punta del ginocchio più avanti della punta del piede, in modo tale da avere il peso sugli avampiedi, ma senza sollevare i talloni da terra (non si deve stare in appoggio solo sulle punte);
- 3- Gambe divaricate alla larghezza delle spalle;
- 4- Glutei non eccessivamente bassi, per evitare di chiudere l'angolo tra tibia e quadricipite, che porterebbe ad uno spostamento del peso del corpo all'indietro e ad una minor prontezza negli spostamenti più repentini;
- 5- Busto inclinato in avanti;
- 6- Spalle in tensione, portate in avanti grazie all'abduzione delle scapole;
- 7- Braccia a 90° con il busto, con avambracci extraruotati;
- 8- Presa delle mani rigida, che non si spezzi all'impatto con la palla.

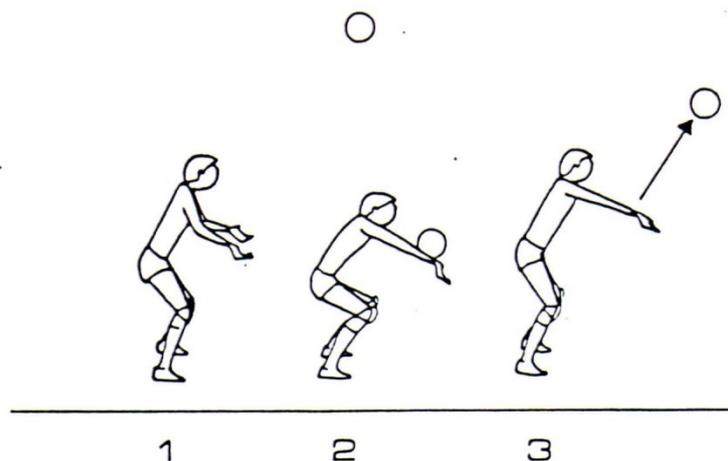


Figura 3.1. Il bagher.

Successivamente, i principi di motricità da rispettare possono essere riassunti nei seguenti tre punti:

1. L'orientamento del piano di rimbalzo verso l'obiettivo, ottenuto grazie all'avanzamento delle spalle e all'abduzione delle scapole,

che facilitano l'aggiustamento dell'inclinazione del piano di rimbalzo in adattamento alla traiettoria della palla;

2. Un piano di rimbalzo stabile, non solo nella composizione ma anche nell'orientamento al bersaglio, in modo tale da garantire la massima precisione possibile
3. Gli arti inferiori attivi verso la palla e, se partecipano alla spinta (ad esempio in un bagher d'appoggio), con azione di spinta in direzione della palla.

La dinamica appena esposta è, quindi, condizionata da una chiusura ottimale dell'articolazione tibio-tarsica, che consente di rimanere con il peso del corpo proiettato in avanti e non sbilanciarsi all'indietro durante l'accosciata. I piedi possono essere paralleli o posizionati uno avanti e uno indietro rispetto al piano frontale, ma devono essere direzionati verso la traiettoria d'arrivo della palla e contribuiscono alla spinta senza mai staccarsi completamente da terra. Il peso, infatti, deve essere mantenuto sugli avampiedi, ma tutta la pianta deve restare a contatto con il terreno. È chiaro che un individuo con una scarsa mobilità a livello dell'articolazione tibio-tarsica, procedendo con la chiusura degli angoli articolari, alzerà i talloni in anticipo rispetto ad un individuo più flessibile. Se nel bagher didattico questa differenza potrebbe non notarsi, essa salta molto di più all'occhio nel bagher difensivo. Infatti, mentre per eseguire un bagher d'appoggio su una free-ball è sufficiente una posizione di semi-squat, dunque con angolo al ginocchio più aperto, quando si tratta di un bagher di difesa l'atleta deve necessariamente sistemarsi in una posizione di accosciata più profonda affinché sia garantita un'uscita rapida dalla posizione di difesa in qualsiasi situazione. Negli interventi difensivi, infatti, il pallone viaggia a velocità talmente elevate che una partenza troppo eretta rischierebbe di far perdere frazioni di secondo essenziali alla riuscita del gesto tecnico, aumentando i tempi di reazione alla palla; questo vale non solo per la difesa di un attacco eseguito da uno

schiacciatore, ma anche per eventuali attacchi di secondo tocco dell'alzatore.

Ovviamente, in linea con la natura situazionale di questo sport, anche per quanto riguarda gli interventi difensivi la casistica degli eventi possibili è ampia e comporta sviluppi differenti a seconda che il giocatore debba difendere, ad esempio, un bagher forte nella figura, una palla bassa distante dal proprio corpo, o un attacco che viene deviato dal tocco del muro. In ogni caso, per le caratteristiche biomeccaniche appena descritte, la posizione base che deve assumere il difensore prima del colpo d'attacco si può paragonare all'esecuzione di uno squat.

Verranno esaminate più nel dettaglio le peculiarità dello squat, con particolare riferimento alle relazioni che intercorrono tra la sua esecuzione e la mobilità articolare della caviglia e del piede.

Lo squat

Lo squat è un esercizio multiarticolare tra i più comuni nell'ambito del fitness e del bodybuilding, ma è anche utilizzato per lo sviluppo della forza e per il condizionamento fisico in diverse discipline e sport. Inoltre, viene utilizzato anche come test per gli arti inferiori, e in ambito clinico e riabilitativo per rafforzare i muscoli degli arti inferiori e i tessuti connettivi dopo aver subito un infortunio.

Nella pallavolo, molti dei salti che vengono effettuati sono preceduti da un leggero caricamento degli arti inferiori, per cui potrebbe venire naturale pensare che raggiungere maggiori profondità durante lo squat non sia necessario. Invece, al di là dell'importanza del suo ROM all'interno dei programmi di preparazione fisica, è un esercizio che, proprio per le sue caratteristiche esecutive, presenta delle similarità con il gesto tecnico e preparatorio del bagher.

Lo squat si colloca tra gli esercizi base per l'allenamento degli arti inferiori [13]. In particolare, è un esercizio a catena cinetica chiusa che sollecita la muscolatura della coscia (specialmente quadricipiti, glutei e ischiocrurali) e il tricipite della sura. Ci sono numerose varianti esecutive, ma nello squat

classico la tecnica è la seguente: con i piedi rivolti verso avanti, distanziati quanto la larghezza delle spalle, leggermente extraruotati e completamente appoggiati a terra, si mantiene lo sguardo avanti e si effettua un piegamento delle gambe fino ad arrivare con la coscia parallela al terreno. Quindi, gradualmente e simultaneamente, l'anca e il ginocchio vengono flessi e la caviglia viene dorsiflessa. Per tutta la durata del movimento, è importante che le ginocchia non oltrepassino la proiezione verticale delle punte dei piedi, e che non vengano sollevati i talloni da terra; secondo Kritz et al. (2009) il movimento ottimale da eseguire nello squat consiste nel mantenere anche, ginocchia e caviglie allineate, senza spostamenti sul piano medio-laterale e tenendo i talloni a contatto con il pavimento per tutta la durata del movimento. Per quanto riguarda quest'ultimo punto, sono presenti numerosi studi in letteratura che evidenziano l'esistenza di una relazione tra il range di movimento della caviglia e la profondità massima raggiungibile in uno squat, senza ovviamente alzare i talloni dal suolo, e più in generale anche di una correlazione tra mobilità di caviglia e biomeccanica degli arti inferiori durante lo squat.

