



# Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA  
PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

## TESI DI LAUREA

La propiocezione nel contesto sportivo: valutazione e proposta  
riabilitativa

RELATORE: Dott. Mag. Eugenio Prebianca

LAUREANDA: Lisa Penzo

Anno Accademico 2022/2023

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| Università degli Studi di Padova.....                                     | 0  |
| RIASSUNTO .....   | 1  |
| ABSTRACT.....   | 3  |
| 1 STABILITÀ .....   | 5  |
| 1.1 Il Modello di Stabilizzazione Spinale di M. Panjabi.....              | 5  |
| 1.2 Anatomia del ginocchio .....  | 6  |
| 1.2.1 Biomeccanica del ginocchio .....                                    | 8  |
| 1.2.2 Artrocinematica.....  | 9  |
| 1.3 Strutture adibite alla stabilità del ginocchio.....                   | 10 |
| 2 LA PROPRIOCEZIONE.....  | 12 |
| 2.1 Cos'è la propriocezione .....   | 12 |
| 2.2 Anatomia della propriocezione .....                                   | 12 |
| 2.2.1 Esterocettori, enterocettori e propriocettori .....                 | 13 |
| 2.3 La propriocezione del ginocchio e le conseguenze dell'infortunio..... | 15 |
| 3 MATERIALI E METODI .....  | 17 |
| 3.1 Ipotesi di Ricerca .....  | 17 |
| 3.2 Popolazione.....  | 17 |
| 3.2.1 Criteri di inclusione.....  | 17 |
| 3.2.2 Criteri di esclusione .....   | 17 |
| 3.3 Materiali e strumenti utilizzati.....                                 | 17 |
| 3.3.1 Y balance test .....  | 18 |
| 3.3.2 Joint position sense test.....                                      | 18 |
| 3.3.3 Sitting knee extension 90°.....                                     | 18 |
| 3.4 Analisi statistica .....  | 18 |
| 4 RISULTATI .....   | 19 |
| 4.1 Analisi dei dati .....  | 19 |
| 5 DISCUSSIONE.....  | 22 |
| 5.1 Interpretazione dei risultati .....                                   | 22 |
| 5.2 Limiti dello studio.....  | 23 |
| 6 CONCLUSIONI E PROPOSTA RIABILITATIVA .....                              | 24 |
| 6.1 Conclusioni .....   | 24 |

|     |                              |    |
|-----|------------------------------|----|
| 6.2 | Proposta riabilitativa ..... | 24 |
|     | BIBLIOGRAFIA.....            | 26 |
|     | ALLEGATI .....               | 29 |

## RIASSUNTO

### **Background**

La percezione del corpo è una caratteristica che mi ha sempre accompagnata fin da piccola avendo praticato la ginnastica artistica. È un'abilità che viene allenata e che sta alla base di questo sport ed è la chiave per riuscire a praticarlo nel modo migliore. Questa tesi nasce dalla realizzazione del basso tasso d'infortunio che ho osservato nei quasi vent'anni che frequento la palestra dove sono cresciuta, osservazione che mi ha portata a chiedermi il motivo dei pochi infortuni visti, quando in altre realtà sportive questi eventi sono numericamente molto superiori.

### **Scopo dello studio**

Lo scopo del presente studio è di valutare la propriocezione del ginocchio in atleti agonisti praticanti la ginnastica artistica o la pallamano, valutando le differenze dell'allenamento soprattutto in ottica propriocettiva, per presentare poi un programma riabilitativo funzionale al fine di ridurre il rischio di infortunio nello sport.

### **Materiali e metodi**

Per tale ricerca sono stati confrontati due gruppi di sportivi: uno praticante la pallamano e uno la ginnastica artistica. Sono stati messi a confronto i livelli di propriocezione, di stabilità, la percentuale di infortuni e gli out come al fine di individuare le differenze per poi comprendere quali specifiche attività delle due discipline possono essere utili in ottica di prevenzione degli infortuni.

È stato proposto un iniziale questionario dove gli atleti hanno riportato delle informazioni generali e specifiche riguardo gli infortuni passati e la riabilitazione eseguita, successivamente sono stati sottoposti a tre test differenti: Y balance test, Joint position sense test e il Sitting knee extension a 90°. I risultati sono stati in seguito analizzati attraverso un'analisi statistica mettendo a confronto i due sport.

### **Risultati**

I risultati dell'analisi mettono in evidenza una performance migliore da parte degli atleti praticanti la ginnastica artistica in maniera significativa nell'Y balance test e,

a seguire, nel joint position sense test. Nel test di forza non risultano differenze fra le prestazioni dei due gruppi.

### **Conclusioni**

Questo studio dimostra che gli atleti praticanti la ginnastica artistica sono dotati di maggior senso di posizione del ginocchio e maggior stabilità rispetto ai giocatori di pallamano. Questo sembrerebbe essere uno dei motivi del minor numero di infortuni che avvengono in questo sport. Sebbene il campione preso in esame sia limitato quello che emerge da questo studio è che allenare la propriocezione del ginocchio e la stabilità aiuti a prevenire gli infortuni.

## ABSTRACT

### **Background**

Body perception is a characteristic that has always accompanied me since childhood, as I have been involved in artistic gymnastics. It's a skill that is trained and forms the foundation of this sport, serving as the key to practicing it at its best. This thesis arises from the realization of the low injury rate I have observed in the nearly twenty years I've spent in the gym where I grew up. This observation led me to wonder about the reasons behind the few injuries I've seen, especially when in other sports environments, such incidents are significantly more numerous.

### **Purpose of the study**

The aim of this study is to assess knee proprioception in competitive athletes practicing artistic gymnastics or handball, while evaluating the training differences, particularly from a proprioceptive perspective. The ultimate goal is to present a functional rehabilitation program to reduce the risk of injury in sports.

### **Materials and methods**

For this research, two groups of athletes were compared: one engaged in handball and the other in artistic gymnastics. Proprioception levels, stability, injury percentages, and outcomes were compared to identify differences and understand which specific activities in both disciplines may be useful for injury prevention.

An initial questionnaire was administered where athletes provided general and specific information about their past injuries and rehabilitation. Subsequently, they underwent three different tests: the Y balance test, the Joint position sense test, and the Sitting knee extension at 90°. The results were later analyzed through statistical analysis, comparing the two sports.

### **Results**

The results of the analysis highlight a significantly better performance by artistic gymnastics practitioners in the Y balance test and, subsequently, in the joint position

sense test. In the strength test, there were no differences in performance between the two groups.

### **Conclusions**

This study demonstrates that artistic gymnasts exhibit a higher knee joint position sense and greater stability compared to handball players. This appears to be one of the reasons for the lower number of injuries in this sport. Although the sample size in this study is limited, what emerges is that training knee proprioception and stability helps prevent injuries.

# 1 STABILITÀ

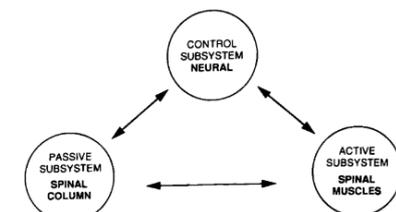
## 1.1 Il Modello di Stabilizzazione Spinale di M. Panjabi

La stabilità del corpo rappresenta un aspetto fondamentale nell'ambito delle scienze anatomiche e biomeccaniche. Essa deriva dall'equilibrio dinamico tra vari fattori anatomici, muscolari e neurologici che collaborano per garantire la posizione eretta e il corretto funzionamento del sistema muscolo-scheletrico. L'analisi approfondita di questa capacità è di cruciale importanza non solo per comprendere le basi fisiologiche dell'essere umano, ma anche per sviluppare strategie di prevenzione e trattamento nell'ambito medico e riabilitativo[1]. Nel corso degli anni, illustri studiosi, hanno contribuito in modo significativo all'elaborazione di teorie e modelli concettuali volti a spiegare i meccanismi sottostanti la stabilità del corpo. La loro ricerca si focalizza su elementi anatomici, biomeccanici e neuromuscolari, e mira a fornire una prospettiva approfondita su come il corpo umano riesca a mantenere un equilibrio funzionale sia in condizioni statiche che dinamiche.

In particolare, il professor Manohar M. Panjabi, esperto nei campi dell'ortopedia, riabilitazione e ingegneria meccanica, ha formulato una teoria denominata "Il Sistema di Stabilizzazione Spinale" nella quale espone la suddivisione in tre sottosistemi che, congiuntamente, concorrono alla costituzione di ciò che definiamo come stabilità spinale.

