

Massimiliano Gollin,
 Centro Ricerche scienze motorie,
 Unità di Allenamento e performance,
 Scuola universitaria interfacoltà in
 Scienze motorie, Università
 degli Studi di Torino;

Luca Baseggio, Scuola universitaria
 interfacoltà in Scienze motorie,
 Università degli Studi di Torino;

Alessandro Luciano,
 Centro di Medicina preventiva
 e dello sport, Università di Torino

In un gruppo di sportivi praticanti fitness, è stato verificato se la flessibilità della muscolatura estensoria del rachide e della loggia posteriore dell'arto inferiore subisce modificazioni circadiane e se tali variazioni sono correlate alla forza muscolare e alla temperatura corporea. Venti soggetti praticanti fitness muscolare (dodici soggetti di sesso maschile (Gm), con età di 25 ± 3 anni (media \pm deviazione standard), peso pari a 73 ± 11 kg e statura di 174 ± 5 cm e otto soggetti di sesso femminile (Gf) di età di 25 ± 6 anni (media \pm deviazione standard), peso di 56 ± 6 kg e statura pari a 166 ± 8 cm), sono stati sottoposti a una batteria di test di flessibilità, forza e temperatura corporea. La variazione della flessibilità muscolo-tendinea (Fmt) compresa tra le ore 6.00 e le ore 21.00 risulta dipendente dall'ora del giorno. In entrambi i sessi si verifica una variazione di Fmt dalle ore 6.00 alle ore 21.00 ($p < 0,001$). I dati sottolineano come nelle prime ore del giorno si registrano i livelli più bassi di Fmt. Tale evidenza indica come il riscaldamento degli atleti dalle ore 6.00 alle 9.00 deve essere particolarmente curato e progressivo. Il trend della Fmt rende noto come l'orario post meridiano, fino a tarda serata, sia la fascia oraria più favorevole in entrambi i gruppi al potenziamento della Fmt, sia con tecniche di stretching statiche che dinamiche. Le correlazioni condotte tra Fmt, forza muscolare e temperatura corporea nelle diverse fasce orarie non evidenziano relazioni significative.



FOTO VANDA BIFFANI – UFFICIO STAMPA FULKAM

RITMI CIRCADIANI E FLESSIBILITÀ MUSCOLO-TENDINEA

Variazione circadiana
 della flessibilità muscolo-tendinea
 e prestazione sportiva



Foto CULZETTI & MARIUCCI EDITORI

Introduzione

La mobilità dell'apparato locomotore è considerata, nella teoria e metodologia dell'allenamento sportivo, uno dei pre-requisiti fondamentali per l'ottenimento della massima *performance*. Essa è la risultante di due componenti: la *mobilità articolare (Ma)* e la *flessibilità muscolo-tendinea (Fmt)*. La *Ma* è allenabile, oltre che con sovrappesi, anche grazie ad esercizi definiti "a corpo libero o "callistenici". Essi ripropongono il movimento delle articolazioni, nella loro massima espressione di mobilità. La flessibilità muscolo-tendinea (*Fmt*), cioè la capacità di elongazione della muscolatura striata, è allenabile anche con differenti tecniche di *stretching* grazie a cui è possibile incrementare la capacità di elongazione mio-tendinea del gruppo muscolare oggetto di allenamento. Mentre sembra essere riconosciuto da alcuni Autori che l'allenamento longitudinale attraverso lo *stretching* produca un incremento della flessibilità muscolo-tendinea (Worrel et al. 1994), altri Autori evidenzerebbero come lo *stretching* non abbia effetti particolari sulla prevenzione degli infortuni (Herbert, Gabriel 2002) e sul riscaldamento (Van Mechelen et al. 1993). Altri ritengono che, al contrario, se somministrato prima della prestazione sportiva lo *stretching* possa peggiorare il rendimento dell'atleta in gara (Wiemann,

Klee 2000; Young, Elliot 2001; Kokkonen et al. 1997). Nonostante sia disponibile, nella letteratura di settore, un'ampia bibliografia sull'unità muscolo-tendinea, con particolare riferimento alla sua risposta elastica in funzione di un determinato regime di contrazione (Bisciotti et al. 2000; Bisciotti et al. 2001; Bisciotti et al. 2002; Ciccarone et al. 2004), al suo allenamento in base a differenti tecniche di *stretching* (Wydra 2001), alla variazione della flessibilità muscolo-tendinea in funzione della temperatura corporea (Proske, Morgan 1999) e alla sua modificazione durante la seduta di allenamento (Gollin et al. 2006), risulta ancora poco indagata la sua cinetica circadiana e le sue possibili ripercussioni sulla metodologia specifica dell'allenamento sportivo (Zaciorskij 1970; Baxter, Reilly 1983; Fathallah et al. 1995; Bulatova, Platonov 1997).

Le diverse attività sportive possono trovarsi nella condizione di attivare allenamenti o gare in differenti fasce orarie che spesso possono partire dalle 06.00 del mattino per arrivare alle 21.00 e oltre. In aggiunta, un altro problema si pone per gli atleti di alto livello obbligati a trasferire intercontinentali che determinano alterazioni dei ritmi sonno-veglia che potrebbero influire negativamente sulla *performance* sportiva (Pirritano et al 1997; Manfredini et. al 1998). Tra gli altri si evidenziano: disturbi del sonno, difficoltà alla

concentrazione, irritabilità, depressione, affaticamento generale, difficoltà ad ambientarsi, diminuzione dell'appetito e spesso disturbi gastrointestinali. Oltre a questi sintomi, gli atleti risulterebbero essere esposti ad un periodo di tempo variabile individualmente, prima del rifasamento dei propri ritmi fisiologici con i nuovi fusi orari, all'interno del quale la *performance* potrebbe subire notevoli cali di rendimento. Tali variazioni sembrerebbero meno influenti nei viaggi da est a ovest, probabilmente per una maggiore disponibilità dell'orologio biologico ad allungare le giornate, piuttosto che nel senso contrario (Zani, Rossi 1984; Saibene et al. 1995). La migliore funzionalità delle capacità fisiche sembrerebbe collocarsi tra le 10.00 e le 13.00 del mattino, successivamente seguita da una non significativa diminuzione pomeridiana della medesima, con una ripresa tra le 16.00 e le 19.00, mentre secondo Hollman, Hettinger, come citato da Bulatova e Platonov (1997), il livello minimo del rendimento psico-fisico si evidenzerebbe tra le 02.00 e le 04.00 di notte.

