



**Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici
Università degli Studi di Genova**

TESI DI MASTER

**Propriocezione degli arti superiori ed equilibrio sulle braccia:
studio su soggetti sani ed atleti di elite di mountain bike**

Relatore: TdR Roberto Gatti

Co-relatore: TdR Andrea Tettamanti

Candidato: Lorenzo Visconti

Anno accademico 2006-2007

...A Miky...

Indice

Introduzione.....	4
Materiali e metodi.....	6
Risultati.....	14
Discussione.....	18
Bibliografia.....	20

1. Introduzione

Il termine propriocezione indica la capacità di riconoscere un movimento, sia esso attivo o passivo: è quindi la percezione sia della tensione muscolare, sia della posizione dell'articolazione (1,2). E' il risultato di impulsi verso il sistema nervoso centrale da parte di terminazioni nervose specializzate a generare un impulso quando avvertono uno stimolo meccanico, (queste terminazioni nervose vengono chiamate a proposito "meccanocettori") le quali si trovano nell'articolazione, nella capsula articolare, nei legamenti, nei muscoli e nella cute (3).

Diversi autori hanno studiato la propriocezione della spalla intesa come percezione della posizione dell'articolazione nello spazio (4,5). Alcuni hanno studiato la percezione dell'articolazione nello spazio in soggetti con lesioni della spalla (6) altri hanno descritto come il senso di posizione peggiori con l'invecchiamento, probabilmente per la maggior lassità del tessuto connettivo (7).

La propriocezione ha una funzione cardine nel corretto funzionamento del sistema muscolo scheletrico ed è descritto come diverse disfunzioni trovino terreno fertile per la loro insorgenza in una alterazione del sistema di trasmissione e integrazione degli impulsi propriocettivi (8-9).

La letteratura suggerisce come la buona pratica clinica si possa avvantaggiare della comprensione degli effetti dell'invecchiamento, dell'esercizio o di una lesione sulla propiocezione. (10).

A differenza delle informazioni che si hanno a proposito del ruolo della propiocezione in attività funzionali negli arti inferiori (11-12), c'è una scarsità di studi che descrivono il ruolo della propiocezione in attività funzionali negli arti superiori. Per esempio non ci sono studi a proposito del collegamento che ci potrebbe essere tra la propiocezione della spalla e la capacità di mantenere l'equilibrio sugli arti superiori. Questa capacità di collegamento è estremamente importante nel caso, per esempio, degli atleti della mountain-bike, che utilizzano le spalle per controllare l'equilibrio del loro corpo e della bicicletta (attraverso il manubrio) mentre percorrono terreni irregolari.

L'obiettivo di questo lavoro era di studiare la propiocezione della spalla, l'equilibrio sulle braccia (e la loro eventuale correlazione), in un gruppo di atleti di elite di mountain bike e in un gruppo di controllo composto da soggetti atletici che però non utilizzavano prevalentemente le braccia durante le loro attività sportive.

2. Materiali e metodi

2.2 Caratteristiche dei campioni

Hanno partecipato allo studio 20 soggetti di sesso maschile. Dodici di questi sono stati scelti attraverso una randomizzazione tra i fisioterapisti dell'ospedale San Raffaele e gli studenti del Corso di Laurea in Fisioterapia, quattro sono maestri di mountain bike e quattro sono atleti professionisti della nazionale italiana di mountain-bike.

Per essere inclusi nello studio i partecipanti dovevano essere maggiorenni, non presentare in concomitanza alle misurazioni nessun disturbo muscoloscheletrico, e nessun problema agli arti superiori.

Il gruppo di studio, inoltre, è composto da soggetti che devono aver percorso ogni anno con la mountain-bike almeno 3.000 km e 50.000 mt di dislivello.

Prima di iniziare lo studio è stato chiesto ad ogni partecipante di indicare il proprio arto dominante.