Kim et al. [14] hanno indagato sulla relazione esistente tra la forza e il range di movimento degli arti inferiori e la profondità raggiunta nello squat. Nel loro studio, sono stati scelti 101 partecipanti sani (64 uomini e 37 donne) e ne sono state misurate le seguenti variabili: ROM di flessione dell'anca, rotazione interna ed esterna dell'anca, dorsiflessione di caviglia a ginocchio esteso e a ginocchio flesso, forza dei muscoli flessori dell'anca e forza dei muscoli dorsiflessori della caviglia. Successivamente, è stata misurata la profondità raggiunta nell'esecuzione dello squat: con i piedi posizionati ad una distanza pari alla larghezza delle spalle e le mani dietro la nuca, il soggetto doveva eseguire lo squat fino a raggiungere il massimo piegamento possibile, senza staccare i talloni, e mantenere la posizione per 5 secondi. I risultati hanno mostrato negli uomini una significativa correlazione negativa tra la dorsiflessione di caviglia con

ginocchio esteso e flesso e la profondità dello squat (rispettivamente $r = -0.531$ e $r = -0.623$; $p < 0.05$); nelle donne, invece, si evidenzia sempre una correlazione negativa tra la dorsiflessione con ginocchio esteso e flesso e la profondità dello squat (rispettivamente $r = -0.487$ e $r = -0.460$; $p < 0.05$), insieme anche ad una correlazione positiva tra la forza dei muscoli dorsiflessori della caviglia e la profondità dello squat ($r = 0.279$; $p < 0.05$). Ne risulta, quindi, che il range of motion della dorsiflessione della caviglia correla significativamente con la profondità dello squat, ed è responsabile della sua varianza per il 38.8% negli uomini e per il 23.7% nelle donne ($p < 0.05$). Questi dati dimostrano che la caviglia, e in particolare la sua dorsiflessione, rappresenta uno dei fattori che contribuiscono maggiormente al raggiungimento della massima profondità durante l'esecuzione di uno squat, e che, di conseguenza, la profondità massima raggiungibile può essere migliorata lavorando sulla mobilità della caviglia. Inoltre, la forza dei muscoli dorsiflessori della caviglia è responsabile dell'8.7% della varianza della profondità dello squat: un ulteriore fattore che conferma che la caviglia gioca un ruolo fondamentale in questo esercizio a catena cinetica chiusa. Infatti, poiché il movimento di ciascuna articolazione è influenzato dal movimento di tutte le altre articolazioni coinvolte (Endo et al., 2020), una limitata mobilità e stabilità a livello della caviglia potrebbe inficiare la performance delle articolazioni più prossimali durante l'esecuzione di uno squat (Butler et al., 2010).

Anche lo di Escamilla et al. [15], ha dimostrato l'influenza della massima ampiezza di dorsiflessione della caviglia sulla profondità del back squat, e nello studio pubblicato da Kathiresan et al. [16] è stata riscontrata un'associazione positiva tra la capacità di raggiungere la massima profondità nello squat e il ROM di dorsiflessione della caviglia misurato tramite il lunge test.

Gomes et al. [17], utilizzando sempre il lunge test per misurare la DF della caviglia con ginocchio flesso e a catena cinetica chiusa, hanno rilevato un'associazione moderata e positiva tra, appunto, il ROM di dorsiflessione e la profondità raggiunta nel back squat ($r = 0.69$, $p = 0.001$); una nota

importante da menzionare riguardo questo studio, è che non è stata invece riscontrata alcuna correlazione tra la profondità del back squat e il ROM di dorsiflessione misurato in posizione prona e a catena cinetica aperta.

Tutti questi dati avvalorano l'ipotesi che, così come per quanto riguarda lo squat, anche l'assunzione di una corretta posizione di difesa sarà compromessa da una scarsa mobilità di caviglia. Infatti, per mantenere l'equilibrio durante l'esecuzione di uno squat, un individuo poco flessibile sarà costretto a spostare il proprio baricentro verso avanti e compensare con la flessione del tronco e dell'anca; in questa situazione, una limitata capacità di dorsiflessione della caviglia comporterà il sollevamento dei talloni dal terreno, pregiudicando, in questo modo, l'equilibrio del giocatore e, in generale, la corretta postura da assumere in difesa.

3.1.3. MOBILITA' DI CAVIGLIA E ATTERRAGGIO DA UN SALTO

La pallavolo è uno sport caratterizzato da un elevato numero di salti, e, di conseguenza, da una altrettanto elevata quantità di atterraggi. Come già esposto in precedenza, a seconda delle dinamiche situazionali di gioco, l'atterraggio può avvenire a un piede o a due piedi, può essere traslato rispetto al punto di stacco, ma raramente avverrà nel punto esatto in cui i piedi si sono sollevati da terra. Durante un attacco, ad esempio, la strategia di ricaduta migliore da adottare sarebbe senza dubbio quella a due piedi, per riuscire ad ammortizzare in modo ottimale l'impatto con il terreno. Tuttavia, la ricerca della potenza nel colpo d'attacco, che è un criterio primario e imprescindibile per una prestazione di successo, comporta una velocità esecutiva del braccio talmente elevata che provoca uno sbilanciamento in volo del giocatore, che lo porta, a sua volta, ad atterrare prima con l'arto inferiore opposto al braccio che colpisce la palla. Essendo il piede l'unica parte del corpo che entra in contatto con il suolo, è indubbia la sua influenza sulla dinamica dell'atterraggio, ma entrando più nel dettaglio, sono presenti, in letteratura, numerosi studi che dimostrano l'esistenza di una correlazione tra la biomeccanica

dell'atterraggio da un salto e la mobilità della caviglia, confermandone così, la sua importanza. I muscoli plantaflessori della caviglia hanno, infatti, un ruolo fondamentale nell'assorbimento dell'energia generata dall'impatto [18], e ad un ridotto range di movimento di dorsiflessione della caviglia è stato associato un maggiore picco di forza sviluppato nell'atterraggio [18]. Inoltre, è da tenere presente che le articolazioni degli arti inferiori lavorano sinergicamente sul piano sagittale per smorzare l'impatto dell'atterraggio, tanto che ad una maggiore ampiezza di movimento in un'articolazione corrisponderà una maggiore ampiezza anche nelle articolazioni adiacenti [18, 19]: questo porta logicamente a pensare che una ridotta escursione di movimento della caviglia durante l'atterraggio sia accompagnata da una ridotta flessione a livello del ginocchio e dell'anca.

Kovács et al. [19] hanno analizzato le differenze tra due diverse strategie di atterraggio, uno effettuato appoggiando prima il tallone e poi la punta del piede, e l'altro impattando il suolo inizialmente con l'avampiede. L'analisi dei dati ha rilevato una maggiore forza di reazione al suolo verticale ed una minore dorsiflessione di caviglia, flessione di ginocchio e anca nell'atterraggio effettuato utilizzando la strategia tacco-punta, e dunque quella con minore escursione.

Nel 2007, Hagins et al. [20] hanno selezionato 8 ballerini professionisti e, da un'altezza di 40 cm, gli hanno fatto eseguire dei drop jumps facendoli atterrare prima su una superficie piatta e successivamente su una superficie inclinata all'indietro. Quest'ultima condizione, andava a restringere il ROM di dorsiflessione possibile e simulava, quindi, una ridotta mobilità a livello della caviglia. Nell'atterraggio sulla piattaforma inclinata è stata riscontrata non solo una maggiore forza di reazione al suolo (GRF) posteriore, ma anche un maggior dislocamento interno del ginocchio sul piano frontale (Knee-valgus displacement o MKD, medial knee displacement), dimostrando, quindi, l'esistenza di una relazione tra il movimento della caviglia sul piano sagittale e il movimento del ginocchio sul piano frontale. Questi due parametri sono rilevanti in quanto

rappresentano dei fattori di rischio per infortuni al ginocchio. Un'aumentata GRF posteriore porta ad un aumento della tensione a carico del legamento crociato anteriore, probabilmente a causa di una maggiore attivazione del muscolo quadricipite [21], ed un valgismo dinamico del ginocchio in fase di atterraggio rappresenta anch'esso un indice da tenere sotto controllo poiché comporta un aumentato stress sempre a livello del LCA [22]; tra l'altro, è da tenere presente che maggiori forze di reazione al suolo sono state associate a maggiori dislocazioni in direzione mediale del ginocchio [22]. Sempre per quanto riguarda il valgismo del ginocchio, è stato dimostrato che un mal-allineamento del ginocchio sul piano frontale durante attività dinamiche risulta essere un fattore di rischio anche per quanto riguarda la sindrome patello-femorale [23, 24]. Questa condizione è tipica degli sport caratterizzati da un alto numero di salti e cambi di direzione ed è uno tra i traumi da sovraccarico più comuni nella pallavolo [25].