Tra le variazioni più importanti sono state evidenziate:

- una fluttuazione di circa il 3-7% nel consumo di ossigeno, con valori minimi alle 10.00 del mattino e incremento verso le 18.00 post-meridiane (Saibene et al. 1995);
- una fluttuazione della temperatura corporea di circa 0,5 C° con valori minimi alle 5.00 del mattino ed incremento verso le ore 16.00 post-meridiane (Faria, Drummond 1982);
- una variazione della frequenza cardiaca simile alle variazioni della temperatura corporea, ma con differenze comprese dal 20 al 30 % (Reilly, Robinson, Minors 1984);
- una variazione della pressione arteriosa, con valori più elevati nel pomeriggio (Barattini 1997).

Alcuni Autori sottolineano come in differenti sport si possano riscontrare variazioni circadiane di rendimento. Ad esempio nel canottaggio e nel lancio del peso, si sono evidenziate prestazioni più elevate intorno alle ore 17.00, per l'attività di corsa intorno alle 19.00 (Winget et al. 1985), mentre per il nuoto di potenza e velocità (100 e 400 m) si evidenzerebbero picchi di performance intorno alle 22.00 (Baxter, Reilly 1983). In soggetti sedentari, nelle prime ore del giorno, la capacità di forza, resistenza e flessibilità possono essere inferiori del 5-10% rispetto al periodo compreso tra le 11.00 e le 13.00 e tra le 16.00 e le 19.00 (Hill, Smith 1991,

in Bulatova, Platonov 1997). Tuttavia è stato osservato come in atleti abituati ad allenarsi di mattino presto, tra le 07.00 e le 8.00, le capacità di prestazione possano essere superiori agli stessi parametri misurati in tarda mattinata o in tardo pomeriggio (Bulatova, Platonov 1997) evidenziando come l'argomento risulti ancora controverso.

Lo scopo del presente studio è di verificare, in un gruppo di sportivi, praticanti *fitness* a livello non agonistico, se la flessibilità della muscolatura estensoria del rachide e della loggia fasciale posteriore dell'arto inferiore subisca modificazioni circadiane e se tali variazioni siano correlate alla forza muscolare e alla temperatura corporea sub-linguale.

Materiali e metodi

Il gruppo campione

Il gruppo campione da noi esaminato era composto da venti soggetti, sportivi praticanti *fitness* muscolare e aerobico a livello non agonistico: dodici soggetti di sesso maschile (*Gm*), con età di 25 ± 3 anni (media \pm deviazione standard), peso pari a 73 ± 11 kg e statura pari a 174 ± 5 cm e otto soggetti di sesso femminile (*Gf*) la cui età era di 25 ± 6 anni (media \pm deviazione standard), il peso pari a 56 ± 6 kg e la statura pari a 166 ± 8 cm. I soggetti si allenavano mediamente tre volte alla settimana.

Tutti gli individui hanno mantenuto prima della settimana dei test la loro normale attività di allenamento e di impegno sociale. Nessuno di loro, al momento del campionamento, ha denunciato patologie di tipo metabolico, artro-osteo-muscolare o dermatologiche oppure dolori determinati da allenamenti intensi effettuati nei giorni precedenti ai test, tali da inibire i gesti atletici richiesti. Tutti i soggetti che hanno preso parte al protocollo sono stati preventivamente informati sullo scopo dello studio e sulla tempistica delle fasi dei test. Prima dell'inizio delle misurazioni sono state spiegate le modalità bio-meccaniche dello studio, al fine di ridurre al minimo gli errori derivanti da eventuali cattive esecuzioni. È stato spiegato a tutti i partecipanti che i test dovevano essere svolti con il massimo impegno psico-fisico, al fine di rendere attendibili le rilevazioni delle variabili indagate. Nessuno dei soggetti dello studio svolgeva lavori notturni che avrebbero potuto determinare variazioni del ritmo circadiano. Durante lo svolgimento dei test (ad intervalli di tre ore, dalle 6.00 del mattino fino alle 21.00 di sera) nessun partecipante ha effettuato sedute di allenamento, per evitare interferenze con i parametri indagati nello studio.

Il campionamento delle variabili

La batteria dei test previsti per il gruppo *Gm* e *Gf* è stata somministrata in contemporanea, una sola volta, nella giornata del sabato. Tale scelta si è resa necessaria in funzione della particolarità dello studio che prevedeva la disponibilità degli sportivi ad iniziare il primo rilevamento a partire dalle 06.00 del mattino.

Sono state rispettate, affinché non ci fossero modificazioni nelle misure indagate, le seguenti procedure tecniche e logistiche:

- Unità del luogo di attuazione dei test.
- La medesima tipologia delle attrezzature.
- Medesimi tecnici che hanno rilevato i dati.
- Stessa temperatura ambiente, che nelle sessioni di test si è potuta quantificare pari a $22 \pm 1^\circ\text{C}$.
- Tutti i test di flessibilità sono stati eseguiti a piedi scalzi.
- L'ordine dei test è stato randomizzato.

La tipologia e i protocolli dei test utilizzati

I test effettuati sono stati:

- **Test della flessibilità muscolo-tendinea del busto a partire dalla stazione eretta (Ts-FMT-Se):** il test consiste nel far salire il soggetto a piedi scalzi su un cubo di legno. Al centro di uno dei suoi lati verticali è stata applicata una scala centimetrata con la posizione dello zero a livello del piano di appoggio dei piedi (asta graduata con escursione compresa tra -20 e $+40$ cm). Dopo aver fatto salire l'atleta sul cubo, ed effettuato il posizionamento dei piedi scalzi uniti e a filo dello spigolo del cubo, allineati sulla linea di mezz'ora in corrispondenza della scala centimetrata, è stato chiesto al soggetto di flettere il busto in avanti, con un movimento lento e progressivo al fine di limitare l'attivazione dei fusi neuromuscolari, mantenendo le ginocchia in estensione e il capo flesso avanti. Con le mani sovrapposte e utilizzando la punta delle dita medie come indicatore scorrevole per la scala centimetrata si è raggiunta la massima flessibilità muscolo tendinea. Un operatore ha vigilato che il test fosse eseguito correttamente prendendo nota del valore raggiunto nel punto di massima flessibilità sull'apposita scala di riferimento. La lettura del dato da parte dell'operatore è avvenuta immediatamente dopo il raggiungimento della posizione di massima flessione in avanti.