Il primo sottosistema della teoria è rappresentato dalle vertebre, i dischi e i legamenti (sistema passivo); i muscoli della colonna, che possono applicare forze e fornire stabilità dinamica, compongono il secondo (sistema attivo); in fine, l'ultimo sottoinsieme è dato dall'unità di controllo neurale che valuta e determina i requisiti di stabilità e la risposta coordinata dei muscoli (controllo neuromuscolare). [2]

La normale funzione di questi sistemi è basata su segnali di feedback inviati dai tessuti molli che provocano una risposta del muscolo che viene monitorata dal fuso neuromuscolare e dall'organo del Golgi e aggiustata



**Fig 1:** M. Panjabi "The Stabilizing System of the Spine. Part I"

successivamente dall'unità neuronale di controllo.[3] Ciò descrive come i tre sottosistemi, anche se concettualmente separati, siano funzionalmente interdipendenti tra loro. La disfunzione di uno di questi, infatti, può intaccare l'intero sistema che può reagire in tre maniere differenti: una rapida risposta dei sistemi rimanenti che compensano a sufficienza, una risposta adattiva a lungo termine, oppure la lesione di uno o più componenti dei sistemi citati. La prima tipologia di risposta è la normale funzionalità dei sistemi, la seconda rientra in parte nella normale funzione ma con la presenza di alterazioni nel sistema mentre la terza opzione porta alla complessiva disfunzione di tutto il sistema. [2]

## **1.2 Anatomia del ginocchio**

Il ginocchio è l'articolazione intermedia dell'arto inferiore che unisce lo scheletro della coscia a quello della gamba, contribuendo sia alla deambulazione che alla statica. Funzionalmente è classificata come un ginglymo angolare che permette il movimento di flessoestensione, anche se consente modesti movimenti di tipo rotatorio. [4]

Dal punto di vista strutturale, il ginocchio è formato da tre ossa: femore, tibia e rotula che si collegano andando a formare due articolazioni: l'articolazione tibiofemorale, che permette la trasmissione del peso del corpo dal femore alla tibia, e femororotulea, deputata al meccanismo di estensione. [5]

L'epifisi distale del femore è formata da due condili, mediale e laterale, di forma tondeggianti e asimmetrici fra loro. Sono separati posteriormente dalla fossa intercondiloidea mentre anteriormente la superficie articolare è unica.[6] Il condilo mediale, assieme al piatto tibiale mediale, è di forma più allungata rispetto al comparto laterale e i loro assi, specialmente quello del condilo mediale, convergono anteriormente. Quest'ultima caratteristica si ripercuote sul meccanismo di estensione, nel quale agli ultimi gradi di estensione si associa un'extrarotazione della tibia (Screw home mechanism) [5]

Anche la tibia presenta due condili con i quali si articola al femore. Quello laterale è più prominente del mediale e presenta una faccetta per l'articolazione con la fibula. I due condili sono separati dall'eminanza intercondiloidea.[6]

La patella è il più grande osso sesamoidale nel corpo con forma approssimativamente triangolare. La superficie anteriore, convessa e rugosa, ospita il sito d'inserzione del tendine del quadricipite e, più distalmente, del legamento patellare. La faccia posteriore, convessa, contiene la tuberosità tibiale che separa la faccetta laterale da quella mediale con le quali la rotula si articola ai condili del femore. La porzione laterale del femore risulta più ampia di quella mediale, dando all'articolazione con la patella maggior stabilità soprattutto all'angolo di 45° di flessione. [5,6]

Ad interporsi fra il femore e la tibia ci sono i menischi, due formazioni di fibrocartilagine semilunare che hanno delle importanti funzioni: ridurre lo stress compressivo, migliorare la congruenza articolare fra i condili femorali e i piatti tibiali ed incrementare l'area di superficie dell'articolazione. Anch'essi, come i piatti tibiali, sono asimmetrici: quello mediale risulta più ampio e di forma più aperta rispetto al menisco laterale, sebbene sia lievemente più sottile. Entrambi sono ancorati ai piatti tibiali da legamenti meniscali e capsulari. [5,6]

A rendere la struttura del ginocchio più stabile vi sono in fine i legamenti. Nel compartimento mediale si trova il legamento collaterale mediale (MCL) che origina dall'epicondilo mediale e che, come descritto nel 1979 da Warren e Marshall[7], con i suoi due fasci appartiene sia allo strato superficiale che a quello profondo, dove si inserisce nel menisco mediale[8]. A livello laterale, nello strato profondo, vi è il legamento collaterale laterale (LCL) che con la sua struttura cordoniforme origina dall'epicondilo laterale del femore e si inserisce a livello della testa della fibula. [9] Questi due legamenti, assieme alle altre strutture del comparto mediale e laterale svolgono la funzione di stabilizzatori laterali, specialmente a ginocchio esteso [6].

Ad occuparsi della stabilità multiplanare vi sono due legamenti appartenenti alle strutture intracapsulari: il legamento crociato anteriore (ACL) ed il legamento crociato posteriore (PCL), così denominati in riferimento alla posizione della loro origine nella tibia[6].

Il crociato anteriore origina anteriormente nel piatto tibiale fra le eminenze intercondiloidee per poi dirigersi verso la porzione laterale del condilo femorale, dove si inserisce. È composto da due bande il cui nome deriva dal sito di origine

nella tibia: anteromediale, che si tende in flessione, e posteromediale che si tende in estensione.[10] Tale legamento serve per due importanti scopi: prevenire la traslazione anteriore della tibia sul femore e preservare la normale biomeccanica del ginocchio per prevenire eventuali danni al menisco. [11]

Il legamento crociato posteriore origina medialmente dal condilo femorale per poi inserirsi posterolateralmente nel condilo mediale. Anch'esso è composto da due bande e la sua struttura risulta più larga rispetto al ACL, tanto da avere una superficie di attacco più ampia sia nel sito d'origine (50% maggiore) che in quello d'inserzione (20% maggiore)[12]. La funzione primaria del crociato posteriore è quella di prevenire la traslazione posteriore della tibia sul femore. Nel compartimento posteriore del ginocchio sono osservabili, se presenti, anche i legamenti di Humphrey e Wrisberg, conosciuti anche come i legamenti meniscofemorali che collaborano in maniera secondaria nella stabilizzazione della traslazione tibiale posteriore. [11,12]

### ***1.2.1 Biomeccanica del ginocchio***

La flesso-estensione è il movimento principale del ginocchio che rende possibile l'allontanamento dalla superficie posteriore della gamba da quella della coscia (estensione) e il suo avvicinamento (flessione). È possibile effettuare, soprattutto passivamente, un'estensione del ginocchio di 5-10° riferendosi a tale movimento con il termine di "iperestensione", che in alcuni soggetti può essere particolarmente esagerato. L'ampiezza della flessione varia in funzione della posizione dell'anca: ad anca flessa la flessione attiva arriva a 140° e diminuisce a 120° se l'anca è estesa. Questa differenza dipende dalla diminuzione di efficacia degli ischio-crurali quando l'anca è estesa. Se la flessione viene invece eseguita passivamente l'ampiezza risulta essere di 160° permettendo al tallone di toccare il gluteo. Le possibili cause alla limitazione di tale movimento sono riconducibili ad una retrazione dell'apparato estensore (essenzialmente il quadricipite) oppure da retrazioni capsulari. [13]

In secondo luogo, l'articolazione del ginocchio manifesta un secondo grado di libertà, ossia la rotazione sull'asse longitudinale dell'arto inferiore, la quale si

verifica esclusivamente a ginocchio flesso. La rotazione interna si verifica portando la punta del piede verso l'interno mantenendo la caviglia neutra e misura circa 30°; allo stesso modo per quella esterna si porta la punta del piede verso l'esterno e arriva ad un'ampiezza pari a 40°. [13]

### ***1.2.2 Artrocinematica***

L'artrocinematica del ginocchio è una componente fondamentale nell'ambito della biomeccanica articolare. Essa si riferisce a quei movimenti relativi alle superfici articolari del ginocchio che coinvolgono spostamenti accessori di superfici adiacenti; quindi, come le articolazioni si muovono l'una sull'altra. Questi avvengono in tutti i movimenti attivi e passivi e sono necessari per la completa libertà di movimento. Non possono realizzarsi in modo indipendente o volontariamente e, se ridotti, possono limitare i movimenti fisiologici dei segmenti corporei.

Le superfici articolari si muovono in tre possibili modalità: rotolando, scivolando o ruotando.

Il rotolamento avviene quando una superficie articolare rotola su un'altra, ad esempio una palla che rotola su un piano

Lo scivolamento avviene quando una superficie articolare scorre su un'altra come un blocco che scivola sul pavimento.

La rotazione avviene quando una superficie articolare gira su un'altra, ad esempio una trottola. Poiché si tratta di un movimento rotatorio puro, si verifica in un numero limitato di articolazioni, quali le enartrosi delle anche e delle spalle, nonché nella testa del radio sull'omero durante la prono-supinazione.

Il tipo di movimento che avviene dipende dalla forma delle superfici articolari; per la maggior parte dei casi si tratta di un movimento combinato di rotolamento e scorrimento dove un osso mobile si muove su uno stabile. Per poter stabilire quale si muove e in che direzione si utilizza la regola concavo-convesso: se la superficie concava si muove su una superficie convessa la direzione del rotolamento e dello scorrimento sarà la stessa, mentre nella condizione in cui una superficie convessa si muove su una concava le direzioni del rollio e dello scorrimento risultano opposte. [14]

Applicando questo principio all'articolazione del ginocchio risulta che il movimento di flesso estensione sia una combinazione di rotolamento e scivolamento in cui, in una catena cinematica chiusa, i condili femorali rotolano posteriormente e scivolano anteriormente nella flessione ed effettuano il movimento contrario nell'estensione; mentre in una catena cinematica aperta sono i piatti tibiali a scivolare e rotolare posteriormente nella flessione e anteriormente nell'estensione. [15]

### **1.3 Strutture adibite alla stabilità del ginocchio**

La stabilità dell'articolazione del ginocchio è il risultato di una complessa interazione di diverse strutture anatomiche e componenti biomeccaniche.

Le principali strutture che concorrono alla stabilità includono: le ossa, i legamenti i menischi e la muscolatura.

Le superfici articolari, come descritto precedentemente, sono asimmetriche e poco congruenti fra loro. Questa caratteristica è il risultato di diverse esigenze funzionali che il ginocchio deve soddisfare. Da un lato, deve consentire una libertà di movimento adeguata a spostarsi in maniera fluida, mentre dall'altro deve assicurarne stabilità. Le estremità ossee sono quindi modellate l'una in rapporto all'altra proprio in funzione dei movimenti che permettono. [13]

Vi sono poi i legamenti crociati, che con la loro azione impediscono al femore di scivolare anteriormente o posteriormente sulla tibia, ed i legamenti collaterali, che limitano i movimenti eccessivi verso l'interno o l'esterno.

I menischi assicurano stabilità sagomandosi e adattandosi alle superfici articolari, aumentandone il contatto.

In fine non è da sottovalutare l'azione della muscolatura, la quale si occupa principalmente della stabilità dinamica. Nello specifico, il quadricipite femorale è il principale estensore della gamba e antagonista del ACL; nel ruolo opposto si trova il bicipite femorale che si oppone all'azione del PCL. In aggiunta, attraverso il loro sito d'inserzione possono tensionare i legamenti capsulari andando ad aumentare la stabilità statica. Allo stesso modo agiscono anche la bandeletta ileotibiale ed il gastrocnemio.

