

Aprile / Giugno 2012 - Euro 5,00

Scienza & Sport

I QUADERNI PER L'ALLENATORE FISICO

Editoriale Sport Italia S.r.l. - Via Masaccio 12 - 20149 Milano - Trimestrale - Anno IV - n° 14 - Sped. in abb. post. - Filiale di Verona



LIONEL MESSI

HA VINTO GLI ULTIMI TRE PALLONI D'ORO, TRE CHAMPIONS LEAGUE, DUE MONDIALI PER CLUB, UN ORO OLIMPICO E CINQUE CAMPIONATI DI SPAGNA

Numero **14** 2012



Effetto dell'utilizzo di pedivelle indipendenti sulla coordinazione intermuscolare del ciclista

Nel ciclismo, la prestazione sportiva è fortemente influenzata da una corretta tecnica di pedalata. Da un punto di vista meccanico, l'ideale sarebbe generare sempre una forza costante sul movimento centrale (*Patterson & Moreno, 1990*), mentre nella realtà ci sono dei tratti della pedalata in cui è possibile applicare la forza più efficacemente che in altri. La pedalata può essere grossolanamente suddivisa in una fase di spinta del pedale verso il basso e in una di tirata dello stesso verso l'alto (o fase di recupero – *Eisner et al., 1999; So et al., 2005*). Nel punto morto superiore, la forza tende a essere molto piccola, mentre la meccanica del sistema muscolo-scheletrico fa sì che la massima propulsione si abbia nella fase di spinta con la pedivella a circa 90° (*Faria & Cavanagh, 1978*). Nella fase di recupero le forze esercitate sul pedale sono molto piccole, e spesso anche negative, perché essendo le pedivelle collegate e solidali fra loro la spinta verso il basso di un pedale tira verso l'alto automaticamente l'altro (*Faria & Cavanagh, 1978*). Alcuni Autori ritengono che la gran parte del mi-

glioramento della prestazione sia dovuta a un aumento della forza propulsiva nella fase di spinta piuttosto che alla tirata della fase di recupero (*Coyle, 1995; Coyle et al., 1991*), mentre altri Autori hanno dimostrato che la fase di tirata è molto importante perché durante pedalate a elevata intensità si possono registrare forze positive fino a 100 N (*Soden & Adeyefa, 1979*). Nonostante le opinioni divergenti, per migliorare l'efficienza della pedalata si tenta comunemente di ottimizzare la coordinazione intermuscolare del ciclista, insegnandogli a imprimere forza propulsiva

alla pedivella per tutto l'arco di movimento così da ottenere una pedalata "rotonda" (come viene definita in gergo tecnico) e applicare in modo più continuo la forza sui pedali. Gli allenatori utilizzano diversi metodi per allenare la pedalata rotonda, tra cui il più diffuso è probabilmente la pedalata con una gamba sola. Recentemente, sono state sviluppate delle pedivelle indipendenti (PI), in cui il movimento di ognuna, in modo indipendente dall'altra, produce forza utile all'avanzamento della bicicletta. Per quanto a nostra conoscenza, sono stati condotti solamente tre studi per la validazione

LA TECNICA DI PEDALATA È UN IMPORTANTE FATTORE NELLA PRESTAZIONE CICLISTICA. SCOPO DELLO STUDIO È VERIFICARE SE L'ALLENAMENTO CON PEDIVELLE INDIPENDENTI (PI) MIGLIORA LA COORDINAZIONE INTERMUSCOLARE. DUE GRUPPI DI CICLISTI SONO STATI SOTTOPOSTI A ELETTROMIOGRAFIA (sEMG) DI 4 MUSCOLI COINVOLTI NELLA PEDALATA, PRIMA E DOPO 2 SETTIMANE DI ALLENAMENTO, CON PEDIVELLE NORMALI (GC; N=5) E CON PI (GS; N=6). I SOGGETTI DEL GS EVIDENZIANO UNA SIGNIFICATIVA RIDUZIONE DELL'ATTIVITÀ SEMG DEL VASTO LATERALE. L'ALLENAMENTO CON PI SEMBRA MODIFICARE FUNZIONALMENTE LA COORDINAZIONE INTERMUSCOLARE.

ABSTRACT:

di queste PI. Il primo ha dimostrato il miglioramento di alcune variabili fisiologiche quali la soglia anaerobica e il massimo consumo di ossigeno in seguito a un allenamento con PI (Luttrell & Potteiger, 2003), il secondo ha messo in luce un miglioramento dell'indice di efficienza meccanica (Böhm et al., 2006), mentre il terzo studio non ha rilevato differenze significative nell'attivazione elettrica di vari muscoli (Ichino et al., 2004).

Tuttavia, in tali lavori non è stato direttamente indagato se effettivamente l'allenamento con PI consenta di aumentare lo spazio di applicazione della forza alla pedivella stessa, con particolare riferimento alla fase di tirata verso l'alto. Alla luce di queste premesse, la presente ricerca ha come finalità principali di verificare:

- se la coordinazione intermuscolare della pedalata viene modificata quando ci si allena con PI piuttosto che con PN;
- se l'eventuale modificazione è trasferibile all'utilizzo di PN;
- se l'eventuale modificazione viene mantenuta anche dopo un periodo di allenamento tradizionale con PN.

L'ipotesi avanzata è che, quando si pedala con PI rispetto a PN, a parità d'intensità, l'attivazione della muscolatura estensoria della gamba si riduca, mentre quella flessoria della gamba e flesso-estensoria del piede aumenti.

Metodi

Soggetti

Sono stati reclutati 12 ciclisti amatori, abitualmente partecipanti alle gare, in allenamento da almeno 3 mesi. Tutti i soggetti hanno partecipato volontariamente allo studio. Uno di loro non ha completato la sperimentazione, per cui si riportano i dati di 11 atleti.

Disegno sperimentale

I soggetti sono stati assegnati, in modo randomizzato, a un gruppo sperimentale (GS), composto da 6 ciclisti (età $35,5 \pm 5,0$; statura $181,6 \pm$; peso $75,5 \pm$) o a un gruppo di controllo (GC) composto da 5 ciclisti (età $34,0 \pm 8,9$; statura $175,4 \pm$; peso $73,6 \pm$).