2.2.1 Disegno sperimentale

I soggetti hanno sostenuto due test che hanno provato una volta mezz'ora prima dell'acquisizione:

- il *Limb repositioning test (LRTest)* (13) *modificato*
- il *Ball Balancing Test (BBTest)*

L'ordine di somministrazione dei due test è fisso: per primo il LRTest, quindi il BBTest. Questa esigenza nasce dalla descrizione presente in letteratura di un' alterata capacità di percepire la posizione articolare della spalla in seguito ad affaticamento muscolare (14) Le istruzioni verbali riguardo i due test e le dimostrazioni del movimento sono presentate all'inizio della sessione secondo un protocollo prestabilito.

Limb-repositioning test (LR Test) modificato

Il soggetto è seduto su una sedia con il tronco appoggiato allo schienale al centro di un' area rettangolare, circondato da sei telecamere ad infrarossi e gli occhi coperti da una mascherina, con posizionato un marker sulla testa del III metacarpo. Gli arti superiori sono appoggiati alle cosce, la mano è pronata di modo che il palmo sia rivolto al pavimento, le dita sono estese, il gomito è esteso.

Il test richiede di assumere (flettendo la spalla, ed evitando i limiti estremi) una determinata posizione (target) nello spazio compresa tra i 90 e i 180° di flessione sul piano sagittale dell'articolazione

scapolo omerale e di ripeterla per dieci volte, ogni volta ritornando alla posizione di partenza con la mano appoggiata alla coscia.

Il rationale per aver scelto una serie di dieci ripetizioni è duplice. Innanzi tutto, la letteratura descrive come la propriocezione influisca in maniera importante nella capacità di coordinarsi per ripetere movimenti ciclici (15); inoltre è importante possedere un sufficiente numero di acquisizioni per poter effettuare in modo adeguato la stima dell'errore.

Il test ha inizio dopo tre secondi, la velocità di esecuzione è libera, il soggetto esegue nove movimenti di elevazione verso la posizione target, le ripetizioni non vengono contate dal soggetto, ma dall'esaminatore.

Una volta terminati i dieci movimenti, lo stesso test viene effettuato sull'arto controlaterale; l'ordine di esecuzione (arto superiore destro/sinistro) è randomizzato.



Ball Balancing Test (BBTest)

Il soggetto è prono, con il bacino appoggiato ad un pallone del diametro di 75cm con gli occhi chiusi da una mascherina, i piedi incrociati tra loro e sollevati da terra, gli arti superiori perpendicolari rispetto al pavimento (gomiti estesi, mani chiuse a pugno ed unite con il pollice mantenuto all'interno del pugno e palmo rivolto all'interno). Le mani sono protette a discrezione del partecipante da un paio di guanti da ciclismo e appoggiate con la prima falange ad una piattaforma di forza di Kistler.

L'acquisizione ha inizio quando il soggetto riferisce di aver trovato una posizione stabile (viene dato un tempo massimo di venti secondi, dopodiché l'acquisizione dei dati viene avviata ugualmente). In caso di perdita di equilibrio, la prova viene ripetuta ed il numero di cadute annotato.

Le acquisizioni sono intervallate da due minuti di pausa; il test viene ritenuto concluso nel momento in cui il soggetto è stato in grado di effettuare un numero di tre prove valide.



BBTest

2.2.2 Acquisizione dei dati

Per l'acquisizione dei dati di cinematica e dinamica è stato utilizzato un sistema Elite (BTS milano) dotato di 6 telecamere a infrarossi e markers passivi per la ricostruzione cinematica e due piattaforme Kistler per i dati di dinamica.

La frequenza di campionamento dei dati di cinematica e dinamica è stata di 100 Hz.

2.2.3 Trattamento dei dati

Cinematica

Nel LRTest è stato misurato l'errore di riposizionamento dell'arto superiore nei tre piani dello spazio (trasversale (asse X);frontale (asse Y);sagittale (asse Z)) durante i movimenti ripetuti. L'errore medio nel posizionamento della mano è stato determinato osservando il punto di inversione della traiettoria del marker sull'asse Y e considerando i valori sui tre assi rispetto alla prima posizione di riferimento presa dal soggetto.