Pertanto, risulta errato attribuire solo ai legamenti tibiofemorali tale stabilità del ginocchio, in quanto essa deriva da una combinazione della topografia delle facce

articolari, dai menischi, dai legamenti e dalla distribuzione del carico all'interno dell'articolazione stessa.[5,5]

## 2 LA PROPRIOCEZIONE

### 2.1 Cos'è la propiocezione

Il termine “propriocezione” fu introdotto nel 1907 dal neurofisiologo Charles Sherrington. Deriva dal latino “proprius”, che significa “proprio”, e “perceptio”, che significa “percezione” o “sensazione”; dunque, il suo significato si può tradurre in “percepire il proprio sé”. Tale termine si riferisce, quindi, alla capacità del corpo di percepire la posizione ed il movimento del corpo nello spazio consentendoci di coordinare i movimenti senza la necessità di una visione esterna.

In seguito a numerosi dibattiti, è ora affermato che i segnali propriocettivi includono input periferici dal fuso muscolare, l'organo tendineo del Golgi, dalla cute e dai recettori delle articolazioni, insieme agli input centrali dei comandi motori efferenti. Sebbene la propiocezione venga spesso definita con altri termini come “senso della forza”, “senso della posizione” o “cinestesia”, essa comprende tutti questi aspetti, pertanto la si può definire come “la consapevolezza dello stato meccanico e spaziale del corpo e delle sue parti muscoloscheletriche”. [16,17]

### 2.2 Anatomia della propiocezione

L'attività muscolare ed il movimento delle articolazioni sono il risultato di molteplici segnali sensoriali ricevuti ed elaborati dal cervello e dal midollo spinale. La percezione e la gestione del controllo muscoloscheletrico e del movimento sono mediate principalmente dal sistema nervoso centrale (SNC), il quale riceve input da 3 principali sottosistemi: il sistema somatosensitivo, il sistema vestibolare ed il sistema visivo.

Il sistema somatosensoriale rileva stimoli sensoriali come il tatto, il dolore, la pressione e i movimenti intesi come lo spostamento delle articolazioni. Riceve input riguardanti cambiamenti nella lunghezza e tensione muscolare, sulla posizione e movimento delle articolazioni dai recettori periferici situati nelle articolazioni e nei muscoli.

Il sistema vestibolare riceve informazioni dai vestiboli e dai canali semicircolari dell'orecchio e le utilizza per mantenere la postura corporea, controllare i muscoli oculari per la messa a fuoco visiva quando la testa cambia posizione, mantenere la

postura eretta e per la consapevolezza conscia della posizione del corpo delle articolazioni e del movimento.

L'ultimo sottosistema è quello visivo, il quale contribuisce anche al mantenimento dell'equilibrio fornendo al corpo punti di riferimento visivi nello spazio. In condizioni normali, si ritiene che i sottosistemi somatosensoriali e visivi siano i principali mediatori dell'equilibrio e della consapevolezza posturale.[18]

La raccolta e l'elaborazione di queste informazioni portano alla consapevolezza della posizione articolare e della sensibilità al movimento articolare, che contribuiscono alla programmazione motoria, alla stabilizzazione articolare inconscia attraverso i riflessi spinali protettivi e al mantenimento della postura dell'equilibrio[18]

### ***2.2.1 Esterocettori, enterocettori e propriocettori***

I recettori sono terminazioni nervose o cellule deputate a percepire le informazioni sensoriali e trasformarle in segnali che vengono trasmessi al sistema nervoso centrale, dove vengono elaborate.

Una classica suddivisione dei recettori, proposta da Sherrington, si basa sull'origine dello stimolo che essi percepiscono, per il quale si distinguono: esterocettori, enterocettori e propriocettori.

Gli esterocettori sono recettori deputati alla ricezione di stimoli provenienti dall'ambiente esterno e costituiscono i recettori per la sensibilità cutanea superficiale e profonda (tattile, termica, dolorifica, cinestesica). Ne sono un esempio i recettori visivi e quelli cutanei, la cui funzione meccanocettiva è rappresentata dal ricevere, trasmettere al SNC e elaborare le informazioni sull'ambiente esterno. Queste funzioni permettono di discriminare le caratteristiche degli oggetti ed il tipo di movimento sulla cute.

Si riconoscono quattro tipi di meccanocettori:

- 1- Recettori SAI: corrispondono ai "dischi di Merkel"
- 2- Recettori RA: corrispondono ai "corpuscoli di Meissner"
- 3- Recettori SAI: corrispondono ai corpuscoli di Ruffin del derma
- 4- Recettori PC: corrispondono ai corpuscoli di Pacini

I primi due (SAI e RA) sono situati superficialmente mentre i restanti due (SAII e PC) sono localizzati in profondità. In entrambe le coppie si distingue un tipo di recettore a rapido adattamento e uno a lento adattamento in base alla velocità di risposta ad uno stimolo. La sensazione del movimento dell'articolazione si pensa sia mediata dai recettori a rapido adattamento mentre quelli a lento adattamento hanno più di un ruolo nella sensazione del movimento dell'articolazione e la percezione del suo cambiamento.[18–20]

I dischi di Merkel sono situati in corrispondenza delle creste epidermiche, al di sotto dello strato basale, e sono responsabili della discriminazione delle caratteristiche spaziali degli stimoli e della pressione esercitata sulla cute.

I corpuscoli di Meissner sono localizzati maggiormente nelle papille del derma di polpastrelli, palmo della mano e pianta del piede. Essi rilevano la velocità e la direzione del movimento oltre che vibrazioni a bassa frequenza.

I corpuscoli di Ruffini si trovano negli strati profondi del derma, nel connettivo peritendineo e nel perimisio esterno dei muscoli. Hanno campi ricettivi di grossa dimensione, selettivi per la direzione della distensione della cute.

I corpuscoli di Pacini sono piuttosto diffusi sia nel derma che nel sottocutaneo, ma anche nel periostio, nei tendini e in territori viscerali come il peritoneo. Sono considerati recettori per gli stimoli di pressione e di tensione.

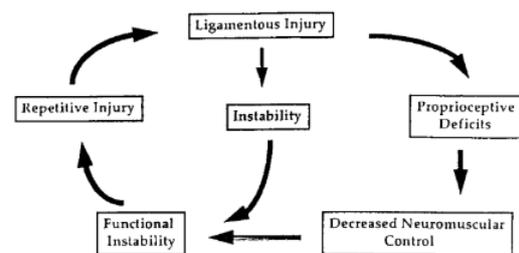
Gli enterocettori sono tipologie di recettori che hanno la funzione di ricevere gli stimoli provenienti dall'interno dell'organismo, in particolare dai visceri.

I propriocettori sono recettori nervosi anch'essi sensibili alle stimolazioni provenienti dall'interno dell'organismo, tra questi si ricordano i propriocettori vestibolari da cui partono informazioni riguardanti i movimenti del capo. Si localizzano, invece, nei muscoli e nei tendini rispettivamente i fusi neuromuscolari e gli organi muscolo tendinei del Golgi, i quali hanno l'importante funzione di monitorare la lunghezza del muscolo, la tensione e la rapidità con cui queste caratteristiche variano. Nello specifico, i fusi neuromuscolari sono posti all'interno del ventre muscolare, presentano una forma allungata e sono rivestiti da una capsula connettivale. La loro funzione è quella di fornire al SNC informazioni sulla lunghezza del muscolo e sulla sua velocità di variazione.

Gli organi tendinei del Golgi sono situati in corrispondenza della giunzione muscolo-tendinea nella quale si fissano con un'estremità al muscolo e con l'altra al tendine; sono perciò disposti in serie rispetto alle fibre muscolari e al tendine. Vengono stimolati dallo stiramento del tendine, sia attivo che passivo, e dalla contrazione attiva del muscolo; pertanto, ad essi si attribuisce la funzione di valutare il grado di contrazione che il muscolo deve attuare per superare una data resistenza. [19,20]

### 2.3 La propiocezione del ginocchio e le conseguenze dell'infortunio

Sono numerosi gli studi che hanno approfondito il ruolo della propiocezione del ginocchio. Ciò che emerge da tali ricerche è che le lesioni alle strutture capsulolegamentose, come il legamento crociato anteriore (ACL) o il menisco, possono danneggiare anche i meccanocettori presenti in queste strutture, causando una deafferentazione e contribuendo così ad alterare la cinestesia ed il senso di posizione del ginocchio. Questo a sua volta può aumentare il rischio di microtraumi e re-infortuni. Sebbene siano più frequenti le situazioni di infortunio che hanno come conseguenza una riduzione delle due caratteristiche appena citate, la riduzione della cinestesia è anche



**Fig. 2:** Rappresentazione della progressione dell'instabilità funzionale per via dell'interazione fra l'instabilità meccanica e la diminuzione del controllo neuromuscolare.

Scott M. Lephart, "The Role of Proprioception in the Management and Rehabilitation of Athletic Injuries"

correlata all'aumento dell'età mentre la sensibilità della posizione può essere influenzata da alterazioni osteo-artriche. L'inizio del riflesso è stimolato dai meccanocettori e dai recettori del fuso neuromuscolare e decorre ad una velocità superiore rispetto alle vie nocicettive (da 70 a 100 m/s contro 1 m/s). Ciò suggerisce che la propiocezione potrebbe avere un ruolo più rilevante degli impulsi dolorifici nella prevenzione degli infortuni in fase acuta, mentre l'incidenza delle lesioni e la causa delle lesioni croniche possono essere attribuite ai deficit propriocettivi.

Gli stessi studi dimostrano che la consapevolezza cinestesica può essere parzialmente ripristinata dopo la ricostruzione del legamento crociato anteriore.