Nel 2011 Fong et al. hanno condotto un'indagine su 35 adulti sani e attivi per verificare la relazione tra ROM di dorsiflessione della caviglia e biomeccanica dell'atterraggio [26]. Dopo aver rilevato i parametri antropometrici, è stato misurato il ROM passivo della dorsiflessione a ginocchio esteso e a ginocchio flesso, e, successivamente, sono stati effettuati 5 atterraggi su una piattaforma partendo da un'altezza di 40 cm; i partecipanti sono stati invitati a saltare orizzontalmente ed atterrare con entrambi i piedi, performando così un ibrido tra un atterraggio da un salto ed un atterraggio da un drop jump. I risultati hanno rivelato una correlazione significativa positiva tra il ROM di dorsiflessione a ginocchio esteso e la flessione del ginocchio ($r = 0.464$, $P = 0.029$), ed una correlazione significativa negativa tra il ROM di dorsiflessione a ginocchio esteso e le GRF verticale e posteriore (rispettivamente, $r = -0.411$, $P = 0.014$; $r = -0.412$, $P = 0.014$). Ciò significa che ad una maggiore possibilità di escursione a livello della caviglia corrisponde una maggiore flessione del ginocchio ed una minore forza di reazione al suolo verticale e

posteriore, che abbiamo visto essere fattori rilevanti per quanto riguarda la prevenzione degli infortuni. In merito al ROM di dorsiflessione a ginocchio flesso, invece, non è stata rilevata alcuna correlazione significativa con le variabili prese in questione; la spiegazione di questa assenza potrebbe ritrovarsi nella cinematica delle articolazioni durante l'atterraggio e dal contributo del muscolo gastrocnemio allo smorzamento della forza. Essendo bi-articolare, infatti, nella misurazione del ROM a ginocchio flesso il suo contributo relativo diminuisce per lasciare spazio a quello del soleo, che, in quanto muscolo mono-articolare, viene isolato maggiormente; nella misurazione a ginocchio esteso, invece, si ha una migliore stima delle limitazioni date dalla rigidità di entrambi i muscoli. Poiché il gastrocnemio partecipa in modo sostanziale all'attenuamento della forza generata dall'impatto al suolo, il ROM di dorsiflessione a ginocchio flesso, che esclude in parte questo muscolo, correlerà meno con la biomeccanica dell'atterraggio, rispetto al ROM a ginocchio esteso. La correlazione positiva tra il ROM di dorsiflessione e la flessione del ginocchio indica che ad una aumentata mobilità della caviglia corrisponde una postura meno eretta in fase di atterraggio, e di conseguenza una maggiore escursione di movimento delle articolazioni sul piano sagittale; questa aumentata escursione a livello delle articolazioni degli arti inferiori comporta un incremento della durata dell'atterraggio e dunque permette di dissipare l'energia in un tempo più prolungato rispetto ad un atterraggio in posizione eretta. Conseguenza diretta di questa dissipazione più protratta nel tempo è la diminuzione dei picchi di forza generati dall'impatto e dunque anche della GRF, con la quale il ROM di dorsiflessione ha, infatti, una correlazione negativa.

Un altro studio condotto da Hoch et al. (2015), ha riscontrato una correlazione tra mobilità di caviglia e biomeccanica dell'atterraggio da un salto [27]. In particolare, sono stati selezionati 15 partecipanti con instabilità cronica della caviglia (CAI), condizione caratterizzata da un continuo cedimento della stessa, in seguito a ripetute distorsioni a livello di questo distretto corporeo. Dopo aver misurato il ROM di dorsiflessione

statico utilizzando il Weigth-Bearing Lunge Test, a ciascun partecipante è stato chiesto di eseguire un atterraggio ad una gamba su una piattaforma situata a 10 cm di distanza e partendo da un'altezza di 40 cm. Il fatto che sia stato scelto l'atterraggio su un piede solo non è di poco conto, in quanto permette di correlare questo studio a tutte quelle situazioni di gioco in cui il pallavolista è costretto ad impattare il suolo con un solo arto. Sebbene sia stata scelta una popolazione di individui non sani, i dati ricavati sono comunque risultati simili allo studio di Fong et al. (2011) esposto in precedenza; inoltre, è da considerare che, comunque, gli infortuni alla caviglia rappresentano dal 15 al 60% di tutti i traumi in questo sport [25], e che quindi non sarà così infrequente avere a che fare con un atleta che è andato incontro ad un infortunio di questo tipo.

In linea con i risultati ottenuti da Fong et al., è stata riscontrata una correlazione moderata positiva tra il ROM di dorsiflessione della caviglia e la massima dorsiflessione eseguita ($r = 0.49$), l'escursione della caviglia ($r = 0.47$), e l'escursione totale sul piano sagittale ($r = 0.67$). Inoltre, il ROM misurato staticamente con il WBLT e il ROM misurato durante l'atterraggio hanno mostrato una correlazione positiva da moderata a forte con la massima flessione di ginocchio ($r = 0.69$ e $r = 0.74$) e anca ($r = 0.50$ e $r = 0.64$), e con l'escursione di ginocchio e anca (rispettivamente, $r = 0.53$ e $r = 0.70$; $r = 0.53$ e $r = 0.55$), ed una correlazione negativa con la GRF verticale ($r = -0.47$ e $r = -0.50$). Questi dati indicano che non solo il ROM di dorsiflessione misurato in una situazione statica, ma anche quello in fase di atterraggio, influenzano la cinematica degli arti inferiori durante questa attività dinamica così frequente nella pallavolo. In particolare, si può sostenere che ad un maggiore ROM si associa una maggiore escursione delle articolazioni sul piano sagittale, che è indice di una postura meno eretta in fase di atterraggio e di una minore forza di reazione al suolo verticale, in quanto, aumentando la durata dell'atterraggio, si riescono ad ammortizzare più efficacemente le tensioni prodotte dall'impatto al suolo. Così facendo, viene limitata la presenza di fattori di rischio che potrebbero

portare ad infortuni tra cui lesioni a carico del legamento crociato anteriore e sindrome patello-femorale.

Pertanto, si può affermare che identificare dei deficit a livello della mobilità della caviglia può risultare utile per individuare atleti che potrebbero essere maggiormente a rischio di infortuni in fase di atterraggio da un salto, e che, migliorando il ROM della caviglia, si può contribuire a diminuire la probabilità di andare incontro ad eventi traumatici.

3.1.4. MOBILITA' DI CAVIGLIA, EQUILIBRIO DINAMICO E SPOSTAMENTI MULTIDIREZIONALI

L'equilibrio rientra nelle capacità coordinative e viene definito come la capacità di mantenere tutto il corpo in una posizione stabile, o di recuperare tale posizione quando un fattore esterno o interno tende a modificarla. La classificazione più diffusa in letteratura suddivide l'equilibrio in statico e dinamico: l'equilibrio statico si riferisce al mantenimento del proprio centro di gravità all'interno della base d'appoggio in una situazione di quiete; l'equilibrio dinamico, invece, entra in gioco in tutte quelle situazioni in cui il corpo deve mantenere questo atteggiamento di stabilità quando è in movimento.

Altri autori aggiungono, poi, a queste due tipologie, anche la capacità di equilibrio nelle rotazioni e di equilibrio in fase di volo, ma possiamo considerarle come due sottocategorie dell'equilibrio dinamico. La prima consiste nel mantenere un atteggiamento stabile durante rotazioni del corpo eseguite intorno agli assi trasversale, longitudinale e sagittale, mentre la seconda è riferita alle situazioni in cui il corpo si trova senza appoggi a terra.

Come esposto in precedenza, la pallavolo è caratterizzata da frequenti cambi di direzione e accelerazioni massimali, ma anche da arresti e ripartenze da eseguire senza perdere la stabilità. Per riuscire ad affrontare al meglio queste situazioni, è fondamentale possedere un elevato grado di stabilità dinamica: i giocatori, infatti, devono mantenere l'equilibrio sia nella fase di transizione (decelerazione) da uno stato dinamico ad uno statico

(fase di stop per poi cambiare direzione), sia nella fase di accelerazione verso un'altra direzione. Gli studi di Kovacs et al. e di Bressel et al. [28, 29] hanno, infatti, dimostrato che una spiccata capacità di equilibrio dinamico consente di mantenere il proprio baricentro in posizione durante questi movimenti sport-specifici, suggerendo che una maggiore stabilità dinamica porti con sé dei vantaggi anche in termini di performance sportiva.

Verrà analizzata in seguito l'influenza della mobilità della caviglia sulla stabilità dinamica, e, successivamente, saranno esposte ulteriori considerazioni sulla relazione esistente tra stabilità dinamica e velocità e spostamenti multidirezionali all'interno del campo.