L'errore medio per ogni arto è stato calcolato con la seguente formula:

$$\frac{\sum_{n=2}^{10} \sqrt{(x_n - x_{n-1})^2 + (y_n - y_{n-1})^2 + (z_n - z_{n-1})^2}}{9}$$

X, Y e Z rappresentano le coordinate nello spazio tridimensionale ed N il numero di ripetizioni (13).

Questo metodo fornisce una stima dell'errore globale tale che l'errore per ogni coordinata sia rappresentato equamente nel totale.

Ogni valore misurato viene confrontato con il precedente: la seconda ripetizione con la prima, la terza con la seconda e così di seguito. La posizione target non è inclusa nel calcolo per via delle differenze riportate in letteratura tra il senso di posizione statico e dinamico (16).

Per ogni soggetto è stata considerata la media totale degli errori, calcolata come media tra i due arti.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata tramite il programma Biomech, la successiva elaborazione tramite Tracklab e Smart Analyzer.

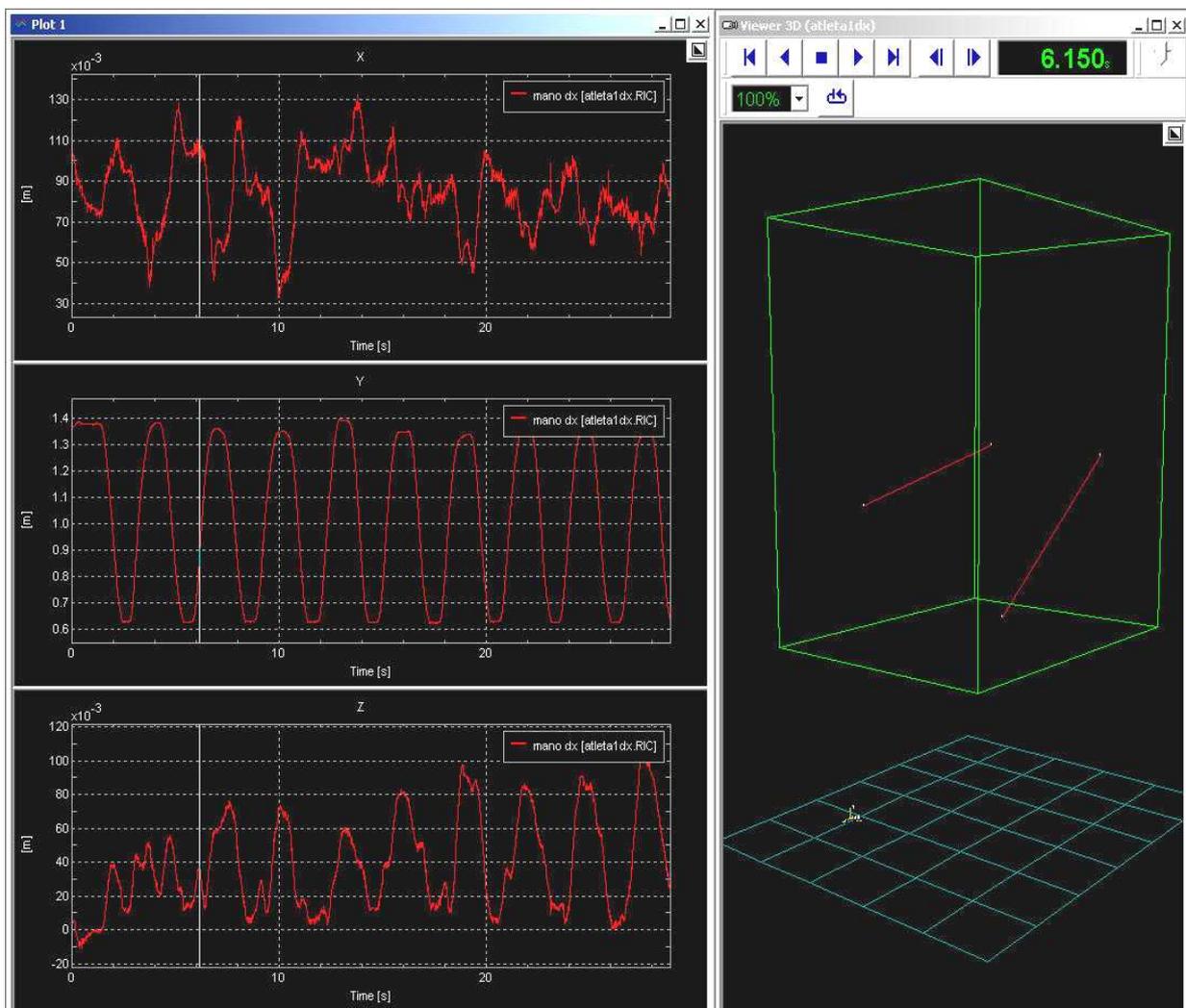
Dinamica

Le variabili considerate nel BBTest sono la varianza dello spostamento in direzione antero-posteriore e medio-laterale del centro di pressione e l'area equivalente ovvero l'area coperta dal centro di pressione sul piano della piattaforma (17) (calcolata come somma di aree: la singola area è l'area di un triangolo in cui

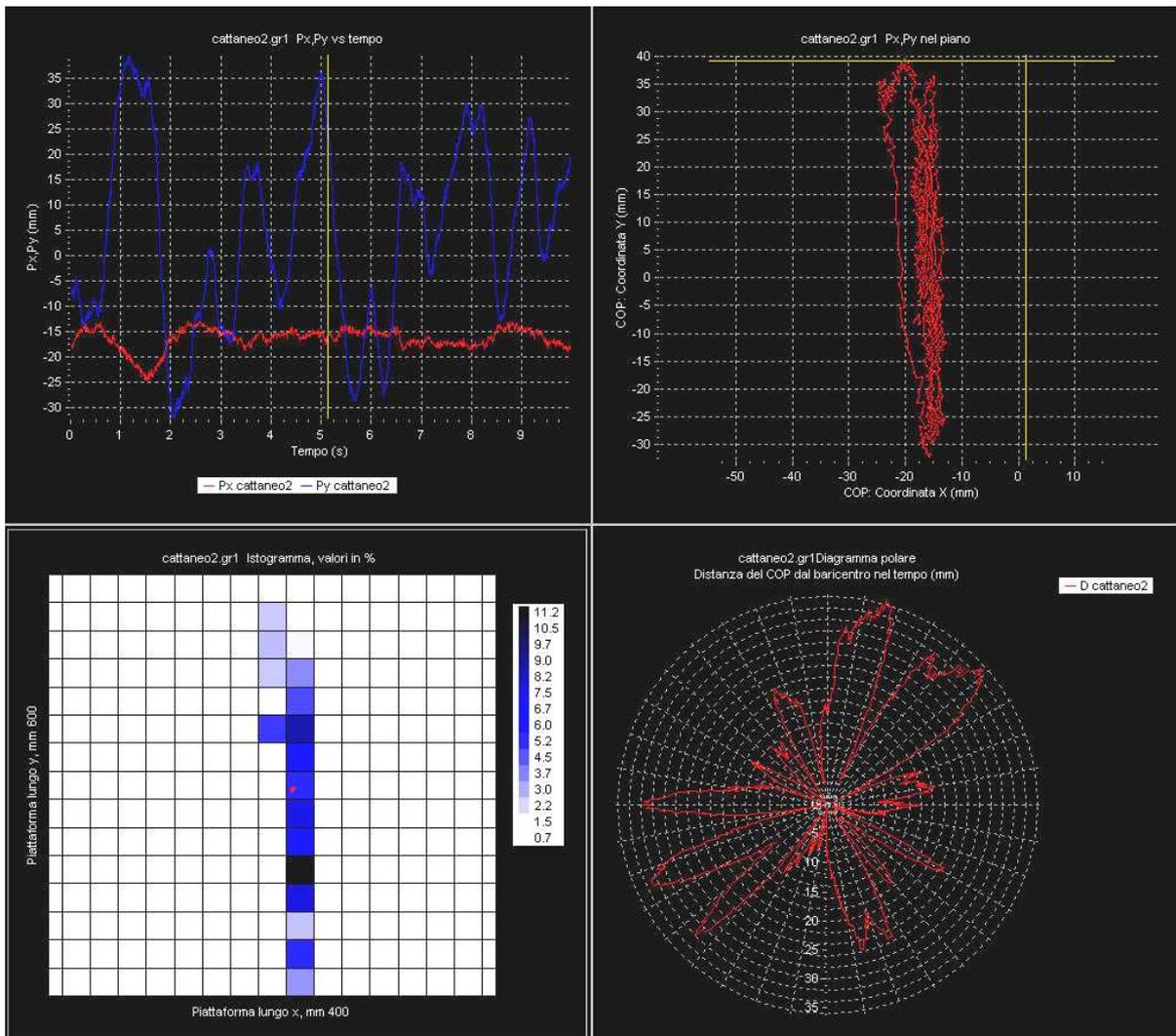
i vertici sono il baricentro, il centro di pressione (COP) all'istante 1 e il centro di pressione all'istante $i+1$).

