

Franco M. Impellizzeri, PhD, Centro di ricerca interuniversitario in Biomeccanica e scienze motorie, CeBiSM, Rovereto; Department of Research and Development, Schulthess Klinik, Zurigo; Maurizio Fanchini, MS, CeBiSM, Centro di ricerca interuniversitario in Biomeccanica e scienze motorie, Rovereto; Carlo Castagna, MS, Corso di Laurea in Scienze motorie, Facoltà di Medicina e chirurgia di Roma Tor Vergata, Roma; Samuele M. Marcora, PhD, School of Sport, Health and Exercise Sciences, Bangor University, Gales

LA PERCEZIONE DELLO SFORZO: LE SCALE DI BORG®

Un metodo per la direzione e il controllo dell'allenamento:
le scale di percezione dello sforzo di Borg

La percezione dello sforzo è spesso utilizzata per determinare l'intensità dell'esercizio. Negli ultimi anni studi scientifici hanno validato metodi basati sulla percezione dello sforzo per ottenere un indice globale del carico di allenamento per gli sport di endurance (triathlon, ciclismo, etc.) e per gli sport di squadra come il calcio. L'apparente semplicità del metodo ha fatto sottovalutare l'importanza del corretto uso delle scale. Parallelamente alla diffusione di questi metodi sono di conseguenza aumentati gli errori compiuti nella somministrazione delle scale di misura. Tra gli errori comuni ci sono: modifica delle scale originali, modifica della scala numerica, aggiunta di figure e simboli, traduzioni di versioni sviluppate in altre lingue senza seguire le corrette procedure, e utilizzo di istruzioni non appropriate o addirittura non utilizzo delle istruzioni. Questi errori possono privare le scale delle loro proprietà di misura invalidando di fatto il suo utilizzo. Le scale di percezione più famose sono quelle di Gunnar Borg e di Elisabet Borg (RPE-scale®, CR10®, CR100®). Queste scale sono state sviluppate utilizzando ed estendendo i metodi della psicofisica. La scelta del tipo di scala, dei numeri e delle ancore verbali nasce da un complesso lavoro di sviluppo e validazione che ha richiesto anni e molti studi. In queste scale nulla è casuale e il loro utilizzo deve essere vincolato alle istruzioni fornite dagli sviluppatori. Per far comprendere la complessità del loro sviluppo l'articolo toccherà argomenti come le basi psicobiologiche della percezione dello sforzo, la psicofisica, e illustrerà brevemente i metodi utilizzati nello sviluppo delle scale di Borg®.

PREMESSA

Quando per la prima volta presentammo la validazione di un metodo basato sulla percezione dello sforzo (misurata con una delle scale di Borg) per quantificare il carico di lavoro nel calcio (Impellizzeri et al. 2004), il metodo venne accolto con una certa diffidenza e sottovalutazione da parte dei preparatori e allenatori. I commenti più tipici furono: "ma come...un metodo così semplice" oppure: "ma non mi dire che voi che avete tante tecnologie a disposizione utilizzate la scala di Borg?", dimenticandosi che ogni bravo allenatore o preparatore usa metodi simili tutti i giorni quando chiede al proprio atleta come si sente, se è affaticato o come "è andata", ad esempio, durante le ripetute. Quello che facemmo fu solo proporre e validare un metodo proposto da Foster (Foster 1998; Foster et al. 1996; Foster et al. 2001; Foster et al. 1995) e basato sulla scala di Borg, che già utilizzavamo negli sport di *endurance*. Il metodo permetteva e permette tuttora di rendere sistematica e scientificamente valida la raccolta della percezione dell'atleta utilizzata come indicatore di intensità dell'esercizio. A distanza di qualche anno, con una certa sorpresa data la fredda accoglienza iniziale, il metodo si è diffuso notevolmente proprio sul campo e persino in squadre di calcio professionistiche italiane e straniere. Sfortunatamente, il fatto di utilizzare delle scale apparentemente semplici per quantificare la percezione dello sforzo ha diffuso un approccio non corretto nell'uso delle scale di Borg o, ancora peggio, ha visto l'uso di scale non validate, modificate o inventate. Quello che molti ignorano è la complessità della costruzione delle scale di valutazione che toccano ambiti come la psicofisica, la psicomotricità, la psicobiologia, e la fisiologia. Ovviamente occorrerebbero libri (e ce ne sono molti) per affrontare in modo esauriente l'argomento. In questo articolo cercheremo di fornire delle nozioni di base per comprendere almeno i contesti nei quali le scale di Borg sono state sviluppate e capire, quindi, perché è necessario utilizzarle nel modo corretto. Ci auguriamo che questo potrà anche essere di aiuto nell'interpretare meglio i risultati delle scale. Inoltre ricordiamo che le scale di Borg sono coperte da *copyright* ed è quindi necessario richiederle a chi le ha sviluppate, così come è necessario chiedere il permesso per utilizzarle negli studi. Nel presente articolo presenteremo solo la scala CR10® ufficiale fornita da Gunnar Borg per la quale è stata fornita l'autorizzazione alla sua pubblicazione, ma non potremo pubblicare le istruzioni d'uso.