Hoch et al. hanno condotto uno studio nel 2010 per verificare il rapporto tra ROM di dorsiflessione della caviglia misurato tramite il WBLT e stabilità dinamica valutata attraverso lo Star Excursion Balance Test (SEBT) [30]. Il SEBT è, appunto, un test utilizzato per esaminare l'equilibrio dinamico degli arti inferiori nel quale il soggetto in analisi è in appoggio su un piede e con l'arto libero deve cercare di raggiungere la maggiore distanza possibile in delle direzioni predeterminate; ad una maggiore distanza raggiunta, rapportata, ovviamente, alla lunghezza degli arti inferiori, corrisponde un più alto grado di stabilità dinamica. Nonostante esistano diverse varianti, la versione tradizionale del SEBT prevede che il soggetto collochi il piede al centro di una stella contrassegnata a terra e raggiunga con l'arto controlaterale la massima distanza in 8 direzioni: anteriore, anteromediale, mediale, posteromediale, posteriore, posterolaterale, laterale e anterolaterale.

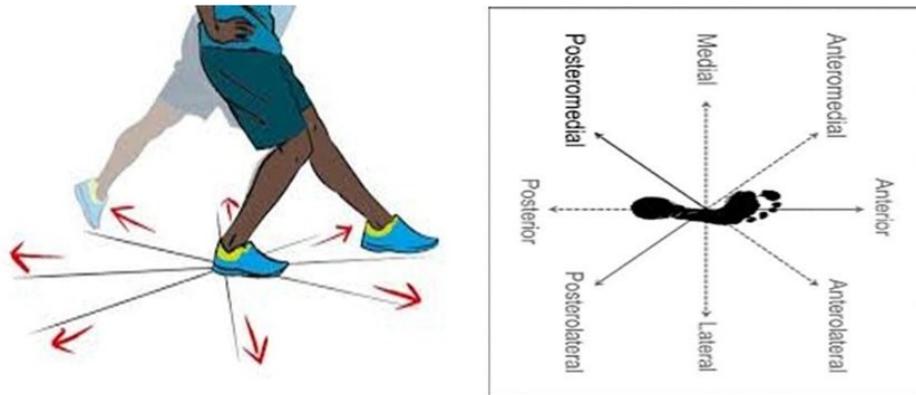


Figura 3.2. Lo Star Excursion Balance Test.

Nello studio preso in esame, sono state considerate solo le direzioni anteriore, posteromediale e posterolaterale. 35 giovani adulti sani hanno completato il WBLT e il SEBT in 3 direzioni con entrambi gli arti, per verificare anche l'eventuale presenza di asimmetrie. Posto che non sono state riscontrate differenze significative tra i due arti, i risultati hanno evidenziato una correlazione positiva significativa tra ROM di dorsiflessione e distanza raggiunta nella direzione anteriore ($r = 0.53$ e $r^2 = 0.28$; $p = 0.001$), suggerendo in particolare che il ROM misurato tramite il WBLT è risultato essere responsabile per il 28% della varianza della distanza raggiunta in direzione anteriore. Si può dunque pensare che migliorando la mobilità della caviglia, e in particolare la sua dorsiflessione, si possa ottenere anche un miglioramento della stabilità dinamica riferita al piano sagittale. Per quanto riguarda, invece, le altre due direzioni, non sono state riscontrate correlazioni significative.

Un altro studio condotto nel 2018 da Nakagawa e Petersen [31] ha indagato sul rapporto tra proiezione del ginocchio sul piano frontale e Y-Balance Test (YBT) e la rotazione interna dell'anca, il ROM di dorsiflessione di caviglia e la resistenza dei muscoli flessori, estensori e abduttori dell'anca. L'YBT (in questo caso LQ-YBT, Low Quarter YBT, ovvero relativo agli arti inferiori) è un'alternativa allo Star Excursion Balance Test ed è stato quindi utilizzato per valutare la stabilità dinamica. Rispetto al SEBT, l'YBT tiene in considerazione solamente le direzioni

anteriore, posteromediale e posterolaterale, ma anche in questo caso la distanza raggiunta dall'arto in movimento viene normalizzata in relazione alla lunghezza dello stesso. Dunque, si sono sottoposti allo studio 121 militari di sesso maschile, privi di infortuni muscoloscheletrici negli ultimi 6 mesi, e, oltre alla valutazione dell'equilibrio dinamico, è stato loro misurato il DF ROM tramite il Weight-Bearing Lunge Test. L'analisi dei dati ha mostrato una forte correlazione positiva tra l'YBT nella direzione anteriore e il DF ROM ($r = 0.566$; $P < 0.001$), il quale ha dimostrato di essere l'unico predittore, tra tutte le variabili analizzate, dell'equilibrio dinamico, e, in particolare, è risultato responsabile per il 32% della varianza dei dati ricavati nell'YBT.

Anche lo studio condotto da Teyhen et al. [32] su 64 soggetti sani ha dimostrato l'esistenza di un'associazione tra DF ROM misurato a ginocchio flesso a 90° e prestazione nell'YBT.

Kang et al. [33] hanno confermato la correlazione tra dorsiflessione misurata tramite il WBLT e la performance nell'YBT. La misurazione del ROM è stata effettuata sia con inclinometro, che ha quindi raccolto i dati utilizzando come unità di misura il grado ($^\circ$), sia con un metro (misurazione in cm). Anche in questo caso, il ROM di dorsiflessione della caviglia ha mostrato una correlazione positiva significativa con la distanza normalizzata raggiunta nell'YBT nella direzione anteriore, risultando leggermente maggiore nella misurazione rilevata con l'inclinometro (inclinometro: $r = 0.68$, $r^2 = 0.46$, $P < 0.001$; metro: $r = 0.64$, $r^2 = 0.41$, $P < 0.001$).

Tutti questi studi condotti nel corso degli anni testimoniano l'influenza della mobilità della caviglia sulla capacità di equilibrio dinamico, che abbiamo visto essere essenziale nel bagaglio coordinativo del pallavolista, che si ritrova a dover eseguire movimenti ad alta velocità e in più direzioni all'interno di uno spazio molto ristretto.

A proposito di spostamenti multidirezionali, spesso ci si focalizza sull'allenamento della forza e della potenza degli arti inferiori per ricercare

un miglioramento della performance sportiva in termini di velocità lineare, agilità e cambi di direzione. Siccome, però, come già esposto precedentemente, sono presenti studi in letteratura che suggeriscono che la stabilità dinamica rivesta un ruolo importante nella prestazione di uno sportivo, Lockie et al. [35] hanno voluto analizzare la relazione tra equilibrio dinamico e velocità negli spostamenti multidirezionali. 16 sportivi di sesso maschile sono stati selezionati e sono stati sottoposti ad un test di sprint di 40m, al T-test e al CODAT (Change of Direction and Acceleration Test) per quanto riguarda velocità e cambiamenti di direzione, e ad una versione modificata del SEBT (mSEBT) per valutare, invece, l'equilibrio dinamico. Questa versione, rispetto al tradizionale SEBT a 8 direzioni, ha tenuto in considerazione solamente 6 direzioni diverse (anteromediale, mediale, posteromediale, posterolaterale, laterale e anterolaterale).

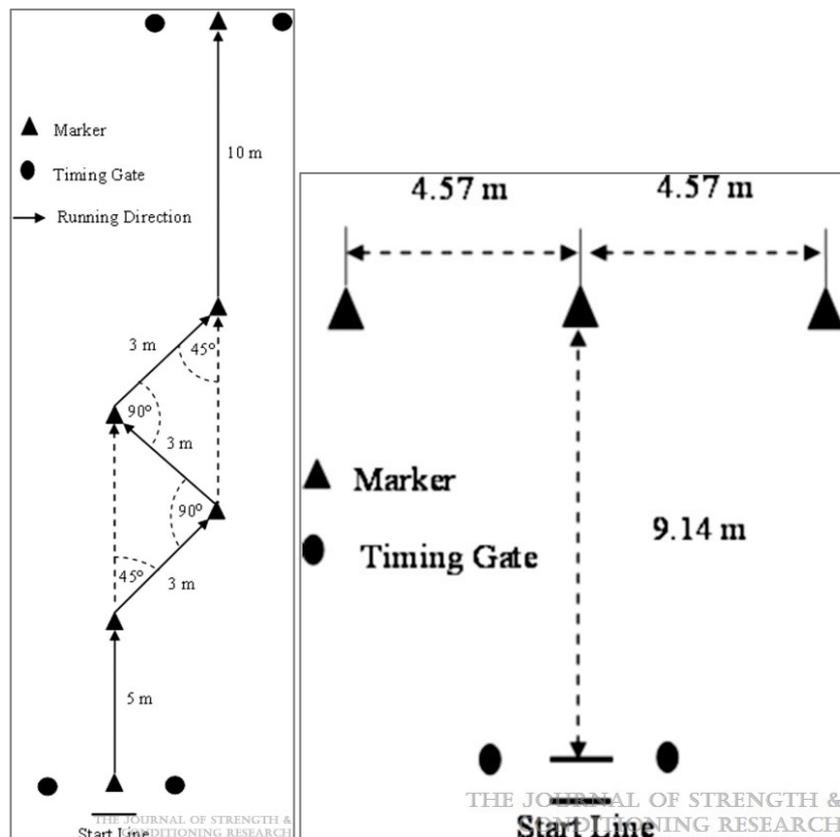


Figura 3.3. Il CODAT ed il T-Test.