Nel test i valori per ogni soggetto sono ottenuti dalla media delle tre prove.

L'elaborazione dei dati di dinamica è stata effettuata tramite il programma Sway.



*LRTTest
(SMART ANALYZER: software per l'elaborazione delle acquisizioni)*



BBTest

(SWAY: software per l'elaborazione delle acquisizioni)

2.2.4 Analisi statistica

Considerata la numerosità del campione l'analisi statistica è stata effettuata tramite test non parametrici

La correlazione tra il LRTest e il BBTest è stata calcolata separatamente tra i due gruppi utilizzando il test di Spearman , e la significatività è stata posta per valori inferiori a 0,05.

Per il confronto tra gli atleti di Mountain-Bike e il gruppo di controllo è stato utilizzato il Mann-Whitney test.

3. Risultati

I due gruppi erano omogenei per quello che concerne il peso corporeo ($71 \text{ kg} \pm 4.8$) e l'altezza ($175.5 \text{ cm} \pm 6.8$), ma non per quello che riguarda l'età: i soggetti all'interno del gruppo dei bikers avevano una media di 34.5 ± 7.58 anni, mentre nel gruppo di controllo la media era di 26.6 ± 5.25 anni ($p= 0.033$).

Nel gruppo di controllo sei soggetti giocavano a calcio, uno era un nuotatore e tre erano studenti universitari che non praticavano sport.

I soggetti del gruppo di controllo hanno effettuato 37 prove di modo da ottenere 30 misure valide nel BBTest.

I soggetti che non sono stati in grado di mantenere l'equilibrio sulle braccia alla prima prova del BBTest sono stati il 33 % del gruppo di controllo e il 37 % per quello che riguarda il gruppo dei biker.