Per tali ragioni sembra essere chiara l'importanza della propriocezione e della sua integrazione nel percorso riabilitativo riuscendo, in tal modo, a ridurre la predisposizione ad un nuovo infortunio a causa di una diminuzione delle vie neuromuscolari.[18,20]

### 3 MATERIALI E METODI

#### 3.1 Ipotesi di Ricerca

Nel contesto della presente tesi sono stati confrontati due gruppi di sportivi agonisti: uno praticante la pallamano e l'altro la ginnastica artistica. Si sono messi a confronto i livelli di propriocezione e di stabilità, la percentuale di infortuni e gli out come al fine di individuare le differenze tra i due gruppi per poi comprendere quali specifiche attività delle due discipline sono utili in ottica di prevenzione degli infortuni.

#### 3.2 Popolazione

Il campione dello studio è composto da sportivi che praticano la pallamano o la ginnastica artistica di età compresa fra i 12 anni e i 25.

##### 3.2.1 Criteri di inclusione

- Atleta che effettua almeno 3 allenamenti a settimana
- Atleta praticante da almeno 4 anni
- Atleta praticante solo uno sport fra quelli inclusi nell'indagine

##### 3.2.2 Criteri di esclusione

- Età inferiore ai 12 anni
- Atleta praticante da meno di 4 anni
- Infortunio negli ultimi 3 mesi
- Atleta che effettua meno di 3 allenamenti a settimana

#### 3.3 Materiali e strumenti utilizzati

L'indagine è stata svolta attraverso la somministrazione di un questionario e tre test per la propriocezione del ginocchio nella palestra dove gli atleti praticano lo sport e dopo un breve riscaldamento.

Con il questionario sono stati raccolti i dati generali (nome, età, altezza, sport praticato, ruolo e anni di sport praticato) e dati specifici riguardanti gli infortuni passati, il tempo di stop dagli allenamenti a causa dell'infortunio e se il soggetto avesse o meno seguito un percorso riabilitativo comprensivo di esercizi per la propriocezione.

Successivamente si sono somministrati i tre test in quest'ordine: Y balance test, joint position sense test, ed il sitting knee extension a 90°.

### **3.3.1 Y balance test**

L'Y balance test valuta l'equilibrio dinamico attraverso la richiesta di raggiungere il punto più distante possibile nelle tre direzioni (anteriore, posteromediale e posterolaterale) mentre si è in appoggio monopodalico. Nel test è misurata la distanza alla quale viene spinto un cono con la punta del piede. La valutazione è nulla se il cono viene calciato o spinto via, se viene appoggiato il piede che spinge il cono, se viene staccato il tallone del piede in appoggio o se l'atleta perde l'equilibrio. Al termine di 3 prove consecutive per ogni posizione, viene registrato il valore migliore.[21]

### **3.3.2 Joint position sense test**

Il Joint position sense test valuta la percezione e l'ampiezza del movimento che viene fatto prima sentire e poi fatto eseguire per tre tentativi autonomamente dal soggetto, cercando di ritornare nella posizione prestabilita e mantenendo gli occhi chiusi. La valutazione è stata eseguita utilizzando la livella di iPhone posizionato 15 cm sotto la tuberosità tibiale. I gradi scelti per la valutazione sono stati 30°-60°-50°, in quest'ordine, partendo sempre con una flessione del ginocchio di 90° circa e senza avere i piedi in appoggio.[22]

### **3.3.3 Sitting knee extension 90°**

Il sitting knee extension a 90° è un test di forza del quadricipite eseguito con il paziente seduto sul lettino senza appoggio sotto i piedi. Con l'ausilio di un dinamometro e dell'app "Kinvent Physio" è stato chiesto all'atleta una contrazione massimale del quadricipite e per le successive 4 un'espressione di forza del 30% rispetto al massimale appena eseguito. Successivamente è stato proposto un altro massimale per poi chiedere una contrazione del 60% per le 4 ripetizioni restanti. Fra una contrazione e quella successiva il tempo di recupero impostato è stato di 15 secondi.[23]

## **3.4 Analisi statistica**

Per tutti i parametri presi in considerazione è stata determinata la statistica descrittiva attraverso il calcolo della media e la deviazione standard.

## 4 RISULTATI

### 4.1 Analisi dei dati

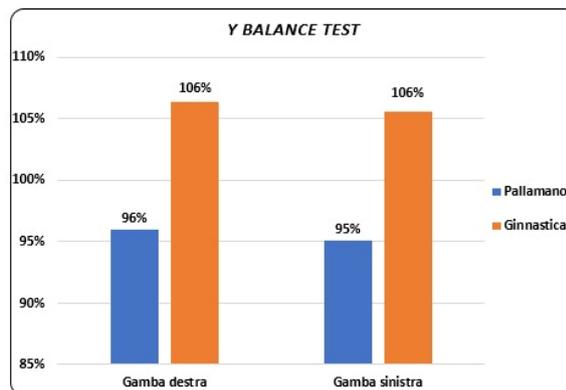
L'analisi statistica dei dati mostra generalmente una maggiore propriocezione nel gruppo dei ginnasti.

Nello specifico, nell'Y balance test il gruppo di atleti praticanti la pallamano riesce ad allontanare il cono, in media, di una distanza pari al 96% della lunghezza della loro gamba destra, e al 95% con la sinistra. I ginnasti riescono ad allontanare il cono di una distanza

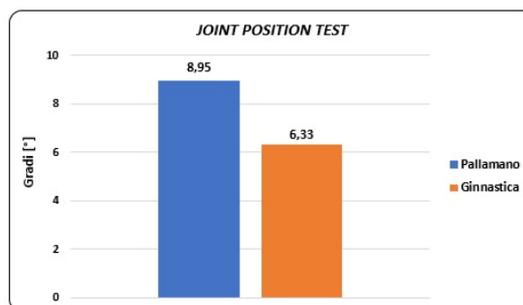
pari al 106% della lunghezza della loro gamba con entrambe le gambe.

Nel Joint position sense test il gruppo di giocatori di pallamano ha mostrato un discostamento totale di  $9,95^\circ$  rispetto alla media del riposizionamento della gamba, mentre i ginnasti hanno registrato una deviazione totale di  $6,33^\circ$ .

| RISULTATI Y BALANCE TEST |       |            |       |
|--------------------------|-------|------------|-------|
| PALLAMANO                |       | GINNASTICA |       |
| GB DX                    | GB SX | GB DX      | GB SX |
| 96%                      | 95%   | 106%       | 106%  |



| RISULTATI JOINT POSITION TEST |             |       |             |       |
|-------------------------------|-------------|-------|-------------|-------|
| Posizione                     | PALLAMANO   |       | GINNASTICA  |       |
|                               | GB DX       | GB SX | GB DX       | GB SX |
| 30°                           | 31,05       | 35,67 | 29,71       | 29,95 |
| 60°                           | 59,67       | 60,57 | 59,14       | 58,71 |
| 50°                           | 49,38       | 49,29 | 50,95       | 47,09 |
| <b>Totale</b>                 | <b>8,95</b> |       | <b>6,33</b> |       |



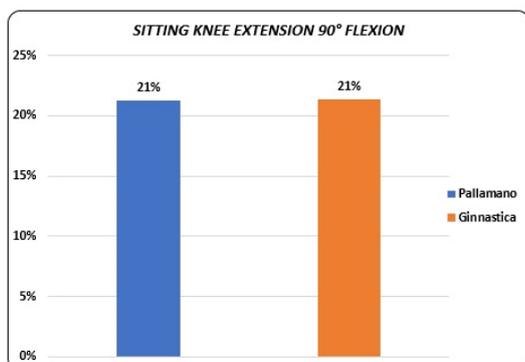
Nel contesto del test di valutazione della forza, si osserva un risultato uniforme per entrambi i gruppi, evidenziando un errore di ripetizione del massimale equivalente al 21% in entrambi i casi.

| Campione | SITTING KNEE EXTENSION 90° FLEXION - PALLAMANO |                    |        |                    |        |                    |        |                    |
|----------|--|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|
|          | GB DX  |                    |        |                    | GB SX  |                    |        |                    |
|          | 30°  |                    | 60°    |                    | 30°    |                    | 60°    |                    |
|          | Media  | % di discostamento | Media  | % di discostamento | Media  | % di discostamento | Media  | % di discostamento |
| Atleta 1 | 16,05  | 87%                | 36,475 | 99%                | 18,775 | 96%                | 32,3   | 83%                |
| Atleta 2 | 14,125   | 72%                | 25,7   | 65%                | 15,175 | 84%                | 24,875 | 69%                |
| Atleta 3 | 12,65  | 123%               | 21,125 | 114%               | 16,55  | 135%               | 28,225 | 117%               |
| Atleta 4 | 11,4   | 80%                | 15,35  | 57%                | 12,975 | 106%               | 19,175 | 79%                |
| Atleta 5 | 10,225   | 146%               | 13,275 | 87%                | 8,025  | 116%               | 12,75  | 89%                |
| Atleta 6 | 6,525  | 90%                | 7,65   | 52%                | 5,325  | 74%                | 6,725  | 56%                |
| Atleta 7 | 6,2  | 71%                | 14,525 | 88%                | 6,825  | 89%                | 14,575 | 105%               |

| RISULTATI    |       |       |
|--------------|-------|-------|
|              | GB DX | GB SX |
| 30°          | 24%   | 16%   |
| 60°          | 23%   | 21%   |
| Media totale | 21%   |       |

| Campione | SITTING KNEE EXTENSION 90° FLEXION - GINNASTICA |                    |        |                    |        |                    |        |                    |
|----------|---|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|
|          | GB DX   |                    |        |                    | GB SX  |                    |        |                    |
|          | 30°   |                    | 60°    |                    | 30°    |                    | 60°    |                    |
|          | Media   | % di discostamento | Media  | % di discostamento | Media  | % di discostamento | Media  | % di discostamento |
| Atleta 1 | 10,125  | 85%                | 19,975 | 82%                | 9,475  | 96%                | 20,625 | 102%               |
| Atleta 2 | 6,3   | 111%               | 16,35  | 101%               | 6,175  | 98%                | 22,55  | 117%               |
| Atleta 3 | 12,65   | 132%               | 20,8   | 109%               | 13,475 | 128%               | 16,825 | 86%                |
| Atleta 4 | 11,85   | 194%               | 16,175 | 120%               | 8,85   | 165%               | 15,625 | 114%               |
| Atleta 5 | 6,525   | 90%                | 7,65   | 52%                | 5,325  | 74%                | 6,725  | 56%                |
| Atleta 6 | 7,525   | 91%                | 14,25  | 85%                | 7,2    | 119%               | 12,05  | 87%                |
| Atleta 7 | 3,775   | 77%                | 8,05   | 83%                | 4,55   | 76%                | 10,625 | 102%               |

| RISULTATI    |       |       |
|--------------|-------|-------|
|              | GB DX | GB SX |
| 30°          | 28%   | 24%   |
| 60°          | 18%   | 15%   |
| Media totale | 21%   |       |



Per quanto riguarda i dati appresi dai questionari, nel gruppo di pallamano quattro ragazzi su sette risultano avere avuto degli infortuni agli arti inferiori quali lesione del tendine d'achille, rottura del crociato anteriore e distorsione di caviglia con lesione dei legamenti. Nel gruppo della ginnastica artistica c'è stato soltanto un caso di infortunio alla caviglia destra.