Sono state valutate entrambe le gambe e le rilevazioni sono state normalizzate in relazione alla lunghezza degli arti inferiori. In base ai risultati nei test di velocità, i partecipanti sono stati divisi in due gruppi, uno formato dai soggetti più veloci e uno da quelli più lenti. Relativamente ai risultati con l'arto destro in appoggio, rispetto al gruppo dei partecipanti più lenti, il gruppo più veloce ha raggiunto una distanza significativamente maggiore nel mSEBT in direzione mediale ($p \leq 0.005$); anche nelle direzioni posteromediale, posterolaterale e anteromediale sono state raggiunte distanze maggiori, ma la differenza tra i due gruppi non è stata significativa. Per quanto riguarda l'arto sinistro in appoggio, le distanze raggiunte dal gruppo di partecipanti più veloci sono state significativamente maggiori in direzione posteromediale; differenze moderate ma non statisticamente significative sono state riscontrate anche in direzione laterale, posterolaterale, mediale e anteromediale.

È importante sottolineare che un maggiore ROM di inversione ed eversione della caviglia facilita le escursioni dell'arto libero in direzione mediale e laterale, e che in generale l'analisi di questi dati suggerisce che un individuo in possesso di una maggiore stabilità dinamica riuscirà a sviluppare velocità maggiori con più agevolezza rispetto ad un soggetto meno stabile.

Inoltre, all'interno del gruppo di soggetti più lenti è stata riscontrata anche una differenza significativa tra i due arti per quanto riguarda le distanze raggiunte nella stessa direzione; questo porta logicamente a pensare che eventuali asimmetrie tra i due arti in termini di equilibrio dinamico possono inficiare la performance di uno sportivo che deve eseguire spostamenti multidirezionali ad alta velocità.

Anche due studi su giovani calciatori hanno riscontrato una correlazione significativa negativa tra la prestazione nel SEBT e la velocità nei cambi di direzione, indicando che ad un migliore risultato nel test per valutare la stabilità dinamica di entrambi gli arti corrisponde un minor tempo di esecuzione del test di velocità. Il primo [35] ha dimostrato non solo che l'equilibrio dinamico dei giocatori era responsabile dal 20 al 75% della

varianza della performance nei cambi di direzione, ma anche che il contributo dell'equilibrio dinamico variava a seconda dell'angolo del cambio di direzione e dalla gamba utilizzata per effettuare il cambio. Il secondo studio [36] ha evidenziato di nuovo una correlazione negativa significativa tra la performance nell'YBT e il CODAT eseguito senza palla ($r = -0.50$, $p < 0.01$) e con palla ($r = -0.83$, $p < 0.01$), suggerendo anche in questo caso che la stabilità dinamica è risultata essere responsabile del 25% e del 68% della varianza della prestazione nel CODAT senza palla e con.

Avendo analizzato la relazione esistente tra la mobilità di caviglia e la capacità di mantenere l'equilibrio in situazioni dinamiche, e, a sua volta, anche la relazione tra stabilità dinamica e prestazione nei movimenti multidirezionali, che sono molto frequenti nello sport che è stato preso in esame, si può, dunque, pensare che migliorando la mobilità di entrambe le caviglie del pallavolista si riesca ad ottenere non solo un incremento della prestazione in termini di equilibrio, ma anche avere un tornaconto per quanto riguarda la velocità degli spostamenti all'interno del campo di gioco.

CAPITOLO 4

PROPOSTE PRATICHE PER L'ALLENAMENTO DELLA MOBILITA' ARTICOLARE ED IL CONDIZIONAMENTO DEL PIEDE

Dopo aver discusso dell'importanza del piede del pallavolista e della sua mobilità della caviglia, verranno di seguito esposte delle proposte pratiche per l'allenamento ed il potenziamento di questa articolazione, che siano anche condizionanti e sport-specifiche. Gli esercizi, le riprese e le foto sono stati svolti, previo consenso, in collaborazione con lo staff e i giocatori del Volley Treviso, squadra che milita nel campionato nazionale di Serie B e in quello interprovinciale di categoria Under 19.

Innanzitutto, per valutare il ROM della caviglia, si consiglia l'utilizzo del Weight-Bearing Lunge Test, in quanto non solo è considerato un test valido per la disamina di questa articolazione [37] ma è anche di facile esecuzione e non necessita di strumentazioni particolarmente ricercate, se non un metro [38]. Inoltre, è un test eseguito a catena cinetica chiusa e in posizione di affondo frontale, condizioni che si avvicinano maggiormente alle situazioni di gioco cui il pallavolista va incontro.

Prima di procedere con il test, l'operatore dovrà tracciare una linea verticale sul muro, perpendicolare al battiscopa, continuandola poi anche sul pavimento: sopra a questa linea tracciata a terra verrà posizionato il metro. Ciascun giocatore dovrà inginocchiarsi di fronte al muro, simulando un affondo con ginocchio a contatto con il pavimento, collocando il tallone del piede avanti sopra al metro disteso a terra e la punta rivolta verso il muro, in modo che le dita del piede siano perpendicolari ad esso. Una volta in posizione, l'atleta dovrà portare il ginocchio verso avanti, cercando di toccare il muro a livello della linea verticale precedentemente tracciata, ma mantenendo sempre il tallone a terra. Se il soggetto è in grado di toccare la linea rispettando questi parametri, dovrà portare indietro il piede fino a che non sarà raggiunta la massima distanza possibile dal muro che gli consenta comunque di toccarlo con il ginocchio senza sollevare il tallone. A questo punto, l'operatore dovrà segnare la distanza indicata dal

metro tra il muro (corrispondente a 0 cm) e l'alluce del soggetto. Se invece non riesce a toccare il muro, dovrà avanzare con il piede seguendo lo stesso principio appena esposto. La misura ricavata in questo modo è in dipendente anche dalla lunghezza degli arti inferiori del soggetto testato, dunque si può utilizzare per valutare eventuali miglioramenti o peggioramenti dell'individuo ma non per fare confronti all'interno della squadra. Per avere una misura normalizzata, invece, sarà necessario rapportarla alla lunghezza della tibia e del piede di ciascun individuo. In ogni caso, si suggerisce di eseguire il test su entrambe le caviglie per rilevare eventuali asimmetrie tra i due arti.

Prima di eseguire gli esercizi in sala pesi, si consiglia di eseguire un warm-up che consenta di innalzare la temperatura corporea, favorire l'apporto di sangue (e quindi anche nutrienti e gas) ai muscoli, preparare l'organismo all'esercizio e limitare il rischio di infortuni. Il riscaldamento si può dunque suddividere in una fase aerobica iniziale, della durata di circa 5', ed una successiva fase di mobilizzazione articolare attiva. È stata scelta un'attività dinamica in quanto numerosi studi hanno dimostrato che, nella fase di riscaldamento, esercizi statici di allungamento potrebbero avere effetti negativi sullo sviluppo della forza e della potenza muscolare [39]. Questa seconda sezione, che deve stimolare la caviglia su tutti i piani di movimento (rotazione, flesso-estensione sul piano sagittale, abduzione-adduzione sul piano frontale), può constare dei seguenti esercizi da eseguire con entrambi gli arti:

1. In posizione eretta in appoggio su un piede, eseguire con l'arto libero delle flesso-estensioni della caviglia sul piano sagittale, lavorando sulla massima escursione;
2. In posizione eretta in appoggio su un piede, eseguire con l'arto libero delle inversioni ed eversioni della caviglia, lavorando sulla massima escursione;
3. In posizione eretta in appoggio su un piede, eseguire con l'arto libero delle rotazioni della caviglia, sia in un senso sia nell'altro;