Entrambi i gruppi sono stati sottoposti a due sessioni di test intervallate da 2 settimane di allenamento; una iniziale (T1), per valutare il *pattern* di coordinazione intermuscolare di partenza, e una finale (T2), per verificare le eventuali modificazioni.

Durante le due settimane tra i test, i soggetti si allenavano in modo intensivo (circa 18 ore totali): i ciclisti del GS utilizzando le PI montate sulle proprie biciclette; i ciclisti del GC con le proprie biciclette (senza modifiche, quindi uti-

lizzando PN). I soli appartenenti al GS sono stati sottoposti a un'ulteriore sessione di test (T3) a distanza di altre due settimane di allenamento intensivo (circa 18 ore) solo con PN (figura 1). Intensità e durata del protocollo d'allenamento con PI sono state scelte sulla base dei risultati positivi ottenuti da Luttrel e Potteiger (2003) sull'efficienza fisiologica con 18 ore di allenamento, e da Böhm et al. (2006) sull'indice di efficienza meccanica con 15 ore di allenamento, laddove con 7 ore in 4 settimane, Ichino et al. (2004) non registravano alcuna modificazione dell'attivazione muscolare.

Procedure e strumenti

Nel ciclismo, il metodo maggiormente utilizzato per studiare la coordinazione intermuscolare è l'analisi elettromiografica di superficie (sEMG – Hautier et al., 1998; Zajac, 2002). Il segnale sEMG è stato registrato con un sistema di acquisizione dati a 16 bit (APLab DAQ, APLab, Roma), che integra anche il segnale proveniente da un *encoder* rotazio-

Autori

Francesco Lucertini

• Dipartimento di Scienze Biomolecolari, Sezione di Scienze Motorie e della Salute, Università degli Studi di Urbino Carlo Bo – Italia.



Eneko Fernández-Peña

• Department of Physical Education and Sport, University of the Basque Country (UPV/EHU), Vitoria-Gasteiz – Basque Country, Spain.

Massimiliano Ditroilo

• School of Public Health, Physiotherapy and Population Science, University College Dublin – Ireland.



francesco.lucertini@uniurb.it

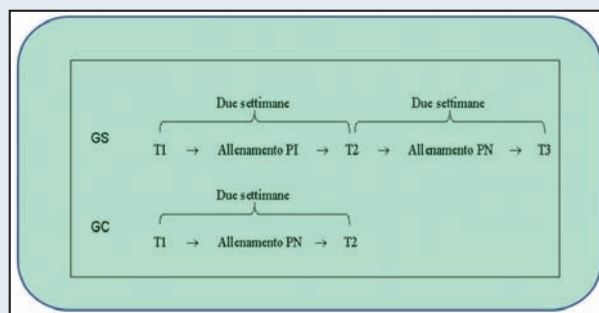


Figura 1
Disegno sperimentale.



Foto A
Particolare dell'encoder rotazionale applicato all'SRM.

nale incrementale (*EL 40 B, Eltra, Sarego, VI, Italia*) collegato alla pedivella destra dei cicloergometri (foto A).

Sulla base di studi precedenti, nei quali è stato dimostrato che i muscoli più importanti nella propulsione del ciclismo sono gli estensori dell'anca (*Browning et al., 1988; Gregor et al., 1985*) e del ginocchio (*Raasch et al., 1997; Ericson et al., 1986*), che al contempo sono anche i più riproducibili (*Ryan & Gregor, 1992*), sono stati studiati i quattro muscoli più rappresentativi dell'azione della pedalata: il vasto laterale (VL), il tibiale anteriore (TA), il bicipite femorale (BF), il gastrocnemio laterale (GL). Gli elettrodi (*Blue Sensor N-00-S, Ambu Medicotest A/S, Ølstykke, Danimarca, www.ambu.com*) sono stati posizionati sui muscoli sopraindicati della gamba destra, seguendo le norme del progetto SENIAM (*Ericson et al., 1986*) e dopo aver accuratamente depilato e pulito la pelle con carta leggermente abrasiva e alcool. Il protocollo della sessione T1 prevedeva:

- 10 min di riscaldamento su un cicloergometro SRM (*Shoberer Rad Me technik SRM GmbH, Jülich, Germania*);
- 2 prove isocinetiche massimali (TM) di 6 s su cicloergometro SRM con PN a 80 pedalate al minuto (rpm), con simultanea registrazione della posizione della pedivella e dell'attività elettrica dei 4 muscoli analizzati (recupero 3 min al termine di ciascuna prova).

Questa procedura è stata utilizzata al fine di determinare un segnale sEMG di riferimento per la normalizzazione dei dati;

- tre prove di 1 min con PN alle intensità di 100, 250 e 400 watt (TS), utilizzando un cicloergometro a freno meccanico (*Monark 894 E Peak Bike, Vansbro, Svezia*), equipaggiato con PI allungabili della ditta *PowerCranks (PowerCranks, Walnut Creek CA, Stati Uniti)* e in grado di funzionare in modalità PN o PI. Le 3 prove venivano eseguite a una frequenza di pedalata di 80 rpm e l'ordine di successione veniva randomizzato. Si rispettava 1 min di recupero dopo le intensità di 100 e 250 watt e 3 min di recupero dopo la prova a 400 watt.

Nella sessione T2 entrambi i gruppi sperimentali ripetevano le medesime prove della sessione T1, mentre il solo GS eseguiva anche tre prove con PI. Inoltre, il GS veniva sottoposto a un'ulteriore sessione di test (T3), con il medesimo protocollo della sessione T1.

Analisi dei dati e statistica

L'ampiezza del segnale sEMG è stata valutata con la tecnica del *Root Mean Square* (Radice Quadratica Media – RMS), come indicato da *De Luca (1997)* per contrazioni volontarie. L'intensità dell'attivazione muscolare è stata analizzata calcolando il RMS di ciascuna pedalata tra gli angoli definiti da *Neptune et al. (1997)*, per ciascuno dei quattro muscoli negli intervalli di massima attivazione: considerando come posizione di 0° quella della pedivella verticale nel punto superiore, l'attività elettrica del VL è stata calcolata tra 337° e 134° (*zona Ext o estensoria*), quella del TA tra 241° e 35° (*zona Top o transizione superiore*) e quella del BF e del GL tra 72° e 228° (*zona Bottom o transizione inferiore*).