- **Test della flessibilità muscolo-tendinea del busto dalla stazione seduta (Ts-FMT-Ss):** a differenza del test precedente, il soggetto viene fatto sedere a terra con le gambe in estensione ed i piedi uniti scalzi in appoggio sulla pedana, che ora appare ruotata con un angolo di 90° . A livello dell'appoggio dei piedi si evidenzia lo zero della scala centimetrata (asta graduata con escursione compresa tra -20 e $+30$ cm), che ora risulta essere parallela rispetto al pavimento. Le modalità esecutive di questo secondo test sono le medesime di quelle descritte precedentemente. Per ambedue i test si è deciso di eseguire una sola prova massimale, al fine di evitare che la ripetizione del gesto potesse viziare la misura diventando un esercizio di stretching statico. Le due prove di flessibilità sono state intervallate da un tempo di circa 25 secondi (± 10 secondi), al fine di permettere il posizionamento dell'atleta sulla nuova stazione.
- **Il test di forza isometrica massima dei flessori dell'avambraccio:** il test prevede che il soggetto rimanga in stazione eretta, impugnando un dinamometro meccanico "Collin", della ditta *Dimed Surgical Instruments*, ed esegua una massima contrazione volontaria (MVC) dei muscoli flessori dell'avambraccio destro. Durante la prova, l'angolo tra avambraccio e braccio è stato fissato a circa 120° . È stato inoltre richiesto ai soggetti di non appoggiare il gomito al tronco per evitare di falsare la misura sfruttando un punto di appoggio. Sono state eseguite due prove massimali con l'individuazione della migliore, cioè quella con il valore più alto. Il recupero tra una prova e la successiva è stato di circa un minuto.
- **Il test di misurazione delle temperatura corporea con tecnica sub-linguale:** per questo test è stato utilizzato un termometro prismatico di uso comune "Pic", della ditta *Artsana*. Esso è in grado di rilevare la temperatura corporea da $35,5^\circ$ a 42°C con una sensibilità di $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Lo strumento è stato utilizzato mettendo l'estremità sotto la lingua e si è rilevata la temperatura dopo cinque minuti. Ogni soggetto è stato fornito di un termometro personale per la rilevazione prima e dopo i test.

Analisi statistica

Per la verifica dell'ipotesi è stata utilizzata la statistica descrittiva e la statistica non parametrica utile alla valutazione di gruppi campione numericamente ridotti. Il livello di significatività "*p*" è stato fissato a 0,05. I test statistici utilizzati sono stati i seguenti:

- Il test non parametrico *Anova di Friedman*: effettuato confrontando i dati appaiati delle differenti fasce orarie.
- Il test *Post-hoc di Dunns*: effettuato confrontando i dati appaiati delle differenti fasce orarie.
- Il test della *Correlazione di Spearman*: che ha permesso di valutare la correlazione tra la flessibilità, la forza e la temperatura corporea.

Tutte le analisi sono state compiute utilizzando il software *Statistica 6.1, Statsoft Italia*.

Analisi dei risultati

Variatione circadiana diurna della flessibilità muscolo-tendinea a partire dalla stazione eretta, nel gruppo maschile

I dati analizzati con l'*Anova di Friedman* hanno evidenziato una dipendenza dal fattore tempo della flessibilità muscolo-tendinea (dalle ore 06.00 alle ore 21.00, $p < 0,001$). Il *post-hoc* (figura 1) ha evidenziato differenze significative tra i valori registrati alle ore 06.00 e le ore 09.00 ($p < 0,05$), le ore 12.00 ($p < 0,001$), le ore 15.00 ($p < 0,01$) e le ore 21.00 ($p < 0,01$).

L'incremento medio percentuale della flessibilità muscolo-tendinea è pari a 397 (min-max: 369,80-400,22)

Variatione circadiana diurna della flessibilità muscolo-tendinea a partire dalla stazione seduta, nel gruppo maschile

I dati analizzati con l'*Anova di Friedman* hanno evidenziato una dipendenza dal fattore tempo della flessibilità muscolo-tendinea (dalle ore 06.00 alle ore 21.00, $p < 0,001$).

Il *post-hoc* (figura 2) ha evidenziato differenze significative tra i valori registrati alle ore 06.00 e le ore 09.00 ($p < 0,05$), le ore 12.00 ($p < 0,001$), le ore 15.00 ($p < 0,05$), le ore 18.00 ($p < 0,05$) e le ore 21.00 ($p < 0,01$). L'incremento medio percentuale della flessibilità muscolo-tendinea è pari a 322 (min-max: 273,95; 373,95).

Variatione circadiana diurna della forza massima isometrica, nel gruppo maschile

I dati analizzati con l'*Anova di Friedman* non hanno evidenziato una dipendenza dal fattore tempo della forza muscolare dalle ore 06.00 alle ore 21.00 (figura 3). L'incremento medio percentuale della forza massima isometrica dei flessori della mano destra è pari a 8,3 (min-max: 5,37; 12,40).

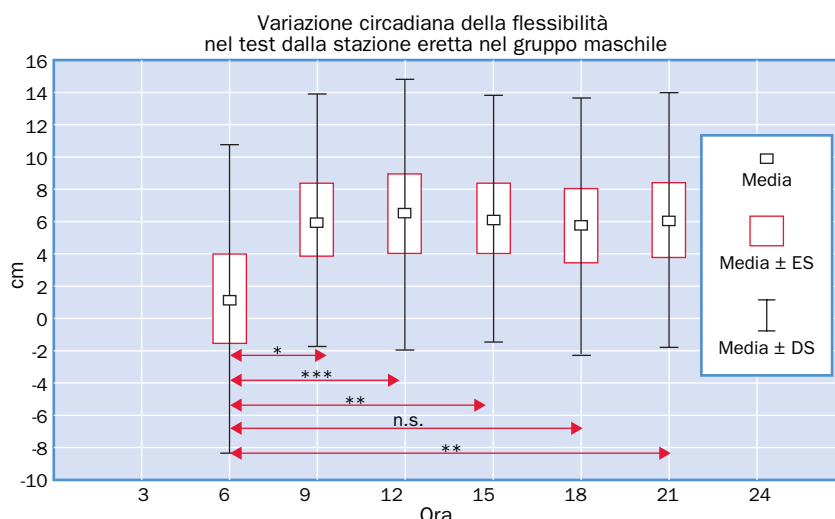


Figura 1 – Analisi grafica del test Ts-FMT-Se nelle varie fasce orarie della giornata, nel gruppo maschile. $p < 0,05 = *$; $p < 0,01 = **$; $p < 0,001 = ***$ (Test Post-hoc).