4. Da una posizione di affondo, con il ginocchio dell'arto posteriore appoggiato a terra, eseguire delle spinte sull'avampiede dell'arto anteriore, senza staccare il tallone dal pavimento, cercando di andare a chiudere quanto più possibile l'angolo di dorsiflessione. Per incrementare la difficoltà è possibile utilizzare anche un leggero sovraccarico (ad esempio una kettlebell) da impugnare davanti al proprio corpo, o una banda elastica da posizionare a livello del collo del piede, che effettui una trazione verso indietro;
5. Da una posizione di plank in appoggio sulle mani, piegare il busto in modo da formare un angolo retto tra arti inferiori e busto, ed eseguire una dorsiflessione e plantaflessione alternate con entrambi i piedi senza staccare le punte da terra (quando il piede destro è dorsiflesso il piede sinistro è plantaflesso, e viceversa);
6. Eseguire una camminata con solamente le punte in appoggio;
7. Eseguire una camminata con solamente i talloni in appoggio;
8. Eseguire una camminata effettuando una rullata del piede, accentuando la dorsiflessione prima del contatto col terreno e la plantaflessione al momento del distacco;
9. Eseguire una camminata con solamente il lato esterno del piede in appoggio (supinazione);
10. Eseguire una camminata con solamente il lato interno del piede in appoggio (pronazione);

Terminata la fase di riscaldamento iniziale, verranno esposti di seguito degli esercizi da svolgere per rinforzare il piede e, successivamente, delle proposte per allenarlo e condizionarlo in relazione ai movimenti e alle azioni a cui è sottoposto durante il gioco.

1. Eversione ed inversione della caviglia ai cavi.

Con un supporto posizionato sotto al tendine d'Achille, in modo tale da consentire al piede più gradi di libertà e di non essere frenato dal contatto con il pavimento, eseguire un'extrarotazione e

un'intrarotazione della caviglia. Questi due esercizi sono utili specialmente in un percorso di riabilitazione dopo un infortunio, eventualità in cui sarebbe bene ricercare un elevato numero di ripetizioni in modo tale da reclutare quante più unità motorie possibili. È importante rinforzare la muscolatura del piede, specialmente nel distretto laterale, poiché la maggior parte dei traumi distorsivi della caviglia avviene in inversione: una muscolatura più allenata consente di limitare i rischi di traumi distorsivi. Nel caso di infortunio, l'esercizio va eseguito non solo con l'arto danneggiato ma con entrambi, cercando, comunque, nel corso del tempo, di eliminare le asimmetrie che inequivocabilmente si creano in queste situazioni.



Figura 5.1. Eversione della caviglia ai cavi.

2. Dorsiflessione della caviglia ai cavi.

Per rafforzare i muscoli dorsiflessori della caviglia, l'atleta si posiziona seduto di fronte all'ercolina, posiziona la cavigliera a livello dell'avampiede ed effettua una trazione portando la punta del piede verso di sé.

3. *Calf in piedi.*

Questo esercizio complementare allena il muscolo gastrocnemio ed il soleo e consiste nella flesso-estensione della caviglia da eseguire, a seconda del soggetto, a carico naturale o con sovraccarico applicato sulle spalle. Per garantire il completo allungamento del tricipite della sura, si consiglia di inserire un rialzo sotto all'avampiede, in modo tale che nella fase eccentrica dell'esercizio il tallone possa essere portato quanto più giù possibile, e sia garantita l'escursione completa. È stata scelta la versione in piedi così da poter lavorare a catena cinetica chiusa, costringendo le caviglie a sorreggere almeno il peso del proprio corpo, che di fatto è ciò che accade in campo. Inoltre, è stata preferita la variante con il ginocchio a 180° in modo tale da diminuire l'attivazione del soleo, muscolo più posturale, e incrementare quella del gastrocnemio, che possiede, invece, una maggiore percentuale di fibre IIa e IIx.

4. *Abduzioni e flesso-estensioni dell'anca in appoggio mono-podalico per la stabilità dinamica ed il potenziamento della caviglia ai cavi.*

In questo esercizio mono-podalico l'atleta si posiziona lateralmente all'ercolina, tenendo in appoggio l'arto dal lato dei cavi e legando la cavigliera sull'arto più distante. Da questa posizione, si chiede all'atleta di raggiungere con il piede libero dei coni collocati sul lato esterno, di disegnare in aria delle figure, delle lettere o anche dei numeri. Così facendo, l'arto collegato all'ercolina lavorerà sul piano sagittale con delle flesso-estensioni e frontale con delle abduzioni/adduzioni, mentre l'arto in appoggio dovrà mettere in atto un continuo controllo posturale, lavorando quindi con la muscolatura del piede, della gamba, ma anche della coscia, per mantenere il corpo in una condizione di equilibrio. L'esercizio va eseguito con entrambi gli arti. Per aumentare la difficoltà, oltre ovviamente ad incrementare il carico sollevato, è possibile inserire

una pedana instabile sotto al piede deputato al sostegno del peso corporeo.



Figura 5.2. Stabilità dinamica e potenziamento della caviglia ai cavi.

5. Over-head squat profondo su bosu.

Questo esercizio prevede l'esecuzione di uno squat profondo con conseguente spinta in alto del bilanciere e con i piedi in appoggio su una superficie instabile. Il bosu costringe l'atleta ad un maggiore impegno psico-fisico poiché deve mantenersi in equilibrio nonostante questo sia costantemente minacciato dalla pedana instabile. Il piegamento delle gambe deve essere profondo, possibilmente con angolo al ginocchio inferiore a 90° , così da allenare la muscolatura anche con degli angoli più chiusi, che abbiamo visto caratterizzare in particolare le posizioni di difesa e di ricezione. È stata scelta, infine, la versione over-head perché consente stimolare maggiormente anche la muscolatura paravertebrale, che offre sostegno all'atleta in tutte quelle situazioni di gioco nelle quali è costretto a difendere o ricevere una palla sopra la propria testa, ma anche nel caso di un palleggio d'alzata. Per questi motivi è un esercizio particolarmente indicato per il

libero, ma utile da proporre a tutti i giocatori poiché bagher di difesa, palleggio d'alzata e in generale movimenti delle braccia sopra la testa sono caratteristiche peculiari di questo sport, indipendentemente dal ruolo del giocatore.



Figura 5.3. Over-head squat su bosu.

6. Torsioni del busto ai cavi con enfasi sulla spinta del piede.

In questo esercizio pensato per il ruolo del centrale, l'atleta inizia il movimento partendo da una posizione che mima quella del muro in lettura, dunque con i piedi posizionati ad una distanza pari circa alla larghezza delle spalle e le gambe piegate. Successivamente, impugnando la maniglia a livello dello sterno, effettua una torsione del busto in combinazione con una spinta del piede esterno (il controlaterale rispetto al verso della torsione), per simulare la prima fase della traslocazione a muro che il centrale deve effettuare ogni qual volta la palla viene alzata verso zona 2 o zona 4 avversaria. Eseguire questo esercizio con il sovraccarico applicato tramite i cavi permetterà all'atleta di avere un transfer positivo ed essere facilitato quando andrà ad effettuare gli spostamenti a muro in campo, questa volta senza alcuna resistenza.



Figura 5.4. Torsioni del busto ai cavi.

7. Lanci della palla medica a muro con enfasi sulla spinta del piede.

L'esercizio, studiato in particolare per il libero, ma valido anche per gli altri ricettori, consiste nel simulare un bagher utilizzando una palla medica che il giocatore dovrà lanciare ed afferrare dopo il rimbalzo sul muro, il tutto mantenendo le braccia in posizione di bagher. È importante, oltre a mantenere la frontalità rispetto al muro, l'azione della spinta del piede della gamba posizionata dietro. La caviglia è dorsiflessa al momento della presa al volo della palla, e viene plantaflessa energicamente nella successiva fase di lancio: l'esecuzione corretta, infatti, prevede che l'angolo tra le braccia e il busto resti pressoché costante, e che la forza del lancio provenga principalmente dalla spinta delle gambe e del piede. Anche in questo caso, avendo lavorato contro resistenza, il piede sarà stato condizionato in maniera tale da essere agevolato poi durante l'esecuzione del bagher vero e proprio.





Figura 5.5. Lanci della palla medica a muro.