Nel caso di TM, per la normalizzazione è stata utilizzata la prova corrispondente alla massima potenza espressa ed è stata eseguita la media dell'attività mioelettrica delle 6 pedalate centrali. Tale valore medio è stato considerato il 100% dell'attività elettrica di ciascun muscolo.

Nel TS sono stati utilizzati i dati sEMG ottenuti dal trentesimo al sessantesimo secondo (circa 39 pedalate complete) ed è stata effettuata la media dell'attività elettrica di ciascun muscolo relativa alle pedalate registrate. Tale attività è stata normalizzata rispetto al valore determinato durante TM.

Da un'ispezione visiva dell'andamento della sEMG nei quattro muscoli analizzati, solo il VL evidenziava l'andamento ipotizzato dagli Autori e di conseguenza l'analisi

statistica è stata applicata solo a questo muscolo in entrambi i gruppi. Dopo aver verificato la normalità della distribuzione di questa variabile (*Curtosi e Asimmetria rispettivamente ≤ 2 e ≥ -2*), è stata verificata la differenza tra PN-T1 e PI-T2, nel GS, e tra PN-T1 e PN-T2, nel GC, tramite un *Test di Student* per dati appaiati in ognuna delle tre condizioni sperimentali. Il confronto tra attivazione con PN al T1, T2 e T3 è stato fatto applicando un'ANOVA per misure ripetute.

Quando una differenza statisticamente significativa veniva messa in evidenza è stato applicato il *test post-hoc* di *Tukey*. Il livello di significatività è stato fissato a $p < 0.05$. Nel GS la differenza tra i valori medi di sEMG fra PN-T1 e PI-T2 è stata posta uguale a 100, e tale differenza è stata considerata la massima variazione attesa nelle tre condizioni sperimentali. Le differenze trovate tra i test con PN al tempo T2 e T3 sono state espresse in percentuale rispetto alla massima variazione attesa.

Risultati

Delle 18 ore programmate con PI, i ciclisti del GS ne hanno effettuate mediamente 17,7. A queste vanno aggiunte altre 3,6 ore con PN nelle gare del fine settimana. In totale, in due settimane, i ciclisti del GS hanno pedalato per 21,3 ore, praticamente le stesse ore del GC.

Nella **figura 2** viene mostrato il confronto dell'attività mioelettrica tra PN-T1 e PI-T2 nel GS. Si osserva che il VL si attiva meno nel secondo test (in modo significativo a 100, $p < 0.01$ e a 400 W, $p < 0.05$). Anche il BF e il GL mostrano questa tendenza, seppur non supportata dall'analisi statistica, mentre il TA mostra un andamento più irregolare.

Per quanto riguarda le prove effettuate con PN, nel GC non sono state riscontrate differenze significative nell'attività muscolare tra T1 e T2, per nessun muscolo e per nessuna intensità analizzata (**figura 3**).

Nella **figura 4** sono riportati i valori medi (\pm DS) dell'attivazione muscolare con PN per il VL durante T1, T2 e T3, nelle tre condizioni sperimentali. Si evidenzia una differenza significativa nella attivazione mioelettrica a 100 W tra T1 e T2 ($p < 0.05$) e a 400 W fra T1 e T2 ($p < 0.05$).

Nella **figura 5** si mette in evidenza la differenza trovata tra PN-T1 e PN-T2 e tra PN-T1 e PN-T3, espressa come percentuale della differenza fra PN-T1 e PI-T2, posta uguale a 100. Questo tipo di rappresentazione grafica dovrebbe dare un colpo d'occhio immediato degli adattamenti indotti da utilizzo di PI, dato che 100 rappresenta la massima varia-

zione di attivazione mioelettrica al termine del periodo di allenamento (PI-T2) ed è quindi la massima variazione attesa nei test successivi con PN. Tale differenza va poi confrontata con l'attivazione effettiva registrata durante PN-T2 e PN-T3. Nel VL a 100 W, la differenza tra PN-T1 e PN-

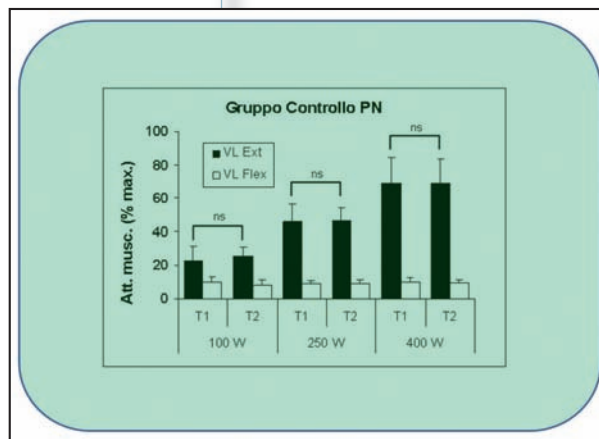
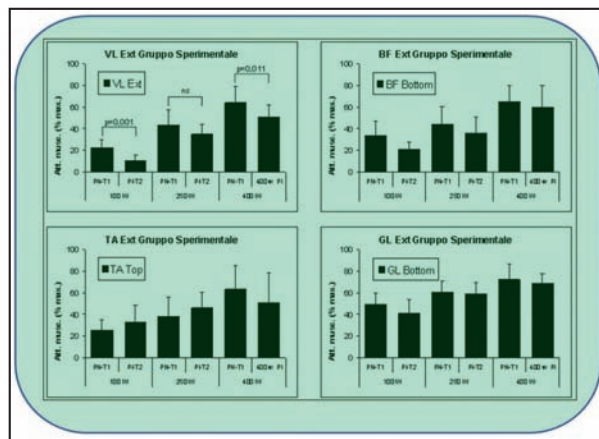


Figura 2
Attivazione mioelettrica nel gruppo sperimentale durante l'estensione dei 4 gruppi muscolari indagati, nelle varie condizioni sperimentali. VL, vasto laterale; BF, bicipite femorale; TA, tibiale anteriore; GL, gastrocnemio laterale. Ext, zona estensoria della gamba; Top, zona di transizione superiore; Bottom, zona di transizione inferiore (c.f.r. paragrafo *Analisi Statistica*).

Figura 3
Attivazione mioelettrica del VL (in percentuale rispetto all'attivazione massima) nel gruppo di controllo con pedivelle normali, nelle varie condizioni sperimentali. PN, pedivelle normali; VL, vasto laterale. Ext, zona estensoria della gamba; Flex, zona opposta a Ext in cui il VL è inattivo (c.f.r. paragrafo *Analisi Statistica*).