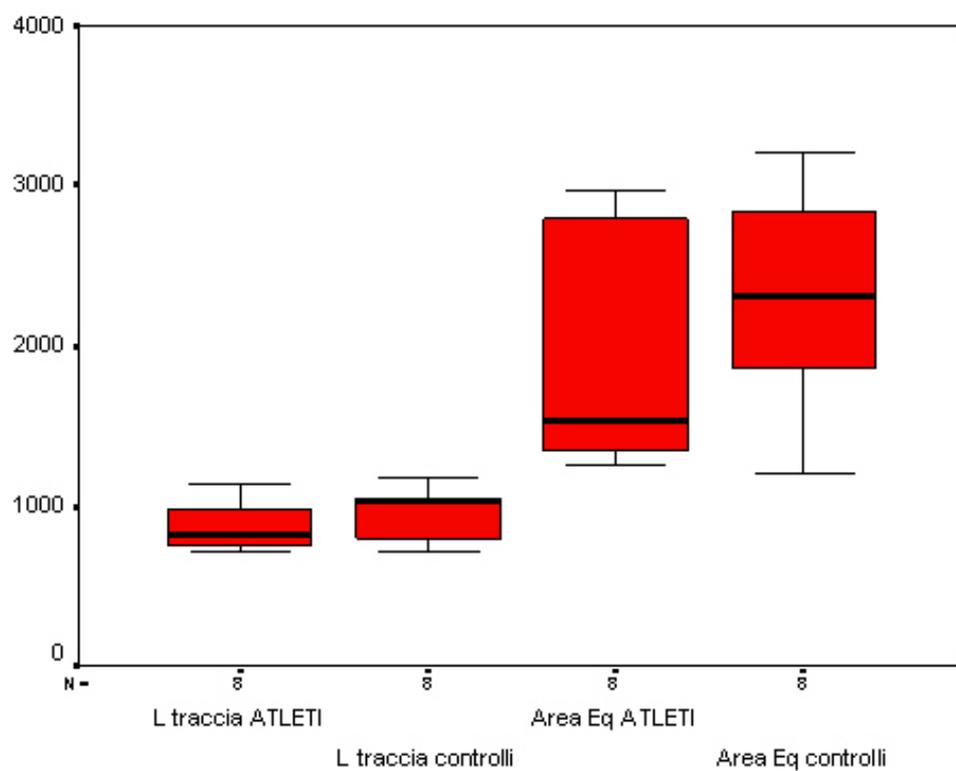
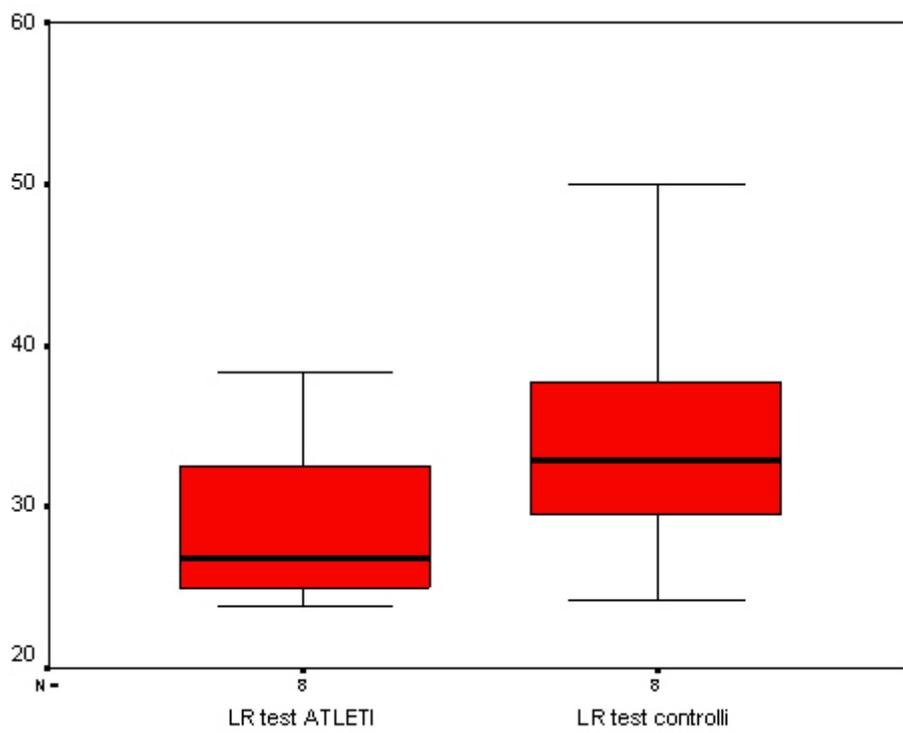
Durante il BBTest i bikers rispetto al gruppo di controllo hanno oscillato meno in direzione antero posteriore ($5.04 \pm 5.40 \text{ mm}$ vs $5.81 \pm 3.12\text{mm}$) e laterale ($154.01 \pm 89.7 \text{ mm}$ vs $222.53 \pm 57.6 \text{ mm}$), la lunghezza del tracciato è risultata minore ($868.85 \pm 148.3 \text{ mm}$ vs $982.86 \pm 147.57\text{mm}$) così come l'area equivalente ($1938.75 \pm 764.84 \text{ mm}^2$ vs $2454.24 \pm 625.67 \text{ mm}^2$), rispetto al