8. Passo accostato con affondo laterale profondo.

In questo esercizio, da proporre a tutti i giocatori della squadra in quanto biomeccanicamente rapportabile ai movimenti tecnico-tattici che sono richiesti durante il gioco, l'atleta deve eseguire un passo accostato ed un successivo affondo laterale mimando un bagher, alternando ogni volta la direzione dell'affondo. Nonostante sia un esercizio che allena principalmente la muscolatura della coscia, è stato scelto poiché una scarsa mobilità della caviglia ne condiziona la corretta riuscita, in sala pesi così come anche in campo. Infatti, l'esecuzione ottimale prevede che il soggetto raggiunga una chiusura degli angoli tale che gli permetta di avere la coscia parallela al pavimento senza però alzare i talloni da terra. garantendo il contatto del calcagno con il pavimento, non solo sarà garantita anche la giusta spinta di gambe da dare al pallone, ma anche una maggiore stabilità dinamica.

Se il soggetto è già in grado di eseguirlo correttamente è possibile aumentare la difficoltà aggiungendo una pedana instabile che incrementi gli stimoli ai quali è sottoposto il piede; se l'atleta, invece, non riesce a mantenere tutto il piede a contatto con il pavimento, è indice di una scarsa mobilità della caviglia e della necessità di migliorarne il ROM.



Figura 5.6. Affondo laterale.

CONCLUSIONI

L'obiettivo di questa tesi era analizzare l'importanza del piede e della mobilità della caviglia nella pallavolo. Spostamenti specifici, cambi di direzione e salti sono solo alcuni degli stress ai quali sono sottoposte le caviglie dei giocatori durante gli allenamenti e le partite; questa articolazione ha un peso sostanziale nella spinta per effettuare un salto, nella rincorsa d'attacco, negli spostamenti a muro e in posizione di difesa e di ricezione. Sono quindi stati presi in considerazione i gesti tecnici più frequenti che il pallavolista si ritrova ad affrontare durante il gioco, e ne sono state messe in relazione le varie caratteristiche biomeccaniche con la mobilità della caviglia. Dalla ricerca bibliografica è emerso che questa articolazione, spesso trascurata nei programmi di allenamento, riveste in realtà un ruolo non indifferente. È stata, infatti, dimostrata l'esistenza di una relazione tra il range di movimento della caviglia e la capacità di elevazione nel salto verticale e della forza del flessore dell'alluce, ultimo anello della catena che lascia il terreno; il suo grado di mobilità, poi, influenza la profondità del piegamento raggiunta nelle posizioni di difesa e di ricezione, ma ha un impatto anche sulla prevenzione degli infortuni durante un atterraggio da un salto e sulla stabilità dinamica negli spostamenti all'interno del campo di gioco. È da tenere in considerazione, comunque, che la maggior parte degli studi presi in analisi ha valutato principalmente il ROM sul piano sagittale, e dunque la plantaflessione e dorsiflessione della caviglia.

Si può comunque concludere che lavorando con continuità sugli angoli della caviglia e migliorandone l'escursione articolare si potrebbero ottenere vantaggi non solo in termini di efficienza degli esercizi fisici, come lo squat, e tecnici, come ad esempio la difesa o l'attacco in salto, ma anche a livello di prestazione generale in campo. Questo vale specialmente nella pallavolo ad alto livello, dove la qualità dei giocatori ed il tempo a disposizione lo permettono maggiormente, ma anche nelle categorie inferiori, dove sebbene ci siano sicuramente aspetti più prioritari da allenare, non va dimenticata questa articolazione. Ciò non significa che

una migliore mobilità di caviglia sia condizione necessaria e sufficiente per ottenere una performance di successo, ma numerosi studi suggeriscono che le due siano correlate. È, dunque, consigliabile inserire nella programmazione annuale anche una sezione destinata al miglioramento e al potenziamento di questo giunto e, a questo scopo, sono state espone delle proposte di allenamento da utilizzare in palestra.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sheppard JM, Gabbett TJ, Stanganelli LC. An analysis of playing positions in elite men's volleyball: considerations for competition demands and physiologic characteristics. *J Strength Cond Res.* 2009 Sep;23(6):1858-66. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b45c6a. PMID: 19675472.
- [2] Gaden, Scott B. MS, CSCS Off-Season Strength, Power, and Plyometric Training for Kansas State Volleyball, *Strength and Conditioning Journal*: October 1999 - Volume 21 - Issue 5 - p 49
- Mencarelli M., *Le guide della pallavolo. Manuale allievo-allenatore primo livello giovanile*, Perugia, Roberto Calzetti Editore, 2012.
- Weineck J., Sportanatomie (15° edizione), in Mario Gulinelli (a cura di), *Anatomia sportiva. Principi di anatomia dello sport*, Perugia, Calzetti-Mariucci, 2004.
- Biel A., Trail Guide to the Body – Third Edition, in Zicca A. (a cura di), *Guida ai sentieri del corpo. Come trovare muscoli, ossa e altro*, Milano, Edi.Ermes, 2011.
- [3] Weineck J., Optimal Training (10° edizione), in Pasquale Bellotti e Mario Gulinelli, *L'allenamento Ottimale*, Perugia, Calzetti-Mariucci, 2001.
- [4] Cerullo C., Sedute di mobilità articolare e allungamento muscolare per il calcio e gli sport di squadra, Perugia, Calzetti-Mariucci, 2013.
- Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *Int J Sports Phys Ther.* 2014 May;9(3):396-409. PMID: 24944860; PMCID: PMC4060319.
- Wyndow N, De Jong A, Rial K, Tucker K, Collins N, Vicenzino B, Russell T, Crossley K. Foot and ankle mobility and the frontal plane projection angle in asymptomatic controls. *J Foot Ankle Res.* 2015 Sep 22;8(Suppl 2):O43. doi: 10.1186/1757-1146-8-S2-O43. PMCID: PMC4595451.

- [5] Luhtanen, P., Komi, P.V. Segmental contribution to forces in vertical jump. *Europ. J. Appl. Physiol.* **38**, 181–188 (1978). <https://doi.org/10.1007/BF00430076>
- [6] Georgios Papaiakevou (2013) Kinematic and kinetic differences in the execution of vertical jumps between people with good and poor ankle joint dorsiflexion, *Journal of Sports Sciences*, 31:16, 1789-1796, DOI: 10.1080/02640414.2013.803587
- [7] Sung Joon Yun, Moon-Hwan Kim, Jong-Hyuck Weon, Young Kim, Sung-Hoon Jung, Oh-Yun Kwon, Correlation between toe flexor strength and ankle dorsiflexion ROM during the countermovement jump, *Journal of Physical Therapy Science*, 2016, Volume 28, Issue 8, Pages 2241-2244, Released August 31, 2016, Online ISSN 2187-5626, Print ISSN 0915-5287, <https://doi.org/10.1589/jpts.28.2241>
- [8] Guillén-Rogel P., San Emeterio C., Marín P. J., Associations between ankle dorsiflexion range of motion and foot and ankle strength in young adults, *Journal of Physical Therapy Science*, 2017, Volume 29, Issue 8, Pages 1363-1367, Released August 09, 2017, Online ISSN 2187-5626, Print ISSN 0915-5287, <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1363>
- [9] Greco, G.; Patti, A.; Cataldi, S.; Iovane, A.; Messina, G.; Fischetti, F. Changes in physical fitness in young female volleyball players after an 8-week in-season pilates training program. *Acta Med. Mediterr.* 2019, 35, 3375–338.
- [10] Manshour, M.; Rahnema, N.; Khorzoghi, M.B. Effects of pilates exercises on flexibility and volleyball serve skill in female college students. *Sport Sci. Pract. Asp.* 2014, 11, 19–25.
- Panoutsakopoulos, Vassilios & Kotzamanidou, Mariana C. & Papaiakevou, Georgios & Kollias, Iraklis. (2021). The Ankle Joint Range of Motion and Its Effect on Squat Jump Performance with and without Arm Swing in Adolescent Female Volleyball Players.