CICLISMO

T2 si è ridotta al 38% rispetto a quella massima. In PN-T3 la riduzione è scesa addirittura al 5,8%, si è cioè superato di poco il livello di attivazione mioelettrica iniziale (PN-T1). A 250 W al PN-T2 l'attivazione scende al 76% mentre in PN-T3 risulta pari a 8,9%. Stessa tendenza si ha a 400 watt: una riduzione dell'attivazione all'80,2% al PN-T2 e al 6,3% al PN-T3.

Discussione

Questo studio pilota aveva lo scopo di verificare se l'allenamento con PI inducesse una variazione nell'attivazione di alcuni muscoli e di conseguenza nella coordinazione intermuscolare del ciclista. La pedalata con PI è piuttosto diversa da quella attesa, considerato che il BF, TA e GL non sembrano partecipare attivamente nella tirata del pedale verso l'alto. Eppure, il fatto che il VL si attivi meno dopo allenamento con PI sembra indicare che tale muscolo venga "liberato" di una parte del lavoro che compie normalmente con PN; in effetti, a parità di potenza e frequenza di pedalata, il lavoro compiuto nella fase di estensione viene ridotto se la gamba controlaterale solleva volontariamente il pedale nella fase di tirata. Questo risultato è supportato da vari lavori, tra cui quello di *Ericson & Nissell (1985)*, che dimostrano che il fissaggio della scarpa al pedale riduce il picco di attività elettrica del VL del 43% rispetto alla pedalata "libera" (cioè con il piede non attaccato al pedale). Dal momento che a parità di intensità e frequenza di pedalata, tali muscoli evidenziano in questo lavoro una ridotta attivazione muscolare con PI rispetto a PN, sembra evidente che l'attivazione di altri muscoli non analizzati debba aumentare. È probabile che tali muscoli siano i flessori dell'anca quale l'ileo-opsos; tuttavia, la sua attività non è stata analizzata in questo studio in

quanto si tratta di un muscolo profondo e quindi la sua attivazione non è rilevabile con la sEMG.

Altro scopo fondamentale del presente studio era quello di indagare se le modificazioni indotte dal protocollo di allenamento con PI venivano mantenute nella pedalata con PN. Nel GS la variazione dell'attivazione del VL conferma l'ipotesi inizialmente proposta. Si evidenzia, infatti, una riduzione statisticamente significativa tra PN-T1 e PN-T2 a bassa (100 watt) e alta intensità (400 watt), mentre a media intensità si evidenzia una lieve ma non significativa tendenza alla riduzione dell'attività mioelettrica. Dal momento che questo è il gruppo muscolare più importante nella pedalata (*Ericson et al., 1986; 1985*), essere in grado di mantenere la medesima intensità di lavoro utilizzando meno tali muscoli significa risparmiarli per utilizzarli a pieno regime nei momenti chiave della gara (strappi e volata finale), incrementando probabilmente la prestazione.

Il terzo e ultimo obiettivo del presente lavoro era la verifica del mantenimento della nuova coordinazione intermuscolare acquisita grazie al protocollo di allenamento. Il fatto che l'attivazione mioelettrica sia uguale nel primo e nel terzo test effettuato dal GS indica chiaramente che quando si torna a pedalare con PN le modificazioni ottenute si perdono piuttosto rapidamente. Non c'è dubbio che le relazioni tra le nuove e le vecchie abilità motorie sono piuttosto complesse (*Chen et al., 2005*). Per fare un po' di luce su questo aspetto, si è voluto vedere come si produce il trasferimento della tecnica di pedalata da PI a PN. Come spiegato in precedenza, per ottenere tale fine è stata quantificata la differenza esistente tra PN-T1 e PI-T2 nell'attivazione di VL e relazionata a PN-T1, PN-T2 e PN-T3. Se tale valore fosse basso (vicino a 0), indicherebbe che il soggetto non ha imparato in assoluto la nuova tecnica di pedalata e continua a pedalare come prima. Se invece fosse alto (vicino a 100), vorrebbe dire che il ciclista riesce a pedalare sempre come lo farebbe con PI, cioè tirando su il pedale nella fase di recupero e producendo un *torque* molto più uniforme. A bassa intensità la differenza tra PN-T1 e PN-T2 è risultata solo il 38% rispetto a quella attesa, mentre man mano che l'intensità aumenta tale differenza sale fino all'80,2%. Ancora una volta sembra che il trasferimento della tecnica di pedalata acquisita grazie all'allenamento con PI sia più evidente ad alte intensità, dato che a 400 watt PI-T2 e PN-T2 sono molto simili. Dopo l'allenamento con PI sembra che i

Bibliografia

segue a pag. 96

- Patterson, R.P. and M.I. Moreno, Bicycle pedalling forces as a function of pedalling rate and power output. *Med Sci Sports Exerc*, 1990. 22(4): p. 512-6.
- Eisner, W.D., et al., Electromyographic timing analysis of forward and backward cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 1999. 31(3): p. 449-55.
- Kautz, S.A. and D.A. Brown, Relationships between timing of muscle excitation and impaired motor performance during cyclical lower extremity movement in post-stroke hemiplegia. *Brain*, 1998. 121(3): p. 515-26.
- Kautz, S.A., et al., Mutability of bifunctional thigh muscle activity in pedaling due to contralateral leg force generation. *J Neurophysiol*, 2002. 88(3): p. 1308-17.
- Ryan, M.M. and R.J. Gregor, EMG profiles of lower extremity muscles during cycling at constant workload and cadence. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 1992. 2(2): p. 69-80.
- So, R.C.H., J.K.F. Ng, and G.Y.F. Ng, Muscle recruitment pattern in cycling: a review. *Physical Therapy in Sport*, 2005. 6(2): p. 89-96.