gruppo di controllo; nonostante questo le differenze non risultano statisticamente significative.

Nel LRTest, invece l'errore di riposizionamento dell'arto superiore nello spazio era significativamente minore nel gruppo di atleti, rispetto al gruppo di controllo (28.83 ± 5.17 mm vs 36.11 ± 8.39 mm; $p= 0.045$).

La prestazione nel LRTest non correla in nessuno dei due gruppi con i valori del BBtest.

	<i>Gruppo dei bikers</i>	<i>Gruppo di controllo</i>
BBTest Oscillazioni antero-posteriore centro di pressione (APCOP) (mm)	5.04 ± 5.4	5.81 ± 3.12
BBTest Oscillazioni trasversali centro di pressione (LCOP) (mm)	154.01 ± 89.7	222.53 ± 57.6
BBTest Lunghezza tracciato (Ltrack) (mm)	868.85 ± 148.3	982.86 ± 147.57
BBTest AREA (mm ²)	1938.75 ± 764.84	2454.24 ± 625.67
LRTest	28.83 ± 5.17	36.11 ± 8.39



4. Discussione

Gli atleti della mountain-bike si sono comportati meglio sia nel BBTest per misurare la capacità di mantenere l'equilibrio sulle braccia, sia nel LRTest per misurare, grazie alla propriocezione, la capacità di riprodurre il movimento della spalla nello spazio. La letteratura descrive un collegamento tra la propriocezione e il mantenimento dell'equilibrio per compiti che riguardano gli arti inferiori, non ci sono studi a riguardo sugli arti superiori: il fatto di dover mantenere l'equilibrio ed il controllo della bici su terreni sconnessi tramite l'azione degli arti superiori sul manubrio farebbe pensare a una migliore capacità di controllo di questi ultimi da parte degli atleti della mountain-bike rispetto alla popolazione normale.

La correlazione tra i due test non è significativa in nessuno dei due gruppi, il che suggerisce che per un buon controllo dell'equilibrio sugli arti superiori la propriocezione non sia l'unica variabile in gioco, ma venga integrata a livello centrale assieme a molte altre informazioni che arrivano dal sistema visivo e vestibolare, come d'altronde succede con il controllo dell'equilibrio sugli arti inferiori (18).

L'età media dei soggetti facenti parte il gruppo dei biker era più alta (34.5 ± 7.58 anni vs 26.6 ± 5.25 anni) rispetto a quella del

gruppo di controllo, e questo va sottolineato in virtù del fatto che la letteratura descrive come la propriocezione dovrebbe peggiorare con l'avanzare dell'età (7).

I risultati degli atleti nelle misurazioni potrebbero essere dovuti al fatto di possedere una maggior forza negli arti superiori (19) o anche a predisposizione genetica tipica degli atleti di alto livello (20); è comunque importante sottolineare come i ciclisti sviluppino maggiormente la resistenza rispetto alla forza, inoltre in aggiunta ai quattro atleti della nazionale italiana facevano parte del gruppo dei biker anche quattro soggetti che per diversi anni hanno praticato mountain-bike intensamente, ma non erano campioni e nessuna differenza di propriocezione o capacità di mantenere l'equilibrio sulle braccia è stata rilevata in questi due gruppi di ciclisti.