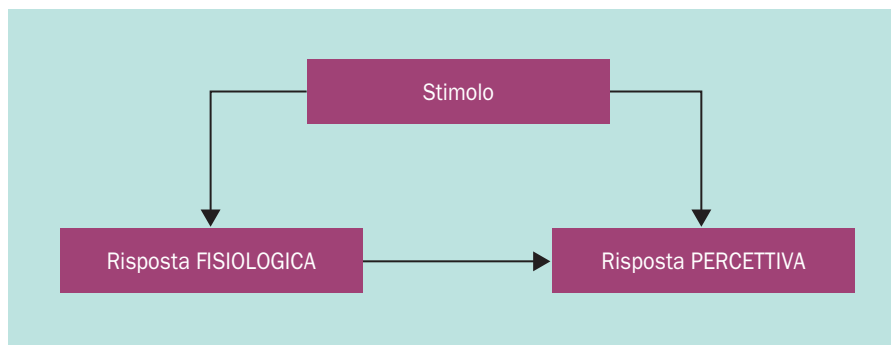


Figura 1 – Rappresentazione schematica delle relazioni tra stimolo, risposta fisiologica e risposta percettiva. Data la difficoltà nel misurare l'origine dello stimolo che determina la sensazione di sforzo (comando motorio centrale) la relazione risposta fisiologica-risposta percettiva risulta la più studiata, ma anche la più indiretta

Introduzione

La scala di Borg sono gli strumenti di quantificazione di una percezione più diffusa al mondo che prendono il nome dal loro creatore Gunnar Borg, attualmente Professore emerito in Percezione e psicofisica presso l'Istituto di Psicologia dell'Università di Stoccolma. Il concetto di percezione dello sforzo è stato introdotto alla fine degli anni '50, quando Gunnar Borg iniziò a studiare la percezione dello sforzo in ambito clinico in relazione a variazioni del carico di lavoro (al cicloergometro). Fino ad allora nessuno aveva affrontato il problema della misura della percezione dello sforzo utilizzando metodi di *scaling* psicofisico (vedi sezione seguente). Nacquerò così la cosiddetta *scala categorica* 6 a 20 (denominata *RPE scale*) e la *Category Ratio 0-10 scale* (CR-10) (Borg 2007; Borg 1970; Borg 1982a; Borg 1998; Borg, Dahlstrom 1962). In seguito Elisabet Borg sviluppò la *CR-100* che si sta diffondendo negli ultimi anni (Borg 2007; Borg, Borg 2002; Borg, Kaijser 2006). Sebbene le prime applicazioni delle scale di Borg furono prettamente in ambito clinico, ben presto queste scale vennero utilizzate in altri campi per i quali servivano delle misure di percezione dello sforzo e dell'intensità dell'esercizio (e.g. sport e attività fisica per la salute). Le scale di percezione sono, insieme alla frequenza cardiaca e il massimo consumo di ossigeno, i parametri di controllo dell'intensità dell'esercizio fisico storicamente consigliati dalle linee guida dell'*American College of Sports Medicine* (ACSM 1998). L'impatto scientifico che hanno avuto le scale di Borg è evidente dal numero di studi che le hanno utilizzate. Usando le parole chiave "*Borg scale*" OR "*Rating of Perceived Exertion*" si ottengono attraverso una ricerca su *Web of Science* circa 1600 articoli scientifici, e se si aggiungono altre parole chiave legate alle scale di percezione dello sforzo (e.g. *sense of effort*, *CR-10*, *CR-100*) si superano facilmente i 2000 articoli.