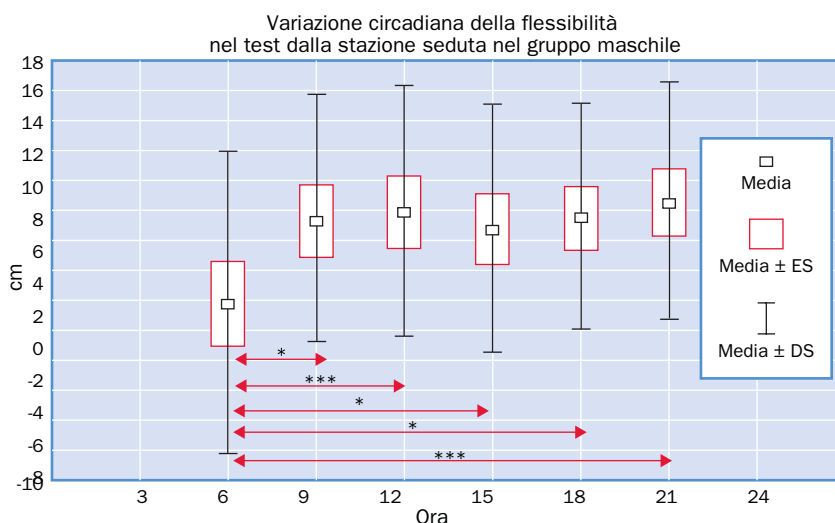


Figura 2 – Analisi grafica del test Ts-FMT-Se nelle varie fasce orarie della giornata, nel gruppo maschile. $p < 0,05 = *$; $p < 0,001 = ***$ (Test Post-hoc).

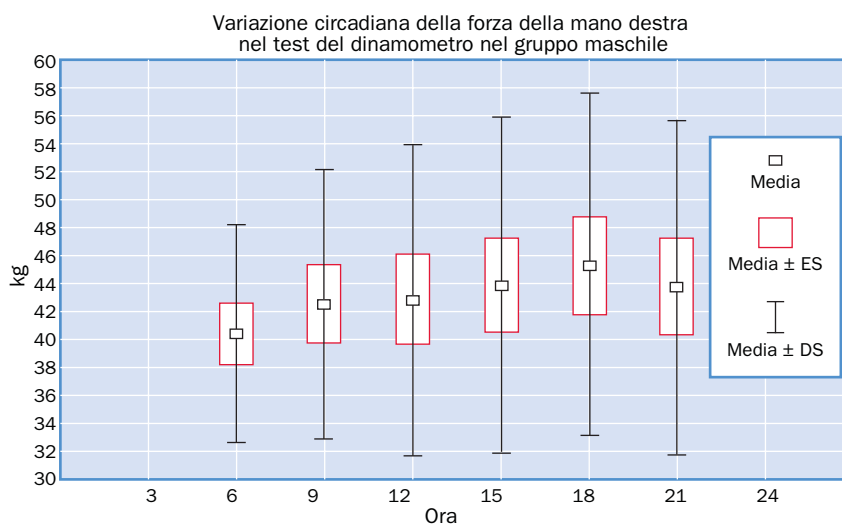


Figura 3 – Analisi grafica della test forza della mano destra nelle varie fasce orarie della giornata, nel gruppo maschile.

Variazione circadiana diurna della temperatura corporea sub-linguale, nel gruppo maschile

I dati analizzati con l'Anova di Friedman non hanno evidenziato una dipendenza dal fattore tempo della temperatura corporea dalle ore 06,00 alle ore 21.00 (figura 4). L'incremento medio percentuale della temperatura corporea è pari a 0,35 (min-max: 0,18;0,65).

Variazione circadiana diurna della flessibilità muscolo-tendinea a partire dalla stazione eretta, nel gruppo femminile

I dati analizzati con l'Anova di Friedman hanno evidenziato una dipendenza dal fattore tempo della flessibilità muscolo-tendinea (dalle ore 06.00 alle ore 21.00, $p < 0,001$). Il *post-hoc* (figura 5) ha evidenziato differenze significative tra i valori registrati alle ore 06.00 e le ore 15.00 ($p < 0,05$), le ore 18.00 ($p < 0,001$) le ore 21.00 ($p < 0,001$) e tra le ore 09.00 e le ore 21.00 ($p < 0,05$). L'incremento medio percentuale della flessibilità muscolo-tendinea è pari a 424 (min-max: 320,25; 484,18).

Variazione circadiana diurna della flessibilità muscolo-tendinea a partire dalla stazione seduta, nel gruppo femminile

I dati analizzati con l'Anova di Friedman hanno evidenziato una dipendenza dal fattore tempo della flessibilità muscolo-tendinea (dalle ore 6.00 alle ore 21.00, $p < 0,001$). Il *post-hoc* (figura 6) ha evidenziato differenze significative tra i valori registrati alle ore 06.00 e le ore 12.00 ($p < 0,05$), le ore 15.00 ($p < 0,01$), le ore 18.00 ($p < 0,001$), le ore 21.00 ($p < 0,001$). L'incremento medio percentuale della flessibilità muscolo-tendinea è pari a 119 (min-max: 89,84; 132,96).

Variazione circadiana diurna della forza massima isometrica, nel gruppo femminile

I dati analizzati con l'Anova di Friedman non hanno evidenziato una dipendenza dal fattore tempo della forza muscolare dalle ore 06,00 alle ore 21.00 (figura 7). L'incremento medio percentuale della forza massima isometrica dei flessori della mano destra è pari a 12 (min-max: 8,57; 15,43).