Si potrebbe pensare che la differenza nei risultati tra i due gruppi di studio sia connessa all'allenamento intensivo dei biker che prevede molti compiti motori che coinvolgono la propriocezione a carico degli arti superiori.

I risultati mostrati in questo studio potrebbero interessare l'allenamento della propriocezione sia in ambito sportivo che in ambito riabilitativo.

Bibliografia

1. Riemann BL, Lephart SM. The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *J Athl Train*. 2002 Jan;37(1):71-79.
2. Riemann BL, Lephart SM. The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *J Athl Train*. 2002 Jan;37(1):80-84.
3. Lee HM, Liau JJ, Cheng CK, Tan CM, Shih JT. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clin Biomech* (Bristol, Avon). 2003 Nov;18(9):843-7.
4. Niessen MH, Veeger DH, Koppe PA, Konijnenbelt MH, van Dieën J, Janssen TW. Proprioception of the shoulder after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008 Feb;89(2):333-8.
5. Swanik KA, Lephart SM, Swanik CB, Lephart SP, Stone DA, Fu FH. The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *J Shoulder Elbow Surg*. 2002 Nov-Dec;11(6):579-86
6. Aydin T, Yildiz Y, Yanmis I, Yildiz C, Kalyon TA. Shoulder proprioception: a comparison between the shoulder joint in healthy and surgically repaired shoulders. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2001 Jul;121(7):422-5
7. Narici MV, Maganaris C, Reeves N. Myotendinous alterations and effects of resistive loading in old age *Scand J Med Sci Sports*. 2005 Dec;15(6):347-8.
8. Falla , D. Farina Neuromuscular adaptation in experimental and clinical neck pain *Journal of Electromyography and Kinesiology* 18 (2008) 255–261
9. D.Butler L.Moseley Explain Pain book *Noigroup publication* (2003) 30-33

10. R.K. Shields, S. Madhavan et al. Proprioceptive coordination of movement sequences in humans *Clinical Neurophysiology* 116 (2005) 87-92
11. Fu As, Hui Chan CW. Ankle joint proprioception and postural control in basketball players with bilateral ankle sprains. *Am J Sport Med* 2005;33:1174-82
12. Forkin DM, Koczur C, Battle R, Newton RA. Evaluation of kinaesthetic deficits indicative of balance control in gymnast with unilateral chronic ankle sprains *J Orthop sports Phys Ther* 1996;23:245-50
13. Barden JM, Balik R, Raso J. Dynamic upper limb proprioception in multidirectional shoulder instability. *Clinical Orthop* 2004; 420:181-89
14. Pedersen J, Lonn J, Hellstrom F, Djupsjobacka M, Johansson H. Localised muscle fatigue decrease the acuity of the movement sense in the human shoulder. *Med Sci Sport Exerc* 1999;31:1047-52
15. Cordo P, Carlton L, Bevan L, Carlton M, Kerr GK. Proprioceptive coordination of movement sequences: role of velocity and position information *J Neurophysiol* 1994;71 (5):1848-61
16. Nylan JA, Caborn DNM, Johnson DL. The human glenohumeral joint. A proprioceptive and stability alliance. *Knee surgery Sports Traumatol* 1998; 6:50-61
17. Kinzey SJ, Ingersoll CD, Knight KL. The effects of selected ankle appliances on postural control. *J Athl Train* 1997;32 (4):300-303
18. Freeman, M.A., Dean, M.R., Hanham, I.W., 1965. The etiology and prevention of functional instability of the foot. *Journal of Bone and Joint Surgery Britain* 47, 678–685.
19. MacArthur DG, North KN. Genes and human elite athletic performance. *Hum Genet.* 2005;116 (5):331-339

20. Izquierdo M, Ibanez J, Hakkinen K et al. Maximal strength and power, muscle mass, endurance and serum hormones in weightlifters and road cyclist. *J Sport Sci.* 2004;22(5):173-179