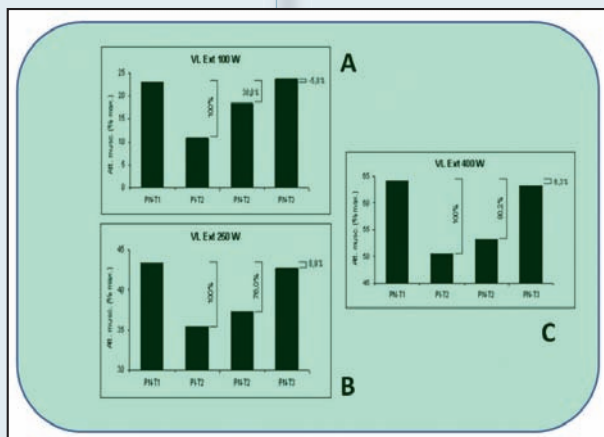
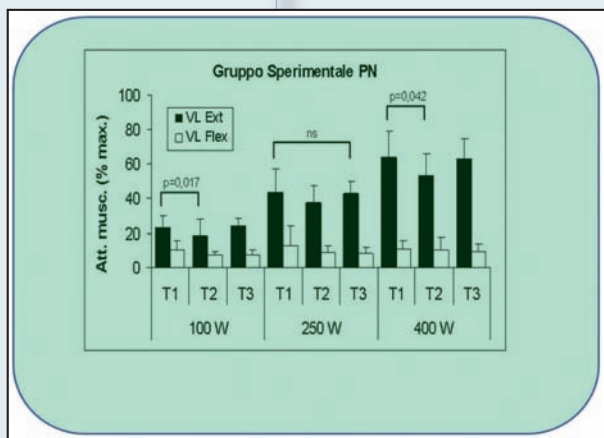


Figura 4

Attivazione mioelettrica del VL (in percentuale rispetto all'attivazione massima) nel gruppo di controllo con pedivelle normali, nelle varie condizioni sperimentali. PN, pedivelle normali; VL, vasto laterale; Ext, zona estensoria della gamba; Flex, zona opposta a Ext in cui il VL è inattivo (c.f.r. paragrafo *Analisi Statistica*).

Figura 5

Adattamenti indotti dall'utilizzo di PI nei soggetti del gruppo sperimentale (in termini di riduzione percentuale dell'attivazione mioelettrica del VL rispetto all'attivazione massima), nelle varie condizioni sperimentali. PN, pedivelle normali; PI, pedivelle indipendenti; VL, vasto laterale; Ext, zona estensoria della gamba.



ciclisti tendano a mantenere il ridotto reclutamento del VL soprattutto a intensità di sforzo elevate. Sebbene la strategia di migliorare l'indice di efficienza meccanica con l'aumentare dell'intensità sia nota da anni (*Patterson & Moreno, 1990; Ericson & Nisell, 1988; Lafortune & Cavanagh, 1983*), i dati presentati fanno pensare che l'allenamento con

PI migliori ancora di più questo atteggiamento.

Questo risultato è in conformità con il lavoro di *Böhm e collaboratori (2006)*, nel quale è stato rilevato un miglioramento dell'efficienza meccanica dopo 15 ore di allenamento con PI.

In PN-T3, invece, le cose cambiano notevolmente: in questo terzo test l'attivazione del VL ritorna a essere molto simile a PN-T1 in tutte le intensità studiate. Dunque, il trasferimento della tecnica di pedalata avvenuto nel secondo test si è perso dopo due settimane di allenamento con PN.

In conclusione, l'allenamento con PI riduce l'attivazione degli estensori del ginocchio. Nel presente studio questo risultato è stato evidenziato solo per il muscolo VL, con possibile incremento, non misurato, dell'attività dei flessori profondi dell'anca. Tuttavia, sembra che la nuova coordinazione intermuscolare appresa venga persa dopo un breve periodo di *washing out*.

Applicazioni pratiche e indicazioni sull'allenamento con pedivelle indipendenti

L'allenamento con PI riduce lo stress del quadricipite durante la gara per preservarlo per i momenti chiave, come strappi o volate finali. Sembra però che le modificazioni non siano molto durature nel tempo; si potrebbe proporre, quindi, di aumentare il periodo di allenamento con PI, o meglio, di alternare metodi tradizionali alla preparazione con PI.

A livello pratico, si consiglia di effettuare i primi allenamenti su rulli o strade poco trafficate e per non più di 5 o 10 min. Inoltre, nei primi allenamenti è preferibile utilizzare rapporti piuttosto lunghi per ridurre la frequenza di pedalata e facilitare di conseguenza la coordinazione necessaria per alzare il pedale. Si può anche alzare l'altezza del manubrio per aumentare l'angolo dell'anca e quindi agevolare il lavoro dello psoas iliaco. Nel passaggio dal rullo alla strada, non va dimenticato che il pedale non si alza, quindi bisogna stare attenti in curva per evitare che il pedale tocchi il terreno. Infine, non si può pretendere di modificare la tecnica della pedalata da un giorno all'altro, quindi ci vuole un po' di pazienza e perseveranza prima di poter vedere i risultati.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento agli ingegneri di APLab, in particolare modo a Nunzio Lanotte, per aver messo a punto il sistema di acquisizione dati utilizzato in questa ricerca e per il continuo sostegno alla risoluzione dei problemi.

BIBLIOGRAFIE

Applicazione della spettroscopia nel quasi infrarosso (NIRS) per la misurazione della soglia anaerobica

Di Matteo Bisoffi

pagina 28

- Belardinelli, R., T. J. Barstow, J. Porszasz, and K. Wasserman. Changes in skeletal muscle oxygenation during incremental exercise measured by near infrared spectroscopy. *Eur. J. Appl. Physiol.* 20:487-492, 1995.
- Bhambhani, Y.M., S. M. Buckley, and T. Susaki. Detection of ventilatory threshold using near infrared spectroscopy in men and women. *Med. Sci Sports Exerc.* 29:402-409, 1997.
- Billat V., Sirvent P., Py G., Koralsztein and Mercier J.: The concept of Maximal Lactate Steady State (review article). *Med. Sci. Sports Exerc.* 33 (6):407-426, 2003.
- Cerretelli P.: Manuale di fisiologia dello sport e del lavoro muscolare, SEU, Roma, 1973.
- Dal Monte, A.: La valutazione funzionale dell'atleta, Manuali Sanzoni, Firenze, 1983.
- Di Prampero, P.E., and Ferretti G.: The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respir. Physiol.* 118:103-115, 1999.
- Glantz S.A., (1997). Statistica per discipline biomediche. Mc Graw - Hill.
- Grassi B., Pogliaghi S., Rampichini S., Quaresima V., Ferrari M., Marconi C., and Cerretelli P.: Muscle oxygenation and pulmonary gas exchange kinetics during cycling exercise on-transitions in humans. *J. Appl. Physiol.* 95:149-158, 2003.
- Grassi B., Quaresima V., Marconi C., Ferrari M., and Cerretelli P.: Blood lactate accumulation and muscle deoxygenation during incremental exercise. *J. Appl. Physiol.* 87:348-355, 1999.
- Urhausen: Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady-state, 1993.
- Jackson A, Pollock M, Ward A.: Generalized equations for predicting body density. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1980;12: 175-181.
- Wang L., Yoshikawa T., Hara T., Nakao H., Suzuki T., and Fujimoto S.: Which common NIRS variable reflects muscle estimated lactate threshold most closely?. *J. Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 31:612-620, 2006.
- Whipp B.J., Ward S.A., Lamarca N., Davis J.A., Wasserman K.: Parameters of ventilatory and gas exchange dynamics during exercise. *J. Appl. Physiol.* 52:1506-1513, 1982.