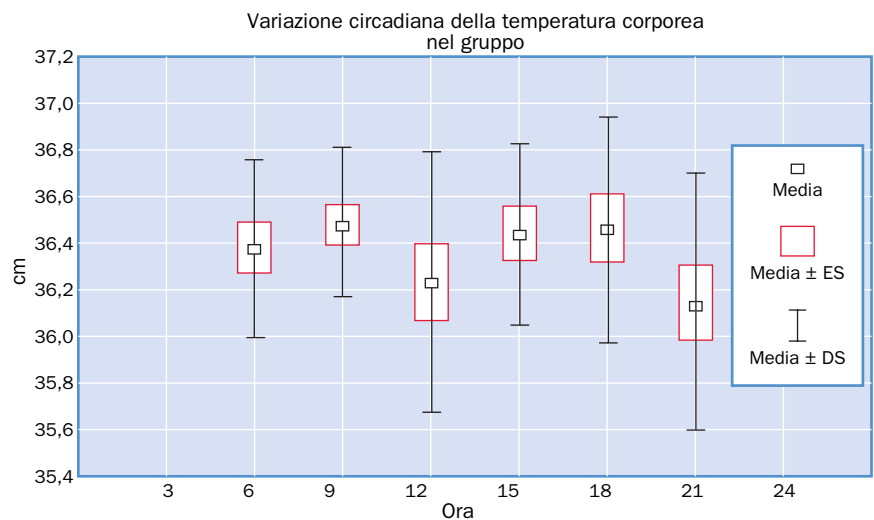


Figura 4 – Analisi grafica del test della temperatura sub-linguale nelle varie fasce orarie della giornata, nel gruppo maschile.

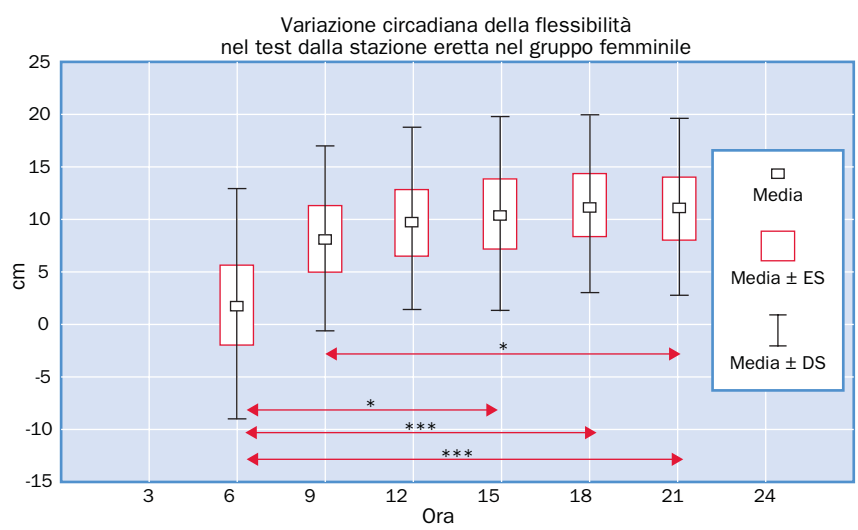


Figura 5 – Analisi grafica del test Ts-FMT-Se nelle varie fasce orarie della giornata, nel gruppo femminile. $p < 0,05 = *$; $p < 0,001 = ***$ (Test Post-hoc).

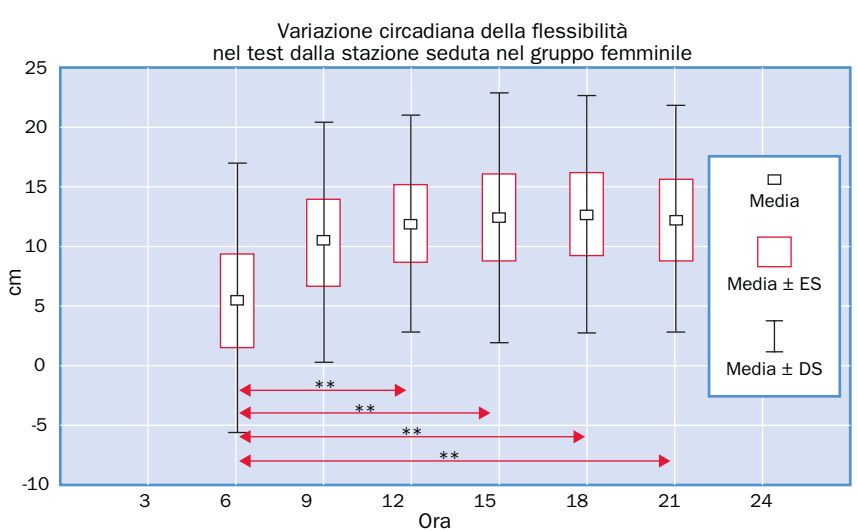


Figura 6 – Analisi grafica del test Ts-FMT-Ss nelle varie fasce orarie della giornata, nel gruppo femminile. $p < 0,01 = **$ (Test Post-hoc).

Variazione circadiana diurna della temperatura corporea sub-linguale, nel gruppo femminile

I dati analizzati con l'*Anova di Friedman* non hanno evidenziato una dipendenza dal fattore tempo della temperatura corporea dalle ore 06,00 alle ore 21,00 (figura 8). L'incremento medio percentuale della temperatura corporea è pari a 0,12 (min-max: 0,03;0,21).

Correlazioni

Dall'analisi delle matrici di correlazione, effettuate tramite il *test per ranghi di Spearman*, si evidenzia come sia nel *Gm* che nel *Gf* i due test di flessibilità siano risultati correlati ($r > 0,7$; $p < 0,05$) in tutte le fasce orarie. Mentre tutte le altre correlazioni effettuate tra i test di flessibilità, forza isometrica e temperatura corporea sub-linguale non hanno evidenziato correlazioni significative. Solo nel *Gf* la temperatura corporea delle ore 12 confrontata con la *Fmt* delle restanti fasce orarie ha evidenziato correlazioni significative ($r > 0,7$; $p < 0,05$). Tuttavia, quest'ultimo comportamento non verificandosi nelle altre fasce orarie prese in esame non evidenzerebbe un legame endogeno delle due variabili.

Discussione dei risultati

In entrambi i gruppi (*Gm* e *Gf*) si è verificato un incremento significativo ($p < 0,001$) della *Fmt* dal mattino alla sera osservato in entrambi i test di flessibilità. Tuttavia le cinetiche dei gruppi hanno evidenziato due differenti andamenti.

Nel sesso *maschile*, entrambi i test di flessibilità hanno evidenziato un picco di *Fmt* alle 12,00 con una deflessione pomeridiana tra le 15,00 e le 18,00 ed una ripresa serale (pur non significativa) tra le 18,00 e le 21,00. Il confronto tra il valore ottenuto alle ore 06,00 (basale) e le ore 21,00 ha evidenziato una differenza percentuale del 399% nel test dalla stazione eretta ($p < 0,01$) e una differenza percentuale del 374% nel test dalla stazione seduta ($p < 0,001$).