- Journal of Functional Morphology and Kinesiology. 6. 14. 10.3390/jfmk6010014.
- Godinho, Ismael & Pinheiro, Bruno & Junior, Lino & Chaves, Gabriela & Cavalcante, Jurandir & Monteiro, Gabriela & Uchôa, Paulo. (2019). Effect of Reduced Ankle Mobility on Jumping Performance in Young Athletes. *Motricidade*. 4-11. 10.6063/motricidade.8990.
 - [11] Berriel, Guilherme P.1; Schons, Pedro1; Costa, Rochelle R.1; Oses, Victor Hugo S.1; Fischer, Gabriela2; Pantoja, Patrícia D.3; Krueel, Luiz Fernando M.1; Peyré-Tartaruga, Leonardo A.1 Correlations Between Jump Performance in Block and Attack and the Performance in Official Games, Squat Jumps, and Countermovement Jumps of Professional Volleyball Players, *Journal of Strength and Conditioning Research*: December 2021 - Volume 35 - Issue - p S64-S69 doi: 10.1519/JSC.0000000000003858
 - [12] Domire ZJ, Challis JH. The influence of squat depth on maximal vertical jump performance. *J Sports Sci*. 2007 Jan 15;25(2):193-200. doi: 10.1080/02640410600630647. PMID: 17127594.
 - Junichiro Yamauchi, Keiji Koyama, Importance of toe flexor strength in vertical jump performance, *Journal of Biomechanics*, Volume 104, 2020, 109719, ISSN 0021-9290, <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109719>.
 - [13] Paoli A., Neri M., Bianco A., *Principi di metodologia del fitness*, 7° edizione, Cesena, Erika Srl Editrice, 2019.
 - Kritz, Matthew & Cronin, John & Hume, Patria. (2009). The Bodyweight Squat: A Movement Screen for the Squat Pattern. *Strength & Conditioning Journal*. 31. 76-85. 10.1519/SSC.0b013e318195eb2f.
 - [14] Kim SH, Kwon OY, Park KN, Jeon IC, Weon JH. Lower extremity strength and the range of motion in relation to squat

- depth. *J Hum Kinet.* 2015 Apr 7;45:59-69. doi: 10.1515/hukin-2015-0007. PMID: 25964810; PMCID: PMC4415844.
- Endo Y, Miura M, Sakamoto M. The relationship between the deep squat movement and the hip, knee and ankle range of motion and muscle strength. *J Phys Ther Sci.* 2020 Jun;32(6):391-394. doi: 10.1589/jpts.32.391. Epub 2020 Jun 2. PMID: 32581431; PMCID: PMC7276781.
 - Butler RJ, Plisky PJ, Southers C, Scoma C, Kiesel KB. Biomechanical analysis of the different classifications of the Functional Movement Screen deep squat test. *Sports Biomech.* 2010 Nov;9(4):270-9. doi: 10.1080/14763141.2010.539623. PMID: 21309301.
 - [15] Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Lander JE, Barrentine SW, Andrews JR, Bergemann BW, Moorman CT 3rd. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Med Sci Sports Exerc.* 2001 Sep;33(9):1552-66. doi: 10.1097/00005768-200109000-00020. PMID: 11528346.
 - [16] Kathiresan, G. & Jali, Nosizwe & Afifah, N & Aznie, N & Fidieyana, N. & Osop, N.. (2010). The relationship between ankle joint flexibility and squatting knee flexion posture in young Malaysian men. *World.* 3. 226-230.
 - [17] Gomes, João & Neto, Tiago & Vaz, João & Schoenfeld, Brad & Freitas, Sandro. (2020). Is there a relationship between back squat depth, ankle flexibility, and Achilles tendon stiffness?. *Sports Biomechanics.* 1-14. 10.1080/14763141.2019.1690569.
 - [18] Devita P, Skelly WA. Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Med Sci Sports Exerc.* 1992 Jan;24(1):108-15. PMID: 1548984.
 - [19] Kovács I, Tihanyi J, Devita P, Rácz L, Barrier J, Hortobágyi T. Foot placement modifies kinematics and kinetics during drop jumping. *Med Sci Sports Exerc.* 1999 May;31(5):708-16. doi: 10.1097/00005768-199905000-00014. PMID: 10331892.

- [20] Hagins M, Pappas E, Kremenec I, Orishimo KF, Rundle A. The effect of an inclined landing surface on biomechanical variables during a jumping task. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2007 Nov;22(9):1030-6. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2007.07.012. Epub 2007 Sep 10. PMID: 17826875; PMCID: PMC2699559.
- [21] Chappell JD, Herman DC, Knight BS, Kirkendall DT, Garrett WE, Yu B. Effect of fatigue on knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks. *Am J Sports Med*. 2005 Jul;33(7):1022-9. doi: 10.1177/0363546504273047. PMID: 15983125.
- [22] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med*. 2005 Apr;33(4):492-501. doi: 10.1177/0363546504269591. Epub 2005 Feb 8. PMID: 15722287.
- [23] Moss RI, Devita P, Dawson ML. A biomechanical analysis of patellofemoral stress syndrome. *J Athl Train*. 1992;27(1):64-9. PMID: 16558135; PMCID: PMC1317133.
- [24] Powers CM. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003 Nov;33(11):639-46. doi: 10.2519/jospt.2003.33.11.639. PMID: 14669959.
- [25] Briner, W.W., Kacmar, L. Common Injuries in Volleyball. *Sports Med* **24**, 65–71 (1997). <https://doi.org/10.2165/00007256-199724010-00006>
- [26] Fong CM, Blackburn JT, Norcross MF, McGrath M, Padua DA. Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. *J Athl Train*. 2011 Jan-Feb;46(1):5-10. doi: 10.4085/1062-6050-46.1.5. PMID: 21214345; PMCID: PMC3017488.

- [27] Hoch MC, Farwell KE, Gaven SL, Weinhandl JT. Weight-Bearing Dorsiflexion Range of Motion and Landing Biomechanics in Individuals With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2015 Aug;50(8):833-9. doi: 10.4085/1062-6050-50.5.07. Epub 2015 Jun 11. PMID: 26067428; PMCID: PMC4629940.
- [28] Kovacs, MS, Roetert, EP, and Ellenbecker, TS. Efficient deceleration: The forgotten factor in tennis-specific training. *Strength Cond J* 30: 58–69, 2008.
- [29] Bressel, E, Yonker, JC, Kras, J, and Heath, EM. Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *J Athl Train* 42: 42–46, 2007
- [30] Hoch MC, Staton GS, McKeon PO. Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *J Sci Med Sport*. 2011 Jan;14(1):90-2. doi: 10.1016/j.jsams.2010.08.001. Epub 2010 Sep 16. PMID: 20843744.
- [31] Nakagawa TH, Petersen RS. Relationship of hip and ankle range of motion, trunk muscle endurance with knee valgus and dynamic balance in males. *Phys Ther Sport*. 2018 Nov;34:174-179. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.10.006. Epub 2018 Oct 15. PMID: 30347312.
- [32] Teyhen DS, Shaffer SW, Lorenson CL, Greenberg MD, Rogers SM, Koreerat CM, Villena SL, Zosel KL, Walker MJ, Childs JC. Clinical measures associated with dynamic balance and functional movement. *J Strength Cond Res*. 2014 May;28(5):1272-83. doi: 10.1519/JSC.0000000000000272. PMID: 24755867.
- [33] Kang, Min-Hyeok & Lee, Dong-Kyu & Park, Kyung-Hee & Oh, Jae-Seop. (2014). Association of Ankle Kinematics and Performance on the Y-Balance Test With Inclinometer Measurements on the Weight-Bearing-Lunge Test. *Journal of sport rehabilitation*. 24. 10.1123/jsr.2013-0117.
- [34] Lockie RG, Schultz AB, Callaghan SJ, Jeffriess MD. The Relationship Between Dynamic Stability and Multidirectional Speed.

- J Strength Cond Res. 2016 Nov;30(11):3033-3043. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a744b6. PMID: 23942170.
- [35] Rouissi M, Haddad M, Bragazzi NL, Owen AL, Moalla W, Chtara M, Chamari K. Implication of dynamic balance in change of direction performance in young elite soccer players is angle dependent? *J Sports Med Phys Fitness*. 2018 Apr;58(4):442-449. doi: 10.23736/S0022-4707.17.06752-4. Epub 2017 Apr 26. PMID: 28474865.
 - [36] Sariati D, Hammami R, Chtara M, Zagatto A, Boullosa D, Clark CCT, Hackney AC, Granacher U, Souissi N, Zouhal H. Change-of-Direction Performance in Elite Soccer Players: Preliminary Analysis According to Their Playing Positions. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Nov 12;17(22):8360. doi: 10.3390/ijerph17228360. PMID: 33198102; PMCID: PMC7696160.
 - [37] Hall EA, Docherty CL. Validity of clinical outcome measures to evaluate ankle range of motion during the weight-bearing lunge test. *J Sci Med Sport* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2016.11.001>
 - [38] Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. *Int J Sports Phys Ther*. 2012;7(3):279-287.
 - [39] Chaabene H, Behm DG, Negra Y, Granacher U. Acute Effects of Static Stretching on Muscle Strength and Power: An Attempt to Clarify Previous Caveats. *Front Physiol*. 2019;10:1468. Published 2019 Nov 29. doi:10.3389/fphys.2019.01468