Risulta significativo, in fine, riportare alcune osservazioni fatte durante l'esecuzione dell'Y balance test, nel quale merita attenzione anche il ruolo degli arti

superiori e le strategie adottate dagli atleti al fine di svolgere il test al meglio. Sebbene la consegna fosse rivolta solo agli arti inferiori, i ginnasti hanno utilizzato funzionalmente anche gli arti superiori per aiutarsi nel mantenere l'equilibrio, aspetto che i giocatori di pallamano hanno saputo sfruttare in maniera minore, ragione per cui si sono osservate numerose oscillazioni del corpo prima di raggiungere l'obiettivo.

In conclusione, in due test su tre la performance migliore è stata condotta dal gruppo di ginnastica artistica, nel quale gli atleti hanno mostrato una miglior stabilità ed equilibrio, un migliore senso di posizione e di percezione della forza.

## 5 DISCUSSIONE

### 5.1 Interpretazione dei risultati

I valori ottenuti dall'analisi suggeriscono che i ginnasti possiedono una maggior stabilità, controllo del corpo e una più avanzata percezione di questo; in altre parole, si evidenzia una propriocezione superiore rispetto ai giocatori di pallamano.

Alcune ipotesi riguardo tali differenze possono essere riconducibili al tipo di allenamento svolto. Trattandosi di atleti agonisti, in entrambi gli sport il numero e le ore settimanali di allenamento sono simili, ciò che differenzia i due gruppi sono sicuramente gli obiettivi, che per la pallamano è riuscire mandare la palla in porta e per la ginnastica è concludere l'esercizio senza errori, e gli esercizi con cui l'obiettivo viene raggiunto. In seguito ad un'osservazione di un allenamento si è potuto notare come nella pallamano il focus fosse principalmente nell'imparare strategie di gioco per riuscire a superare la difesa avversaria e tirare in porta nel modo più facile, facendo porre l'attenzione ai ragazzi a come si devono muovere loro in funzione dello schema degli avversari.

L'allenamento dei ginnasti prevede invece di porre costantemente grande attenzione a tutto il corpo (ad esempio dove vanno tenute le braccia, come tenere le gambe e i piedi), sia nel riscaldamento che nell'esercizio agli attrezzi attraverso l'allenamento dell'equilibrio e quello degli atterraggi controllati e stoppati anche su superfici instabili. Questo perché si tratta di uno sport in cui nella competizione non viene valutata solo l'esecuzione dell'esercizio in sé, ma anche il modo in cui viene eseguito; perciò, anche come tutto il corpo viene tenuto e coordinato.

Pertanto, si può ipotizzare che il risultato dei test sia influenzato da che cosa uno sport richiede e anche che cosa si allena, favorendo i ginnasti per il maggior allenamento propriocettivo.

La letteratura afferma che gli infortuni al ginocchio, specialmente al crociato anteriore, avvengono maggiormente negli sport in cui sono previsti contrasti fra giocatori oppure salti, atterraggi, manovre di decelerazione e rotazioni.[24,25]

Gli studi specifici nella pallamano condividono tale risultato pur essendo contrastanti circa il meccanismo d'infortunio da contatto piuttosto che da non contatto[26]

Nel contesto della ginnastica artistica, si osservano infortuni più frequenti associati a sindromi da sovraccarico o infiammazioni croniche.[27] Questo può essere attribuito in parte alla mancanza di contrasti con avversari, anche se non si può trascurare il considerevole stress che il lavoro implica alla muscolatura e le articolazioni.

Pertanto, si può pensare che, nella ginnastica artistica, lavorando maggiormente sulla coordinazione e propriocezione la natura degli infortuni sia prevalentemente di natura cronica, mentre negli sport di squadra, come la pallamano, sia più legata a contrasti, tantopiù che il lavoro propriocettivo sia minore perché non richiesto dalla tipologia di gioco.

Un'altra possibile spiegazione per le disparità nelle performance potrebbe derivare dall'analisi dell'azione richiesta e da quali elementi viene influenzata. Nella pallamano, dovendo scontrarsi con diversi avversari per raggiungere l'obiettivo, è richiesta una continua rielaborazione dell'azione, dovendo tener conto della disposizione dei compagni di squadra e di quella dei rivali, che potrebbe portare ad una performance di strategia ottima ma in cui l'attenzione verso il corpo passa in secondo piano, aumentando il rischio di infortunio. Nella ginnastica, non essendoci la necessità di modificare continuamente l'azione, l'atleta porta a termine un esercizio che conosce molto bene, che ha provato numerose volte nei mesi precedenti e che, salvo errori derivanti dalla persona stessa, non dovrebbero portare l'attenzione al corpo in secondo piano.

## **5.2 Limiti dello studio**

Le limitazioni relative al presente studio possono essere attribuite alle caratteristiche del campione preso in esame. Questo consisteva in due gruppi di soli sette individui ciascuno, di cui uno comprendeva quattro partecipanti di sesso femminile e tre di sesso maschile. Inoltre, è rilevante notare che il range d'età era molto ampio, suscitando interrogativi sull'eventuale influenza del fattore età nell'ambito della ricerca. Un'ulteriore restrizione deriva dal fatto che questo studio ha considerato esclusivamente gli atleti praticanti la pallamano come punto di riferimento per il confronto, sarebbe invece interessante effettuare il confronto con altre discipline sportive al fine di giungere a delle conclusioni più sicure.

## 6 CONCLUSIONI E PROPOSTA RIABILITATIVA

### 6.1 Conclusioni

La stabilità e la propiocezione sono caratteristiche derivanti da strutture anatomiche del corpo che ne permettono il corretto funzionamento. Nell'articolazione del ginocchio, ogni elemento presente contribuisce alla stabilità e alla funzionalità della struttura. In caso di lesione, le strutture adibite alla ricezione delle informazioni e alla loro trasmissione, potrebbero essere danneggiate, causando una deafferentazione che contribuisce ad alterare la cinestesia ed il senso di posizione.

In seguito alla somministrazione di tre test valutanti la propiocezione del ginocchio a sportivi praticanti la ginnastica artistica e la pallamano, i risultati sono a favore dei ginnasti, i quali sembrano avere più capacità propriocettive rispetto all'altro gruppo.

Per giustificare tale risultato si è ipotizzato che i diversi obiettivi nei due sport e i diversi esercizi che si praticano per raggiungerli, favoriscano i ginnasti per il maggior allenamento propriocettivo. Per lo stesso ragionamento, si può ipotizzare che un addestramento mirato alla percezione corporea e alla coordinazione possa contribuire a ridurre gli incidenti derivanti da situazioni di contrasto o in fase acuta, anche nell'ambito delle indagini sui traumi più frequenti.

In fine, l'ultima ipotesi riguarda l'attenzione che gli atleti sono tenuti a portare al corpo, fattore che è ben presente nel ginnasta che porta a termine l'esercizio che conosce bene, e meno presente nel giocatore di pallamano al quale viene richiesto di porre maggior attenzione alla strategia di gioco per riuscire a segnare in porta.

### 6.2 Proposta riabilitativa

I risultati ottenuti dal presente studio suggeriscono che gli atleti con maggior propiocezione potrebbero avere un rischio minore d'infortunarsi. In questo contesto la letteratura scientifica afferma che questa competenza, se allenata, può effettivamente contribuire alla prevenzione dell'infortunio. In particolare, sono stati condotti diversi studi sia nel contesto della pallamano che in altre discipline

sportive, i quali hanno evidenziato l'efficacia dell'allenamento propriocettivo nella prevenzione degli infortuni, con conseguente riduzione del tasso di infortuni rispetto all'anno precedente.[19,29]

Pertanto, sarebbe utile poter inserire durante l'allenamento della pallamano e in altri sport di squadra degli esercizi specifici di equilibrio, pliometria e stabilità, come tecniche di salto con atterraggi ponderati, utilizzo di superfici instabili per esercizi di rinforzo muscolare e propedeutici per lo sport, con l'obiettivo di migliorare la performance nella competizione abbassando il rischio d'infortunio.