Nel sesso *femminile* il picco di flessibilità è posticipato rispetto a *Gm* e raggiunto in modo progressivo alle ore 18,00, circa sei ore dopo *Gm*; da questo punto in poi la riduzione della flessibilità in *Gf* è rimasta pressoché costante, evidenziando una differenza non significativa tra le ore 18,00 e le ore 21,00. I due test di *Fmt* condotti nel gruppo *Gf*, hanno evidenziato, come osservato in *Gm*, una differenza tra il valore basale e l'ultimo campionamento serale, mostrando una differenza percen-

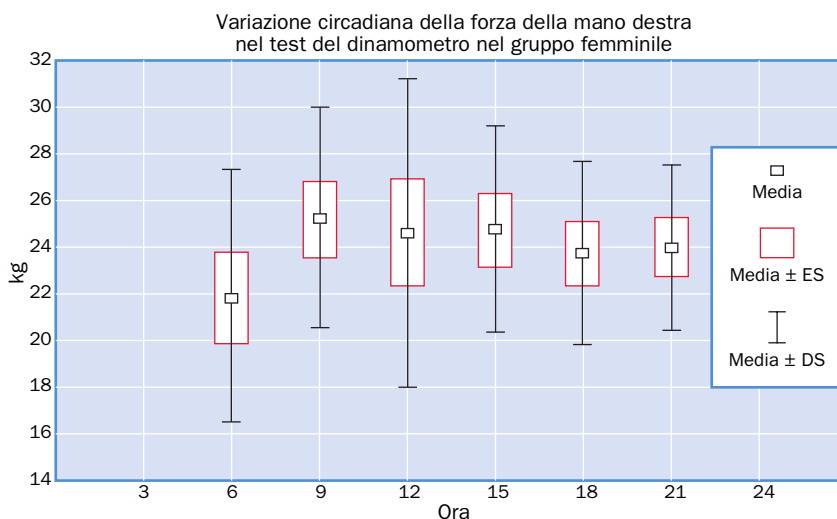


Figura 7 – Analisi grafica della test forza della mano destra nelle varie fasce orarie della giornata, nel gruppo femminile.

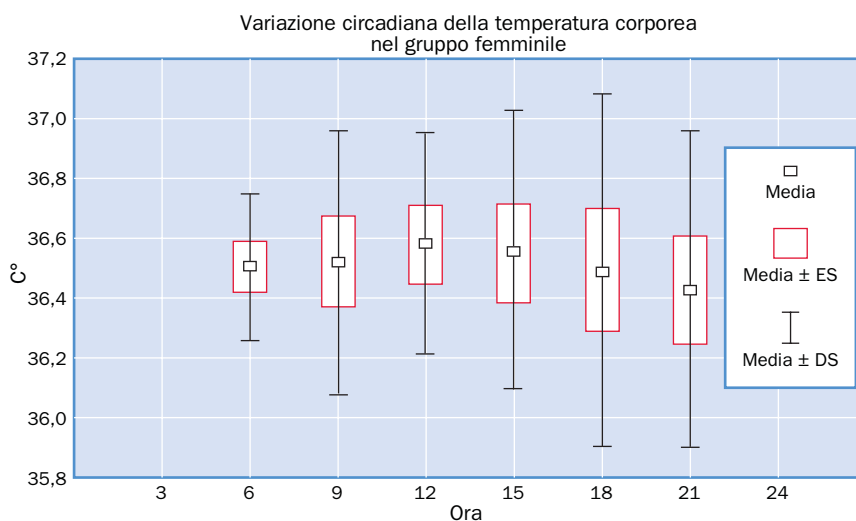


Figura 8 – Analisi grafica del test della temperatura sub-linguale nelle varie fasce orarie della giornata, nel gruppo femminile.



tuale del 472% nel test dalla stazione eretta ($p < 0,001$), una differenza percentuale del 128% nel test dalla stazione seduta ($p < 0,001$).

A conferma delle osservazioni precedenti, che evidenziano un importante incremento della flessibilità dal mattino alla sera, altri ricercatori (Baxter, Reilly 1983) hanno notato un simile andamento in un gruppo di atleti praticanti nuoto. Anche nel loro caso si nota una variazione significativa nel campionamento effettuato in cinque differenti giorni in un orario compreso tra le 06.30 del mattino fino alle 22.00 con un'accentuazione dei valori della *Fmt* in tarda mattinata e verso le ore serali. Ulteriore conferma ci viene riportata da altri studiosi (Russell et al. 1992) che, indagando la flessibilità della zona lombare nelle ventiquattro ore, notarono come la flessibilità decadesse con la fase notturna e si mantenesse bassa fino a quattro ore dopo essersi alzati, per poi aumentare significativamente rispettivamente al pomeriggio e in tarda serata.

Alcuni ricercatori hanno proposto l'ipotesi che l'incremento della flessibilità dal mattino alla sera possa essere dovuta ad una riduzione dello spessore dei dischi intervertebrali, che subirebbero un progressivo assottigliamento con un aumento della lassità dell'apparato muscolo-tendineo del rachide (Fathallah et al. 1995) e, quindi, un indiretto incremento della flessibilità del tronco. Lo stesso gruppo di ricerca evidenzia l'ipotesi che, essendo la flessibilità in funzione dell'ora del giorno ed evidenziando come il mattino presto tale parametro sia inferiore rispetto alle altre ore del giorno, tale fascia oraria parrebbe essere la più sensibile a traumi del rachide, soprattutto orientati alla componente mio-tendinea. Tale osservazione indicherebbe come il riscaldamento generale degli atleti prima dell'allenamento, dovrebbe essere particolarmente curato ed estensivo dalle 06.00 alle 09.00 del mattino.

La forza massimale della mano destra (*MVC*), sia nel gruppo *Gm* sia nel gruppo *Gf* è stata testata in differenti fasce orarie della giornata, con la stessa frequenza di campionamento della flessibilità muscolo-tendinea. Anche nell'analisi di questa capacità muscolare si sono evidenziate due differenti cinetiche in funzione dell'ora del giorno. Nel gruppo *Gm*, la forza ha evidenziato una percentuale di incremento graduale dalle ore 06.00 fino alle ore 18.00, dove si è potuto osservare il suo culmine, arrivando ad una differenza percentuale tra il valore basale e le 18.00 del 12,4% e del 8,47% tra il valore basale e le ore 21.00: l'*Anova di Friedman* non ha evidenziato una dipendenza della forza dal fattore tempo ($p > 0,05$).