Valutazione della composizione corporea nell'atleta

Di Fabrizio Angelini e Alessandro Bonuccelli

pagina 32

- Gatterer H, Schenk K, Ferrari P, Faulhaber M, Schopp E, Burtcher M. Changes in hydration status of soccer players competing in the 2008 European Championship. *J Sports Med Phys Fitness.* 2011 Mar;51(1):89-94.
- Marra M, Caldara A, Montagnese C, De Filippo E, Pasanisi F, Contaldo F, Scalfi L. Bioelectrical impedance phase angle in constitutionally lean females, ballet dancers and patients with anorexia nervosa. *Eur J Clin Nutr.* 2009 Jul;63(7):905-8.
- Melchiorri G, Monteleone G, Andreoli A, Callà C, Sgroi M, De Lorenzo A. Body cell mass measured by bioelectrical impedance spectroscopy in professional football (soccer) players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2007 Dec; 47(4):408-12.
- Norman K, Pirlich M, Sorensen J, Christensen P, Kemps M, Schütz T, Lochs H, Kondrup J. Bioimpedance vector analysis as a measure of muscle function. *Clin Nutr.* 2009 Feb;28(1):78-82.
- Piccoli A. Analisi di bioimpedenza per la clinica. 2003. Milano, Italia: Pinelli Editore.
- Stellingwerff T, Maughan RJ, Burke LM. Nutrition for power sports: Middle distance running, track cycling, rowing, canoeing/kayaking, and swimming. *J Sports Sci.* 2011;29 Suppl 1:S79-89.
- Toombs RJ, Ducher G, Shepherd JA, De Souza MJ. The Impact of Recent Technological Advances on the Trueness and Precision of DXA to Assess Body Composition. *Obesity (Silver Spring).* 2012 Jan; 20(1):30-9.

Valutazione della preparazione atletica nel calcio tramite Scala di Borg

Di Mattia Riva, Antonio La Torre, Gianluca Vernillo e Nicola Lovecchio

pagina 44

- Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts A, Sassi A, Marcora SA. Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 36 (6): 1042-1047, 2004.
- Impellizzeri F.M., Franchini M., Castagna C., Marcora S.M. The perception of exertion: The Borg scales. *Scuola dello Sport, Vol. 82, ANNO XXVIII, pp. 11-18, 2009.*
- Manzi V, D'Ottavio S, Impellizzeri FM, Chauouchi A, Chamari K, Castagna C. Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *Strength and Conditioning Research.* 24(5):1399-406, 2010.
- Rampinini, E. Editoriale al n. 4 anno 2011. *Scienza e Sport.*
- Smith D.J. A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Medicine.* 33: 1103-1126, 2003.
- Snyder A.C., Jeukendrup A.E, Hesselink MK, Kuipers H, Foster C. A physiological/psychological indicator of overreaching during intensive training. *International Journal of Sports Medicine.* 14: 29-32, 1993.
- Stojanovic MD & Ostojic SM. Stretching and injury prevention in football: current perspectives. *Research in Sports Medicine.* 19: 73-91, 2011.
- Witvrouw E, Mahieu N, Danneels S, McNair L.P. Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Medicine.* 34: 443-449, 2004.

Metabolimetria applicata al calcio

Di Danilo Manari, Mattia Toffolutti, David Morelli e Massimo Manara

pagina 48

- Wassermann K. Principles of Exercise Testing and Interpretation. Lead&Faber Ed; 1994.
- Saltin B, Astrand PO Maximal Oxygen Consumption in Athletes. *J Appl Phys.* 2: 353-358; 1967.

Analisi dell'attività di sprint dei calciatori durante le competizioni UEFA di Champions League ed Europa League

Di Valter Di Salvo e Mattia Modonutti

pagina 52

- Mohr, M., Krustup, P. & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences.* 21, 519-528.
- Krustup, P. & Bangsbo, J. (2001). Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *Journal of Sports Sciences.* 19, 881-891.
- Reilly, T. (1996). Motion analysis and physiological demands. In T. Reilly (Ed.), *Science and Soccer* (pp. 65-83). London: E & FN Spon.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J.E. & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 40, 162-169.
- Svensson, M. & Drust, B. (2005). Testing soccer players. *Journal of Sports Sciences.* 23, 601-618.

Il controllo del corpo nei movimenti difensivi. Aspetti tecnici e fisici

Di Luigi Sepulcri e Giordano Consolini

pagina 56

- Assmusen E. The neuromuscular system and exercise. In "Exercise Physiology", edito da H.B. Falls, Academic Press, New York, 1968.
- Lafonda D., Duarteb M., Princea F. Comparison of three

methods to estimate the center of mass during balance assessment. *Journal of Biomechanics* 37,2004.