## BIBLIOGRAFIA

1. Huxel Bliven KC, Anderson BE. Core stability training for injury prevention. *Sports Health*. novembre 2013;5(6):514–22.
2. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*. dicembre 1992;5(4):383–9; discussion 397.
3. Arnold BL. Neuromechanical Basis of Kinesiology. *J Athl Train*. 1997;32(2):178–9.
4. Morroni M. Anatomia funzionale e imaging -sistema locomotore-. Milano: Edi.Ermes;
5. Flandry F, Hommel G. Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports Med Arthrosc Rev*. giugno 2011;19(2):82–92.
6. Martini FH, Tallitsch RB, Nath JL. Anatomia Umana. Settima edizione. Napoli: EdiSES Università S.r.l;
7. Warren LF, Marshall JL. The supporting structures and layers on the medial side of the knee: an anatomical analysis. *J Bone Joint Surg Am*. gennaio 1979;61(1):56–62.
8. LaPrade RF, Engebretsen AH, Ly TV, Johansen S, Wentorf FA, Engebretsen L. The anatomy of the medial part of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. settembre 2007;89(9):2000–10.
9. LaPrade RF, Ly TV, Wentorf FA, Engebretsen L. The posterolateral attachments of the knee: a qualitative and quantitative morphologic analysis of the fibular collateral ligament, popliteus tendon, popliteofibular ligament, and lateral gastrocnemius tendon. *Am J Sports Med*. 2003;31(6):854–60.
10. Fu FH, Harner CD, Johnson DL, Miller MD, Woo SL. Biomechanics of knee ligaments: basic concepts and clinical application. *Instr Course Lect*. 1994;43:137–48.
11. Hassebrock JD, Gulbrandsen MT, Asprey WL, Makovicka JL, Chhabra A. Knee Ligament Anatomy and Biomechanics. *Sports Med Arthrosc Rev*. settembre 2020;28(3):80–6.
12. Harner CD, Xerogeanes JW, Livesay GA, Carlin GJ, Smith BA, Kusayama T, Kashiwaguchi S, Woo SL. The human posterior cruciate ligament complex: an interdisciplinary study. Ligament morphology and biomechanical evaluation. *Am J Sports Med*. 1995;23(6):736–45.
13. Kapandji AI. Anatomia funzionale II Arto inferiore. Sesta. Vol. II. Noceto: Monduzzi Editoriale;

14. Foster MA. *Chinesiologia Terapeutica*. 2015<sup>a</sup> ed. Padova: Piccin Nuova Libreria S.p.A.;
15. McGinty G, Irrgang JJ, Pezzullo D. Biomechanical considerations for rehabilitation of the knee. *Clin Biomech Bristol Avon*. marzo 2000;15(3):160–6.
16. Hillier S, Immink M, Thewlis D. Assessing Proprioception: A Systematic Review of Possibilities. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015;29(10):933–49.
17. Héroux ME, Butler AA, Robertson LS, Fisher G, Gandevia SC. Proprioception: a new look at an old concept. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1 marzo 2022;132(3):811–4.
18. Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med Auckl NZ*. marzo 1998;25(3):149–55.
19. Sannicandro I. *La propiocezione. Rapporti con la capacità di disequilibrio negli sport di situazione*. Perugia: Roberto Calzetti Editore; 2007.
20. Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med*. 1997;25(1):130–7.
21. Plisky P, Schwartkopf-Phifer K, Huebner B, Garner MB, Bullock G. Systematic Review and Meta-Analysis of the Y-Balance Test Lower Quarter: Reliability, Discriminant Validity, and Predictive Validity. *Int J Sports Phys Ther*. 2021;16(5):1190–209.
22. Jebreen M, Sole G, Arumugam A. Test-Retest Reliability of a Passive Joint Position Sense Test After ACL Reconstruction: Influence of Direction, Target Angle, Limb, and Outcome Measures. *Orthop J Sports Med*. marzo 2023;11(3):23259671231157351.
23. Hirano M, Katoh M, Gomi M, Arai S. Validity and reliability of isometric knee extension muscle strength measurements using a belt-stabilized hand-held dynamometer: a comparison with the measurement using an isokinetic dynamometer in a sitting posture. *J Phys Ther Sci*. febbraio 2020;32(2):120–4.
24. Boden BP, Sheehan FT. Mechanism of non-contact ACL injury: OREF Clinical Research Award 2021. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc*. marzo 2022;40(3):531–40.
25. Chia L, De Oliveira Silva D, Whalan M, McKay MJ, Sullivan J, Fuller CW, Pappas E. Non-contact Anterior Cruciate Ligament Injury Epidemiology in Team-Ball Sports: A Systematic Review with Meta-analysis by Sex, Age, Sport, Participation Level, and Exposure Type. *Sports Med Auckl NZ*. ottobre 2022;52(10):2447–67.
26. Vila H, Barreiro A, Ayán C, Antúnez A, Ferragut C. The Most Common Handball Injuries: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 27 agosto 2022;19(17):10688.

27. Desai N, Vance DD, Rosenwasser MP, Ahmad CS. Artistic Gymnastics Injuries; Epidemiology, Evaluation, and Treatment. *J Am Acad Orthop Surg*. 1 luglio 2019;27(13):459–67.
28. Hart E, Meehan WP, Bae DS, d'Hemecourt P, Stracciolini A. The Young Injured Gymnast: A Literature Review and Discussion. *Curr Sports Med Rep*. novembre 2018;17(11):366–75.
29. Petersen W, Zantop T, Steensen M, Hypa A, Wessolowski T, Hassenpflug J. [Prevention of lower extremity injuries in handball: initial results of the handball injuries prevention programme]. *Sportverletz Sportschaden Organ Ges Orthopadisch-Traumatol Sportmed*. settembre 2002;16(3):122–6.

## ALLEGATI

| PUNTEGGI Y BALANCE TEST PALLAMANO |       |       |                    |                     |                      |                    |                     |                      |
|-----------------------------------|-------|-------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| CAMPIONE                          | GB DX | GB SX | Y B DX FRONTE [cm] | Y B DX ESTERNO [cm] | Y B DX INCROGIO [cm] | Y B SX FRONTE [cm] | Y B SX ESTERNO [cm] | Y B SX INCROGIO [cm] |
| Alex                              | 97    | 96    | 96                 | 101                 | 97                   | 94                 | 96                  | 99                   |
| Nicola                            | 99    | 99    | 96                 | 104                 | 94                   | 101                | 100                 | 101                  |
| Martino                           | 100   | 99    | 102                | 96                  | 96                   | 97                 | 96                  | 91                   |
| Diego                             | 104   | 104   | 85                 | 105                 | 97                   | 83                 | 99                  | 92                   |
| Francesco                         | 81    | 81    | 82                 | 76                  | 79                   | 78                 | 85                  | 87                   |
| Michele                           | 92    | 93    | 91                 | 83                  | 80                   | 88                 | 79                  | 69                   |
| Federico                          | 87    | 87    | 86                 | 80                  | 74                   | 86                 | 76                  | 79                   |

Dati relativi all'Y balance test dei giocatori di pallamano

| GAMBA SINISTRA |               |          | GAMBA DESTRA |               |          |
|----------------|---------------|----------|--------------|---------------|----------|
| Campione       | Assoluta [cm] | Relativa | Campione     | Assoluta [cm] | Relativa |
| Alex           | 96,33         | 100%     | Alex         | 98,00         | 101%     |
| Nicola         | 100,67        | 102%     | Nicola       | 98,00         | 99%      |
| Martino        | 94,67         | 96%      | Martino      | 98,00         | 98%      |
| Diego          | 91,33         | 88%      | Diego        | 95,67         | 92%      |
| Francesco      | 83,33         | 103%     | Francesco    | 79,00         | 98%      |
| Michele        | 78,67         | 85%      | Michele      | 84,67         | 92%      |
| Federico       | 80,33         | 92%      | Federico     | 80,00         | 92%      |

Calcolo dei punteggi relativi all'Y balance test di entrambe le gambe dei giocatori di pallamano

| RISULTATI Y BALANCE TEST |       |            |       |
|--------------------------|-------|------------|-------|
| PALLAMANO                |       | GINNASTICA |       |
| GB DX                    | GB SX | GB DX      | GB SX |
| 96%                      | 95%   | 106%       | 106%  |

Risultati dell'analisi statistica

| RISULTATI JOINT POSITION TEST |        |    |    |        |    |    |        |    |    |
|-------------------------------|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|
| Campione                      | DX 30° |    |    | DX 60° |    |    | DX 50° |    |    |
| Alex                          | 30     | 31 | 29 | 62     | 61 | 61 | 48     | 49 | 50 |
| Nicola                        | 30     | 28 | 28 | 60     | 62 | 61 | 51     | 47 | 43 |
| Martino                       | 32     | 34 | 36 | 57     | 57 | 56 | 52     | 50 | 48 |
| Diego                         | 30     | 29 | 30 | 62     | 60 | 74 | 50     | 50 | 52 |
| Francesco                     | 31     | 31 | 30 | 59     | 61 | 59 | 50     | 54 | 50 |
| Michele                       | 32     | 33 | 33 | 58     | 57 | 55 | 48     | 47 | 42 |
| Federico                      | 31     | 32 | 32 | 58     | 54 | 59 | 52     | 52 | 52 |

| RISULTATI JOINT POSITION TEST |        |    |    |        |    |    |        |    |    |
|-------------------------------|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|
| Campione                      | SX 30° |    |    | SX 60° |    |    | SX 50° |    |    |
| Alex                          | 31     | 32 | 32 | 65     | 65 | 65 | 48     | 48 | 48 |
| Nicola                        | 34     | 34 | 32 | 49     | 52 | 51 | 50     | 48 | 46 |
| Martino                       | 27     | 31 | 36 | 66     | 59 | 58 | 52     | 49 | 49 |
| Diego                         | 31     | 33 | 34 | 61     | 62 | 61 | 52     | 50 | 51 |
| Francesco                     | 35     | 38 | 39 | 59     | 59 | 59 | 51     | 51 | 48 |
| Michele                       | 47     | 48 | 54 | 64     | 64 | 61 | 49     | 47 | 42 |
| Federico                      | 33     | 34 | 34 | 65     | 63 | 64 | 53     | 53 | 50 |

Risultati del Joint position sense test dei giocatori di pallamano

| RISULTATI JOINT POSITION TEST |             |       |
|-------------------------------|-------------|-------|
| Posizione                     | GB DX       | GB SX |
| 30°                           | 31,05       | 35,67 |
| 60°                           | 59,67       | 60,57 |
| 50°                           | 49,38       | 49,29 |
| <b>Totale</b>                 | <b>8,95</b> |       |