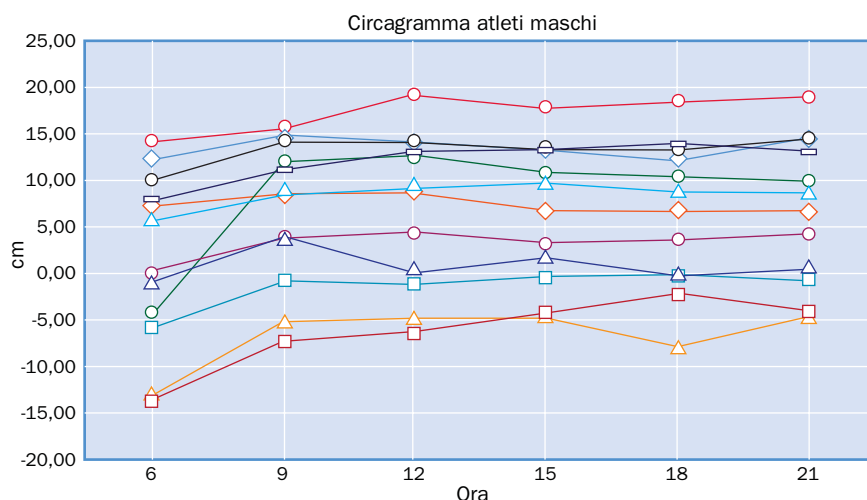


Figura 9 – Esempio dell'analisi grafica delle differenti curve di flessibilità degli atleti maschi nel test eseguito dalla stazione eretta.

Nel gruppo *Gf* la forza ha anticipato il suo picco alle ore 09.00, con una differenza percentuale del 15,43% rispetto al valore basale misurato alle ore 06.00. Tali valori sono rimasti pressoché stabili fino alle ore 15.00. Dopo tale orario, i valori sono lentamente regrediti, ma mai in modo significativo rispetto alle ore 09.00, fino ad apparire stabilizzati all'incirca tra le ore 18.00 e le ore 21.00: l'*Anova di Friedman* non ha evidenziato una dipendenza della forza dal fattore tempo ($p > 0,05$).

A supporto delle nostre osservazioni Baxter e Reilly (1983), hanno evidenziato come, in un gruppo di nuotatori testati in cinque differenti orari della giornata, tra le 06.30 e le 22.00, nei 100 e 400 m, la forza abbia mostrato una significativa tendenza all'incremento verso le ore serali ed un peggioramento al mattino presto, ma come essa non risultata correlata alla variazione della temperatura corporea sub-linguale. Sembra verosimile che il riscaldamento fisico generale e specifico siano scorrelati dalla variazione circadiana della temperatura corporea media sublinguale, nei soggetti maschi e nelle femmine. Forse è la temperatura muscolo-specifica, indotta dal riscaldamento cardiovascolare generale, a migliorare la flessibilità e non quella metabolica media rilevata sub-lingualmente.

Dall'analisi dei dati trattati precedentemente, appare evidente come il momento meno favorevole all'allungamento mio-tendineo sia quello delle prime ore del giorno sino a metà mattinata. Dopodiché, risulterebbe evidenziarsi un comportamento differente in funzione del genere. In particolare, dalle ore 09.00 in poi si evidenzerebbero nette e significative differenze percentuali con picco alle ore 12.00 nel gruppo *Gm* e picco

tra le ore 18.00 e le ore 21.00 nel gruppo *Gf*. Con riferimento a tale andamento sarebbe consigliabile allenare la flessibilità muscolo-tendinea in un lasso di tempo compreso tra le ore 12.00 e le ore 21.00 in entrambi i gruppi. La seconda parte della giornata risulterebbe più favorevole all'incremento della flessibilità muscolo-tendinea, sia attiva sia passiva, e quindi utile all'incremento della riserva di flessibilità, a patto che tale allenamento sia sempre preceduto da un adeguato riscaldamento. Un recente studio (Gollin et al. 2005) ha evidenziato come, in un gruppo di karatechi di alto livello, la differenza del valore di *Fmt* tra pre e post *warm-up*, effettuato con gli arti inferiori, sia capace di generare, nel test di flessibilità dalla stazione eretta, variazioni percentuali di elongazione muscolare del 50% nel sesso maschile e del 20% nel sesso femminile.

La costruzione di un programma di allenamento individualizzato, oltre alle variabili morfo-funzionali e alla fattibilità degli obiettivi mirati, dovrebbe prevedere la conoscenza delle migliori fasce orarie per lo sviluppo delle capacità fisiche ricercate dall'atleta al fine di poter programmare al meglio il suo allenamento. A tal proposito, ci preme sottolineare come l'andamento circadiano della flessibilità muscolo-tendinea dei soggetti esaminati segua variazioni individuali. Definendo come "Circagramma" la variazione della flessibilità durante la giornata, la sua conoscenza potrebbe essere un dato importante per lo sviluppo della massima performance di alto livello. Si riporta un grafico esemplificativo dove in ascisse sono indicate le fasce orarie e in ordinate i centimetri raggiunti dai differenti atleti maschi dalle 06.00 alle 21.00 (figura 9).

Conclusioni

Lo studio effettuato evidenzia come la variazione diurna della *Fmt* del tronco risulti dipendente dall'ora del giorno, definendo cambiamenti di *Fmt* sia nel *Gm* che nel *Gf*. In entrambi i gruppi si è verificato un incremento significativo ($p < 0,001$) della *Fmt* dal mattino alla sera. Tuttavia, nel sesso femminile il picco di flessibilità è posticipato di circa sei ore rispetto al gruppo maschile. Il mattino presto la *Fmt* risulta essere nettamente inferiore rispetto alle altre ore del giorno, tale fascia oraria potrebbe essere la più sensibile a traumi del rachide soprattutto orientati alla componente mio-tendinea. Questo indicherebbe come il riscaldamento degli atleti dalle 06.00 alle 09.00 del mattino debba essere particolarmente curato. Con riferimento a tali risultati sarebbe consigliabile allenare la flessibilità muscolo-tendinea in un lasso di tempo compreso tra le ore 12.00 e le ore 21.00 in entrambi i gruppi. L'analisi delle correlazioni ha evidenziato come, sia nel *Gm* che nel *Gf*, i due test di flessibilità siano risultati correlati in tutte le fasce orarie ($p < 0,05$). Al contrario,



Foto Vision

la forza, la temperatura corporea e l'elongazione mio-tendinea risulterebbero non correlate.