- Latash M.L. Neurophysiologicals basis of movement, *Human Kinetics*, 1998.
- Luis Mochizuki, Marcos Duarte, Alberto Carlos Amadio, Vladimir M. Zatsiorsky, M. L. Latash.
- Changes in Postural Sway and Its Fractions in Conditions of Postural Instability, Pennsylvania State University, *Journal of Applied Biomechanics*, 2006.
- Gollhofer A. Functional importance of proprioceptive activation on neuro-muscular properties. *Dep. of Sport Science, University of Stuttgart, Germany, 4th Congress of the European College of Sport Science*, 1999.
- Hakkinen K. Neuromuscular adaptation during concurrent strength and endurance training. *Eur/Appl Physiol* 2003; 89:42-52.
- Sandra M.S.F. Freitas, Marcos Duarte and Mark L. Latash. Movements During Standing Two Kinematic Synergies in Voluntary Whole-Body. *J Neurophysiol* 95, 2006.
- Riva D., Trevisson P., Minoletti R., Venturin N., Riccio M.C. Il controllo posturale statico e dinamico in appoggio monopodalico, 2001.
- Sandra M.S.F. Freitas, Silvana A. Wiczorek, Paulo H. Marchetti, Marcos Duarte, Age-related changes in human postural control of prolonged standing. *Gait & Posture* 22,2005.
- Sepulcri L. La gestione dell'equilibrio, principi e attualità operative. *I Giganti del Basket*, 2006.
- Sepulcri L. Controllo posturale e recupero funzionale. *Scienza e Sport*, n° 2, 2009.
- Micheal A. Clark, Scott C. Lucett *Sport Performance Training*, NASM, Lippincott Williams&Wilkins, 2010.

Effetto dell'utilizzo di pedivelle indipendenti sulla coordinazione intermuscolare del ciclista

Di Francesco Lucertini, Eneko Fernández-Peña e Massimiliano Ditroilo

pagina 62

- Faria, I.E. and P.R. Cavanagh, The physiology and biomechanics of cycling. *American College of Sports Medicine series.* 1978, New York: John Wiley and Sons. 179.
- Coyle, E.F., Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev.* 1995. 23: p. 25-63.
- Coyle, E.F., et al., Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1991. 23(1): p. 93-107.
- Soden, P.D. and B.A. Adeyefa, Forces applied to a bicycle during normal cycling. *J Biomech.* 1979. 12(7): p. 527-41.
- Luttrell, M.D. and J.A. Pottenger, Effects of short-term training using powercranks on cardiovascular fitness and cycling efficiency. *J Strength Cond Res.* 2003. 17(4): p. 785-91.
- Böhm, H., S. Siebert, and V. Senner. Effect of a new developed pedal-crank training system on mechanical efficiency in cycling. in 11th Annual Congress of the European College of Sport Science. 2006. Lausanne (Switzerland).
- Ichino, Y., et al., SEMG Activity of Lower Extremity Muscles While Cycling in Women (40-60 yrs). *Med Sci Sports Exerc.* 2004. 36(5): p. S253.
- Hautier, C.A., et al., Modifications de la coordination intermusculaire sur bicyclette. Influence de l'entraînement et de la fatigue. *Science and Sports.* 1998. 13(5): p. 246-7.
- Prilutsky, B.I. and R.J. Gregor, Analysis of muscle coordination strategies in cycling. *IEEE Trans Rehabil Eng.* 2000. 8(3): p. 362-70.
- Zajac, F.E., Understanding muscle coordination of the human leg with dynamical simulations. *J Biomech.* 2002. 35(8): p. 1011-8.
- Browning, R.C., et al., Effects of seat height changes on joint force and moment patterns in experienced cyclists. *J Biomech.* 1988. 21(10): p. 871.
- Gregor, R.J., P.R. Cavanagh, and M.A. LaFortune, Knee flexor moments during propulsion in cycling—a creative solution to Lombard's Paradox. *J Biomech.* 1985. 18(5): p. 307-16.
- Raasch, C.C., et al., Muscle coordination of maximum-speed pedaling. *J Biomech.* 1997. 30(6): p. 595-602.
- Ericson, M.O., et al., Power output and work in different muscle groups during ergometer cycling. *Eur J Appl Physiol*

Occup Physiol, 1986, 55(3): p. 229-35.

- Freniks, B., et al., The recommendations for sensors and sensor placement procedures for surface electromyography, in European recommendations for surface electromyography, H. Hermens, et al., Editors, 1999, Roessingh Research and Development BV: Enschede (The Netherlands), p. 15-54.
- De Luca, C.J., The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech*, 1997, 13(2): p. 135-63.
- Neptune, R.R., S.A. Kautz, and M.L. Hull, The effect of pedaling rate on coordination in cycling. *J Biomech*, 1997, 30(10): p. 1051-8.
- Ericson, M.O., et al., Muscular activity during ergometer cycling. *Scand J Rehabil Med*, 1985, 17(2): p. 53-61.
- Chen, Y., et al., The interaction of a new motor skill and an old one: H-reflex conditioning and locomotion in rats. *J Neurosci*, 2005, 25(29): p. 6898-906.
- Ericson, M.O. and R. Nissell, Efficiency of pedal forces during ergometer cycling. *Int J Sports Med*, 1988, 9(2): p. 118-22.
- LaFortune, M.A. and P.R. Cavanagh, Effectiveness and efficiency during bicycle riding, in *Biomechanics VIII-B*, H. Matsui and K. Kobayashi, Editors, 1983, Human Kinetics: Champaign, IL, p. 928-936.

Il dolore di spalla e il trattamento riabilitativo dell'atleta "overhead throwing"

Di Lorenzo Spairani, Giuseppe D'Antona, Federico Combi e Riccardo Ansaldo

pagina 72

- Conte S, Requa RK, Garrick JG. Disability days in major league baseball. *Am J Sports Med*. 2001;29:431-436
- Burkhardt SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology. Part III: the SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy*. 2003;19:641-661.
- Crockett HC, Gross LB, Wilk KE, et al: Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 30: 20-26, 2002
- Knott M, Voss DE: Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: Patterns and Techniques. Second edition. New York, Hoeber, 1968, pp 84-85.
- Lephart SM, Henry TJ: The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *J Sport Rehabil* 5: 71-87, 1996
- Sullivan PE, Markos PD, Minor MAD: An Integrated Approach to Therapeutic Exercise: Theory and Clinical Application. Reston, VA, Reston Pub Co, 1982, pp 24-45
- Wilk KE, Reinold MM, Dugas JR, Andrews JR. Rehabilitation following thermal-assisted capsular shrinkage of the glenohumeral joint: current concepts. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002;32:268-292
- Jobe FW, Moynes DR, Tibone JE, et al: An EMG analysis of the shoulder in pitching: A second report. *Am J Sports Med* 12: 218-220, 1984
- Townsend H, Jobe FW, Pink M, et al: Electromyographic analysis of the glenohumeral muscles during a baseball rehabilitation program. *Am J Sports Med* 19: 264-272, 1991
- Blackburn TA, McLeod WD, White B, et al: EMG analysis of posterior rotator cuff exercises. *Athl Training* 25: 40-45, 1990
- Malanga GA, Jenp YN, Growney ES, et al: EMG analysis of shoulder positioning in testing and strengthening the supraspinatus. *Med Sci Sports Exerc* 28: 661-664, 1996.
- Wilk KE: Restoration of functional motor patterns and functional testing in the throwing athlete, in Lephart SM, Fu FH (eds): *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability*. Champaign, IL, Human Kinetics, 2000, pp 415-438.
- Swanik KA, Lephart SM, Swanik CB, et al: The effects of shoulder plyometric training on proprioception and muscle performance characteristics. *J Athl Train* 34: S9, 1999
- Fortun CM, Davies GJ, Kernozok TW: The effects of plyometric training on the shoulder internal rotators. *Phys Ther* 78(5): S87, 1998.
- Murray TA, Cook TD, Werner SL, et al: The effects of extended play on professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 29: 137-142, 2001.
- Chen SK, Wickiewicz TL, Otis JC, et al: Glenohumeral