Analisi dei dati del Joint position sense test

| RISULTATI JOINT POSITION TEST |             |       |             |       |
|-------------------------------|-------------|-------|-------------|-------|
| Posizione                     | PALLAMANO   |       | GINNASTICA  |       |
|                               | GB DX       | GB SX | GB DX       | GB SX |
| 30°                           | 31,05       | 35,67 | 29,71       | 29,95 |
| 60°                           | 59,67       | 60,57 | 59,14       | 58,71 |
| 50°                           | 49,38       | 49,29 | 50,95       | 47,09 |
| <b>Totale</b>                 | <b>8,95</b> |       | <b>6,33</b> |       |

Analisi dei risultati del Joint position sense test sia dei giocatori di pallamano sia dei praticanti ginnastica artistica

| SITTING KNEE EXTENSION 90° FLEXION |          |       |       |       |       |       |             |          |       |       |       |       |
|------------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| Campione                           | GB DX    |       |       |       |       |       |             |          |       |       |       |       |
|                                    | Max [Kg] | 30°   |       |       |       |       | Riferimento | Max [Kg] | 60°   |       |       |       |
| Alex                               | 61,40    | 14,30 | 15,00 | 18,20 | 16,70 | 18,42 | 61,40       | 38,80    | 38,00 | 35,00 | 34,10 | 36,81 |
| Nicola                             | 65,70    | 13,80 | 11,70 | 16,50 | 14,50 | 19,71 | 65,70       | 23,80    | 25,30 | 29,10 | 24,60 | 39,42 |
| Martino                            | 34,20    | 14,70 | 11,70 | 12,30 | 11,90 | 10,26 | 31,00       | 23,40    | 19,50 | 20,70 | 20,90 | 18,60 |
| Diego                              | 47,60    | 12,20 | 12,60 | 10,10 | 10,70 | 14,28 | 44,90       | 15,80    | 17,20 | 13,30 | 15,10 | 26,94 |
| Francesco                          | 23,30    | 5,90  | 8,10  | 6,20  | 20,70 | 6,99  | 25,30       | 13,80    | 12,30 | 13,50 | 13,50 | 15,18 |
| Michele                            | 24,30    | 5,30  | 7,10  | 6,30  | 7,40  | 7,29  | 24,30       | 7,60     | 7,50  | 7,60  | 7,90  | 14,58 |
| Federico                           | 29,20    | 6,30  | 6,50  | 6,20  | 5,80  | 8,76  | 27,40       | 14,00    | 15,70 | 13,90 | 14,50 | 16,44 |

| SITTING KNEE EXTENSION 90° FLEXION |          |       |       |       |       |       |             |          |       |       |       |       |
|------------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| Campione                           | GB SX    |       |       |       |       |       |             |          |       |       |       |       |
|                                    | Max [Kg] | 30°   |       |       |       |       | Riferimento | Max [Kg] | 60°   |       |       |       |
| Alex                               | 64,90    | 19,20 | 18,60 | 18,40 | 18,90 | 19,47 | 64,90       | 31,00    | 35,30 | 30,30 | 32,60 | 38,94 |
| Nicola                             | 60,00    | 17,60 | 16,10 | 12,70 | 14,30 | 18,00 | 60,00       | 24,50    | 26,90 | 23,40 | 24,70 | 36,00 |
| Martino                            | 41,00    | 14,90 | 17,10 | 15,80 | 18,40 | 12,30 | 40,10       | 27,90    | 28,40 | 26,40 | 30,20 | 24,06 |
| Diego                              | 40,80    | 17,80 | 13,00 | 9,90  | 11,20 | 12,24 | 40,50       | 21,20    | 16,20 | 19,10 | 20,20 | 24,30 |
| Francesco                          | 23,00    | 8,10  | 8,20  | 7,40  | 8,40  | 6,90  | 23,80       | 11,50    | 15,90 | 11,50 | 12,10 | 14,28 |
| Michele                            | 24,00    | 5,20  | 5,40  | 5,30  | 5,40  | 7,20  | 20,00       | 6,50     | 6,90  | 7,10  | 6,40  | 12,00 |
| Federico                           | 25,50    | 6,70  | 7,80  | 6,20  | 6,60  | 7,65  | 23,10       | 14,30    | 14,30 | 14,40 | 15,30 | 13,86 |

Risultati del test di forza del quadricipite dei giocatori di pallamano

| SITTING KNEE EXTENSION 90° FLEXION |          |       |       |       |       |       |             |          |       |       |       |       |
|------------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| Campione                           | GB SX    |       |       |       |       |       |             |          |       |       |       |       |
|                                    | Max [Kg] | 30°   |       |       |       |       | Riferimento | Max [Kg] | 60°   |       |       |       |
| Alex                               | 64,90    | 19,20 | 18,60 | 18,40 | 18,90 | 19,47 | 64,90       | 31,00    | 35,30 | 30,30 | 32,60 | 38,94 |
| Nicola                             | 60,00    | 17,60 | 16,10 | 12,70 | 14,30 | 18,00 | 60,00       | 24,50    | 26,90 | 23,40 | 24,70 | 36,00 |
| Martino                            | 41,00    | 14,90 | 17,10 | 15,80 | 18,40 | 12,30 | 40,10       | 27,90    | 28,40 | 26,40 | 30,20 | 24,06 |
| Diego                              | 40,80    | 17,80 | 13,00 | 9,90  | 11,20 | 12,24 | 40,50       | 21,20    | 16,20 | 19,10 | 20,20 | 24,30 |
| Francesco                          | 23,00    | 8,10  | 8,20  | 7,40  | 8,40  | 6,90  | 23,80       | 11,50    | 15,90 | 11,50 | 12,10 | 14,28 |
| Michele                            | 24,00    | 5,20  | 5,40  | 5,30  | 5,40  | 7,20  | 20,00       | 6,50     | 6,90  | 7,10  | 6,40  | 12,00 |
| Federico                           | 25,50    | 6,70  | 7,80  | 6,20  | 6,60  | 7,65  | 23,10       | 14,30    | 14,30 | 14,40 | 15,30 | 13,86 |

Calcolo della percentuale di discostamento dei giocatori di pallamano

| RISULTATI           |            |       |
|---------------------|------------|-------|
|                     | GB DX      | GB SX |
| 30°                 | 24%        | 16%   |
| 60°                 | 23%        | 21%   |
| <b>Media totale</b> | <b>21%</b> |       |

Risultati dell'analisi statistica del gruppo di pallamano

| PUNTEGGI Y BALANCE TEST GINNASTICA ARTISTICA |                   |                    |                     |                      |                    |                     |                      |
|--|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| CAMPIONE                                     | LUNGHEZZE GB [cm] | Y B DX FRONTE [cm] | Y B DX ESTERNO [cm] | Y B DX INCROCIO [cm] | Y B SX FRONTE [cm] | Y B SX ESTERNO [cm] | Y B SX INCROCIO [cm] |
| Giada  | 88                | 86                 | 98                  | 92                   | 74                 | 89                  | 88                   |
| Lucia  | 78                | 78                 | 78                  | 78                   | 81                 | 81                  | 82                   |
| Eleonora                                     | 88                | 86                 | 93                  | 86                   | 87                 | 83                  | 90                   |
| Giulia                                       | 84                | 89                 | 87                  | 87                   | 92                 | 88                  | 82                   |
| Michele                                      | 82                | 88                 | 99                  | 97                   | 97                 | 99                  | 99                   |
| Jacob  | 83                | 80                 | 88                  | 85                   | 84                 | 85                  | 79                   |
| Eros   | 69                | 80                 | 81                  | 84                   | 79                 | 82                  | 83                   |

Dati relativi all'Y balance test eseguito dai praticanti la ginnastica artistica

| GAMBA SINISTRA |               |          | GAMBA DESTRA |               |          |
|----------------|---------------|----------|--------------|---------------|----------|
| Campione       | Assoluta [cm] | Relativa | Campione     | Assoluta [cm] | Relativa |
| Giada          | 83,67         | 95%      | Giada        | 92            | 105%     |
| Lucia          | 81,33         | 104%     | Lucia        | 78            | 100%     |
| Eleonora       | 86,67         | 98%      | Eleonora     | 88,33         | 100%     |
| Giulia         | 87,33         | 104%     | Giulia       | 87,67         | 104%     |
| Michele        | 98,33         | 120%     | Michele      | 94,67         | 115%     |
| Jacob          | 82,67         | 100%     | Jacob        | 84,33         | 102%     |
| Eros           | 81,33         | 118%     | Eros         | 81,67         | 118%     |

Punteggi relativi all'Y balance test della ginnastica artistica

| RISULTATI Y BALANCE TEST |       |            |       |
|--------------------------|-------|------------|-------|
| PALLAMANO                |       | GINNASTICA |       |
| GB DX                    | GB SX | GB DX      | GB SX |
| 96%                      | 95%   | 106%       | 106%  |

Risultati dell'analisi statistica di entrambi i gruppi testati

| RISULTATI JOINT POSITION TEST |        |    |    |        |    |    |        |    |    |
|-------------------------------|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|
| Campione                      | DX 30° |    |    | DX 60° |    |    | DX 50° |    |    |
| Giada                         | 32     | 34 | 30 | 61     | 59 | 59 | 50     | 52 | 50 |
| Lucia                         | 28     | 25 | 22 | 51     | 54 | 53 | 55     | 53 | 55 |
| Eleonora                      | 26     | 25 | 25 | 58     | 60 | 61 | 47     | 49 | 50 |
| Giulia                        | 29     | 27 | 29 | 59     | 59 | 58 | 49     | 49 | 50 |
| Michele                       | 27     | 30 | 30 | 54     | 54 | 57 | 47     | 48 | 48 |
| Jacob                         | 37     | 43 | 43 | 62     | 67 | 61 | 52     | 52 | 50 |
| Eros                          | 25     | 26 | 31 | 64     | 64 | 67 | 53     | 54 | 57 |

| RISULTATI JOINT POSITION TEST |        |    |    |        |    |    |        |    |    |
|-------------------------------|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|
| Campione                      | SX 30° |    |    | SX 60° |    |    | SX 50° |    |    |
| Giada                         | 32     | 29 | 31 | 61     | 60 | 63 | 40     | 39 | 38 |
| Lucia                         | 23     | 23 | 24 | 52     | 48 | 50 | 41     | 39 | 39 |
| Eleonora                      | 30     | 29 | 29 | 64     | 69 | 69 | 49     | 48 | 48 |
| Giulia                        | 28     | 29 | 28 | 60     | 58 | 62 | 55     | 53 | 51 |
| Michele                       | 33     | 35 | 35 | 59     | 58 | 60 | 50     | 50 | 47 |
| Jacob                         | 31     | 30 | 34 | 61     | 62 | 57 | 47     | 49 | 49 |
| Eros                          | 27     | 35 | 34 | 57     | 49 | 54 | 53     | 50 | 54 |