La specificità del gruppo campione non permette di estendere i dati rilevati su altre discipline. Sarebbe quindi interessante verificare, in atleti, praticanti altre discipline agonistiche e amatoriali, se l'andamento delle variabili indagate si manifesti con la stessa cinetica, al fine di stabilire linee guida con cui orientare la costruzione di una programmazione dell'allenamento sempre più obiettiva e personalizzata.

L'Autore e responsabile della ricerca: dott. Massimiliano Gollin, docente in Metodologia della prestazione presso la Scuola universitaria interfaccoltà in scienze motorie (SUISM) dell'Università di Torino, responsabile dell'Unità Allenamento e Performance presso il Centro ricerche scienze motorie, SUISM, Università degli Studi di Torino. Allenatore di IV Livello CONI.

Indirizzo dell'Autore:
massimiliano.gollin@unito.it

Bibliografia

- Barattini P., Circadian rhythms, athletic performance and jet-leg, *Med. Sport*, 50, 1997, 2, 127-139.
- Baxter C., Reilly T., Influence of time of day on all-out swimming, *Br. J. Sports Med.*, 17, 1983, 2, 122-127.
- Bisciotti G. N., Scanavino A., Trevisson P., Necchi P., Kratter G., Gaudino C., Sagnol J. M., Analisi delle caratteristiche elastiche dell'unità muscolo tendinea e delle capacità di equilibrio di due diverse tipologie atletiche, *Medicina dello sport*, 53, 2000, 2, 125-135.
- Bisciotti G. N., Mognoni P. P., Iodice A., Canclini A., Pre-stiramento e parametri biomeccanici del salto verticale, *SDS-Scuola dello Sport*, 21, 2002, 57, 41-46.
- Bisciotti G. N., Ruby A., Jaquemod C., Biomeccanica dei salti nella pallavolo e nel beach-volley, *SDS-Scuola dello Sport*, 21, 2001, 52, 29-34.
- Bulatova M. M., Platonov V. P., Ritmi circadiani ed attività d'allenamento e di gara, *SDS-Scuola dello Sport*, 16, 1997, 39, 20-27.
- Ciccarone G., Fontani G., Albert A., Zhang L., Cloes M., Analisi delle caratteristiche antropometriche e delle capacità di salto di giovani pallavolisti di alto livello, *Medicina dello Sport*, 2004, 58, 1, 1-12.
- Faria I. E., Drummond B. J., Circadian changes in resting heart rate and body temperature, maximal oxygen consumption and perceived exertion, *Ergonomics*, 25, 1982, 5, 381-386.
- Fathallah F. A., Marras W. S., Wright P. L., Diurnal variation in trunk kinematics during a typical work shift, *J. Spinal Disord.*, 8, 1995, 1, 20-25.
- Gollin M., Luciano A., Colombo G., Dutto L., Simonetti L., La variazione della flessibilità durante la seduta di allenamento, *SDS-Scuola dello Sport*, 25, 2006, 69, 31-40.
- Herbert R. D., Gabriel M., Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review, *BMJ*, 2002, 325, 468-470.
- Kokkonen J., Nelson A. G., Cornwell A., Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69, 1997, 4, 411-415.
- Manfredini R., Manfredini F., Fersini C., Conconi F., Circadian rhythms, athletic performance, and jet lag, *Br. J. Sports Med.*, 12, 1998, 32, 101-106.
- Pirritano M., Cei A., Lucidi F., Violani C., La sindrome da Jet leg in atleti italiano di alto livello, *SDS-Scuola dello Sport*, 16, 1997, 39, 10-14.
- Proske U., Morgan D. L., Do cross-bridges contribute to the tension during stretch of passive muscle? Review, *J. Muscle Res. Cell. Motil.*, 20, 1999, 5-6, 433-442.
- Reilly T., Robinson G., Minors D.S., Some circulatory responses to exercise at different times of day, *Med. Sci. Sports Exerc.* 16, 1984, 5, 477-482.
- Russell P., Weld A., Percy M. J., Hogg R., Unsworth A., Variation in lumbar spine mobility measured over a 24-hour period., *Br. J. Rheumatol.*, 31, 1992, 5, 329-332.
- Saibene F., Rossi B., Cortili G., *Fisiologia e psicologia dello sport*, Bologna, ed. Zanichelli, 1995, 85-89.
- Van Mechelen W., Hlobil H., Kemper H. C., Voorn W. J., de Jongh H. R., Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercises, *Am. J. Sports Med.*, 21, 1993, 5, 711-719.
- Wiemann K., Klee A., Die Bedeutung von Dehnen und Stretching in der Aufwärmphase vor Hochleistungen, *Leistungssport*, 52, 2000, 4, 5-9 (traduzione italiana a cura di Gulinelli M., *Stretching e prestazioni sportive di alto livello*, SDS-Scuola dello Sport, 19, 2000, 49, 9-15).
- Winget C. M., Roshia C. W., Holley D. C., Circadian rhythms and athletic performance, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17, 1985, 5, 498-451.
- Worrel T. W., Smith T. L., Winegarder J., Effect of hamstring stretching on muscle performance, *J. Ortop. Sport Phys. Ther.*, 20, 1994, 3, 154-159.
- Wydra G., *Stretching – ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung*, *Sportwissenschaft*, 27, 2001, 409-427 (traduzione italiana a cura di M. Gulinelli, *Lo stretching ed i suoi metod*, SDS-Scuola dello sport, 20, 2001, 51, 39-48).
- Young W., Elliot S., Acute effect of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contraction on explosive force production and jumping performance, *Res. Quar. Exerc. Sport*, 72, 2001, 3, 273-279.
- Zaciorskij V. M., *Sportivnye Kacestva*, Mosca, Fizkul'tura i Sport, 1968 (traduzione italiana a cura di Zanon S., *Vigevano Le qualità motorie dello sportivo*, Ed. Atletica Leggera, 1970, 170).
- 26 Zani A., Rossi B., Ritmi biologici e prestazione, *SDS-Scuola dello Sport*, 3, 1984, 2, 6-13.