kinematics in a muscle fatigue model: A radiographic study. *Orthop Trans* 18: 1126, 1994-95.

- Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA, et al: The effects of muscle fatigue on the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. *J Orthop Sports Phys Ther* 23: 348-352, 1996.
- Lyman SL, Fleisig GS, Osinski ED, et al: Incidence and determinants of arm injury in youth baseball pitchers. A pilot study. *Med Sci Sports Exerc* 30 (S5): S4, 1998

La fatica nel calcio e la sua influenza sui gol e le irregolarità di gioco. Un'analisi a livello internazionale

Di Matteo Fiorenza

pagina 86

- Gandevia SC (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev* 81, 1725-1789.
- Krstrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M & Bangso J (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 38, 1165-1174.
- Mohr M, Krstrup P & Bangso J (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 21, 519-528.
- Mohr M, Krstrup P & Bangso J (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci* 23, 593-599.
- Mohr M, Krstrup P, Nybo L, Nielsen JJ & Bangso J (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches—beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports* 14, 156-162.
- Pugliese L, Arcelli E, Alberti G: Gol scored in Italian Serie A during the final of the match. XIX International Congress on Sports Rehabilitation and Traumatology 2009: 329-332.
- Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R & Impellizzeri FM (2007). Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med* 28, 1018-1024.
- Rampinini E, Impellizzeri FM, Castagna C, Azzalin A, Ferrari Bravo D & Wisløff U (2008). Effect of match-related fatigue on short-passing ability in young soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 40, 934-942.
- Rampinini E, Impellizzeri FM, Castagna C, Coutts AJ & Wisløff U (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport* 12, 227-233.
- Rienzi E, Drust B, Reilly T, Carter JE & Martin A (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 40, 162-169.

La Repeated-Sprint Ability, Parte II. Raccomandazioni per l'allenamento

Di Ermanno Rampinini

pagina 92

- Bishop, D., Edge, J., Thomas, C. and Mercier, J. (2008). Effects of high-intensity training on muscle lactate transporters and postexercise recovery of muscle lactate and hydrogen ions in women. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 295(6), R1991-8.
- Bishop, D., Lawrence, S. and Spencer, M. (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *J Sci Med Sport*, 6(2), 199-209.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H. and Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol*, 80(3), 876-84.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Quod, M., Quesnel, T. and Ahmadi, S. (2010). Improving acceleration and repeated sprint ability in well-trained adolescent handball players: speed versus sprint interval training. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(2), 152-64.
- Buchheit, M. and Ufland, P. (2011). Effect of endurance training on performance and muscle reoxygenation rate during repeated-sprint running. *Eur J Appl Physiol*, 111(2), 293-301.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G. and Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength*

Cond Res, 24(8), 2115-21.

- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C. and Berthoin, S. (2005). Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol*, 95(1), 27-34.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D. and Wisløff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, 29(8), 668-74.
- Gabbett, T. J. (2006). Performance changes following a field conditioning program in junior and senior rugby league players. *J Strength Cond Res*, 20(1), 215-21.
- Gabriel, D. A., Kamen, G. and Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med*, 36(2), 133-49.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H. and Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*, 75(2), 712-9.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A. and Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-94.
- Harmer, A. R., McKenna, M. J., Sutton, J. R., Snow, R. J., Ruell, P. A., Booth, J., Thompson, M. W., Mackay, N. A., Stathis, C. G., Cramer, R. M., Carey, M. F. and Eager, D. M. (2000). Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans. *J Appl Physiol*, 89(5), 1793-803.
- Haseler, L. J., Hogan, M. C. and Richardson, R. S. (1999). Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O2 availability. *J Appl Physiol*, 86(6), 2013-8.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M. and Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*, 27(6), 483-92.
- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P. and Bishop, D. (2008). Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol*.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juul, C. and Bangso, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 292(4), R1594-602.
- Nevill, M. E., Boobis, L. H., Brooks, S. and Williams, C. (1989). Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *J Appl Physiol*, 67(6), 2376-82.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R. and Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int J Sports Med*, 28(3), 228-35.
- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M. and Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(6), 1048-54.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B. and Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-44.
- Spriet, L. L., Lindinger, M. I., McKelvie, R. S., Heigenhauser, G. J. and Jones, N. L. (1989). Muscle glycogenolysis and H⁺ concentration during maximal intermittent cycling. *J Appl Physiol*, 66(1), 8-13.
- Stathis, C. G., Febbraio, M. A., Carey, M. F. and Snow, R. J. (1994). Influence of sprint training on human skeletal muscle purine nucleotide metabolism. *J Appl Physiol*, 76(4), 1802-9.
- Thomas, C., Bishop, D., Moore-Morris, T. and Mercier, J. (2007). Effects of high-intensity training on MCT1, MCT4, and NBC expressions in rat skeletal muscles: influence of chronic metabolic alkalosis. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 293(4), E916-22.
- Thomas, C., Sirvent, P., Perrey, S., Raynaud, E. and Mercier, J. (2004). Relationships between maximal muscle oxidative capacity and blood lactate removal after supra-maximal exercise and fatigue indexes in humans. *J Appl Physiol*, 97(6), 2132-8.
- Weston, A. R., Myburgh, K. H., Lindsay, F. H., Dennis, S. C., Noakes, T. D. and Hawley, J. A. (1997). Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 75(1), 7-13.