Dati relativi al Joint position sense test della ginnastica artistica

| RISULTATI JOINT POSITION TEST |             |       |             |       |
|-------------------------------|-------------|-------|-------------|-------|
| Posizione                     | PALLAMANO   |       | GINNASTICA  |       |
|                               | GB DX       | GB SX | GB DX       | GB SX |
| 30°                           | 31,05       | 35,67 | 29,71       | 29,95 |
| 60°                           | 59,67       | 60,57 | 59,14       | 58,71 |
| 50°                           | 49,38       | 49,29 | 50,95       | 47,09 |
| <b>Totale</b>                 | <b>8,95</b> |       | <b>6,33</b> |       |

Risultati dell'analisi statistica di entrambi i gruppi testati

| SITTING KNEE EXTENSION 90° FLEXION |          |      |      |      |      |       |             |          |      |      |      |       |             |
|------------------------------------|----------|------|------|------|------|-------|-------------|----------|------|------|------|-------|-------------|
| Campione                           | GB DX    |      |      |      |      |       |             |          |      |      |      |       |             |
|                                    | Max [Kg] | 30°  |      |      |      |       | Riferimento | Max [Kg] | 60°  |      |      |       | Riferimento |
|                                    |          |      |      |      |      |       |             |          |      |      |      |       |             |
| Giada                              | 37,9     | 10,1 | 9,4  | 11,3 | 9,7  | 11,91 | 40,5        | 19       | 18,2 | 22,3 | 20,4 | 24,3  |             |
| Lucia                              | 19       | 5,5  | 5,5  | 8    | 6,2  | 5,7   | 26,9        | 16,2     | 16,5 | 16,3 | 16,4 | 16,14 |             |
| Eleonora                           | 32       | 11,9 | 13,3 | 12,4 | 13   | 9,6   | 31,7        | 23,2     | 21   | 19   | 20   | 19,02 |             |
| Giulia                             | 20,4     | 14,3 | 11,8 | 10,1 | 11,2 | 6,12  | 22,4        | 15,2     | 18,7 | 17,2 | 13,6 | 13,44 |             |
| Michele                            | 24,3     | 5,3  | 7,1  | 6,3  | 7,4  | 7,29  | 24,3        | 7,6      | 7,5  | 7,6  | 7,9  | 14,58 |             |
| Jacob                              | 27,7     | 10,7 | 6,7  | 6,1  | 6,6  | 8,31  | 28,1        | 15,1     | 13,7 | 14,9 | 13,3 | 16,86 |             |
| Eros                               | 16,4     | 4,3  | 3,6  | 3,5  | 3,7  | 4,92  | 16,2        | 8,6      | 7,9  | 8,5  | 7,2  | 9,72  |             |

| SITTING KNEE EXTENSION 90° FLEXION |       |      |      |      |       |             |          |      |      |      |       |             |
|------------------------------------|-------|------|------|------|-------|-------------|----------|------|------|------|-------|-------------|
| Max [Kg]                           | GB SX |      |      |      |       |             |          |      |      |      |       |             |
|                                    | 30°   |      |      |      |       | Riferimento | Max [Kg] | 60°  |      |      |       | Riferimento |
|                                    |       |      |      |      |       |             |          |      |      |      |       |             |
| 32,9                               | 8,4   | 8,9  | 10,8 | 9,8  | 9,87  | 33,7        | 19       | 21,2 | 20,3 | 22   | 20,22 |             |
| 21,1                               | 7,1   | 5,9  | 6,2  | 5,5  | 6,33  | 32,2        | 19,8     | 26,2 | 23,8 | 20,4 | 19,32 |             |
| 35,1                               | 14,5  | 14,3 | 12,5 | 12,6 | 10,53 | 32,6        | 16,4     | 16,9 | 20   | 14   | 19,56 |             |
| 17,9                               | 11    | 7,6  | 9,5  | 7,3  | 5,37  | 22,9        | 15,8     | 14,4 | 15   | 17,3 | 13,74 |             |
| 24                                 | 5,2   | 5,4  | 5,3  | 5,4  | 7,2   | 20          | 6,5      | 6,9  | 7,1  | 6,4  | 12    |             |
| 20,1                               | 7,1   | 6,8  | 7,1  | 7,8  | 6,03  | 23,1        | 13,5     | 11,2 | 12,5 | 11   | 13,86 |             |
| 20                                 | 4,2   | 4,3  | 4,4  | 5,3  | 6     | 17,4        | 12,7     | 8,9  | 10,6 | 10,3 | 10,44 |             |

Dati relativi al test di forza del quadricipite della ginnastica artistica

| Campione | SITTING KNEE EXTENSION 90° FLEXION - GINNASTICA |                    |        |                    |        |                    |        |                    |
|----------|---|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|
|          | GB DX   |                    |        |                    | GB SX  |                    |        |                    |
|          | 30°   |                    | 60°    |                    | 30°    |                    | 60°    |                    |
|          | Media   | % di discostamento | Media  | % di discostamento | Media  | % di discostamento | Media  | % di discostamento |
| Atleta 1 | 10,125  | 85%                | 19,975 | 82%                | 9,475  | 96%                | 20,625 | 102%               |
| Atleta 2 | 6,3   | 111%               | 16,35  | 101%               | 6,175  | 98%                | 22,55  | 117%               |
| Atleta 3 | 12,65   | 132%               | 20,8   | 109%               | 13,475 | 128%               | 16,825 | 86%                |
| Atleta 4 | 11,85   | 194%               | 16,175 | 120%               | 8,85   | 165%               | 15,625 | 114%               |
| Atleta 5 | 6,525   | 90%                | 7,65   | 52%                | 5,325  | 74%                | 6,725  | 56%                |
| Atleta 6 | 7,525   | 91%                | 14,25  | 85%                | 7,2    | 119%               | 12,05  | 87%                |
| Atleta 7 | 3,775   | 77%                | 8,05   | 83%                | 4,55   | 76%                | 10,625 | 102%               |

Calcolo della percentuale di discostamento

|                     | RISULTATI  |       |
|---------------------|------------|-------|
|                     | GB DX      | GB SX |
| 30°                 | 28%        | 24%   |
| 60°                 | 18%        | 15%   |
| <b>Media totale</b> | <b>21%</b> |       |

Risultati dell'analisi statistica del test di forza del quadricipite dei ginnasti

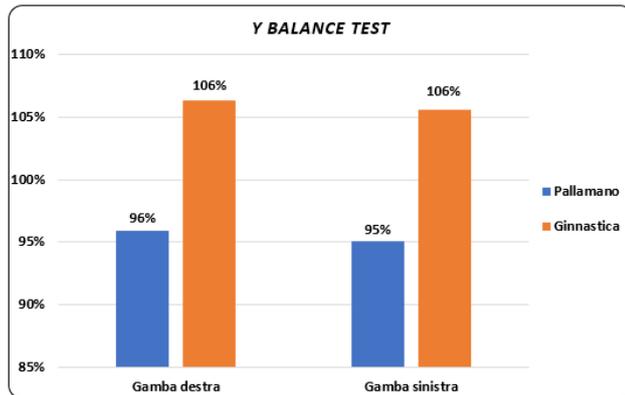


Grafico ottenuto dai risultati dell'Y balance test di entrambi i gruppi

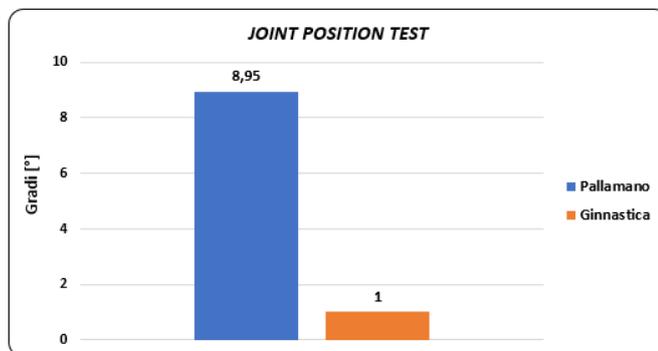


Grafico ottenuto dai risultati del Joint position sense test di entrambi i gruppi

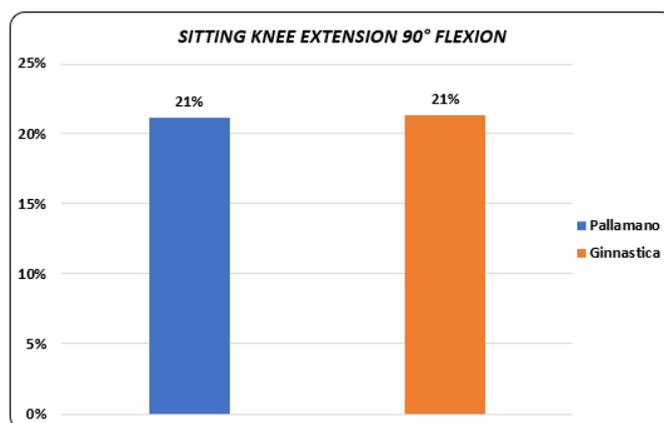


Grafico ottenuto dai risultati del test di forza del quadricipite di entrambi i gruppi