Basi psicobiologiche della percezione dello sforzo

Sensazione e percezione sono due processi complementari che ci consentono di "interpretare" la realtà circostante (Coren 2003; Goldstein 2005). La sensazione può essere definita come un processo di registrazione di uno stimolo a cui i nostri organi sensoriali rispondono trasformandolo in impulsi nervosi che vengono trasferiti al cervello. In pratica, la sensazione è un processo passivo che porta informazioni del mondo esterno al cervello. La percezione, invece, è quel processo attraverso il quale diamo "un senso" alle informazioni che sono state registrate dal sistema sensoriale. Semplificando un po' il concetto, nel nostro sistema senso-percettivo i recettori sensoriali trasformano differenti stimoli (interni o esterni al nostro organismo) in impulsi nervosi. Il cervello riceve gli impulsi nervosi, li organizza, confronta la rappresentazione con informazioni raccolte nella memoria e assegna un significato attraverso un processo di accoppiamento. La ricerca in ambito sensoriale, quindi, è solitamente legata alle problematiche che riguardano la cattura di uno stimolo e al trasferimento delle informazioni al sistema nervoso centrale per l'elaborazione. La ricerca percettiva, invece, è più legata a questioni di natura cognitiva, all'apprendimento e all'elaborazione delle informazioni (Coren 2003).

Secondo lo schema di Goldstein (2005) la risposta percettiva può essere quindi studiata integrando le informazioni acquisite tramite approcci fisiologici e psicofisici, ovvero studiando:

1. la relazione stimolo-risposta percettiva;
2. stimolo-risposta fisiologica;
3. risposta fisiologica-risposta percettiva (vedi figura 1).

Contrariamente a quanto qualcuno ancora pensa, da un punto di vista fisiologico, la

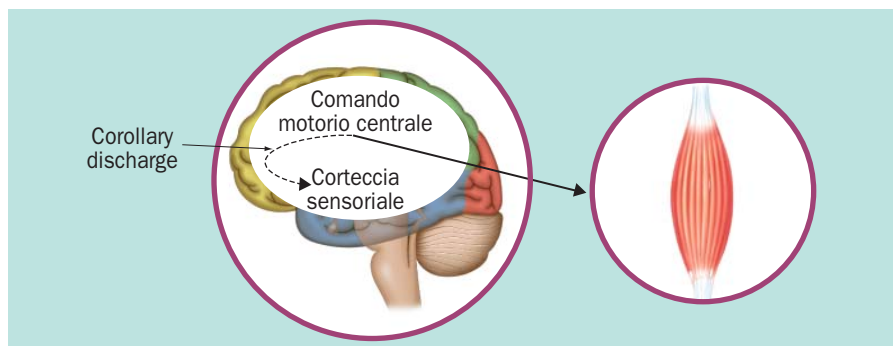


Figura 2 – Rappresentazione schematica del modello del *corollary discharge* che spiega l'origine della sensazione di sforzo. Quando viene generato un comando motorio, una sua copia è proiettata dalla corteccia motoria alla corteccia somato-sensoriale. L'aumento dell'attività del comando centrale causa un aumento della sensazione di sforzo tramite un aumento dell'attività del *corollary discharge*

percezione dello sforzo non è direttamente influenzata da afferenze (Marcora 2009) cioè da segnali sensori che provengono dai muscoli locomotori (e.g. per "informare" dell'accumulo di lattato), del cuore (e.g. per l'aumento della frequenza cardiaca) e dai muscoli respiratori: la sensazione di sforzo è spiegata dal modello del *corollary discharge*. In pratica la sensazione di sforzo è generata centralmente da segnali che partono dal comando motorio centrale (aree pre-motorie e motorie) e vengono inviati alle aree sensoriali della corteccia cerebrale (figura 2).

Quando un comando motorio è generato, una sua copia è proiettata dalla corteccia motoria alla corteccia somato-sensoriale primaria. Questa copia efferente è chiamata *corollary discharge* (scarica corollaria) e fornisce "informazioni" sull'intensità del comando motorio. L'aumento dell'attività efferente genera un aumento della sensazione di sforzo (*sense of effort*) e quindi di percezione (Cafarelli 1988; Feinberg 1978; Gandevia, McCloskey 1977; Preston, Wegner 2008; Proske 2005; Proske et al. 2000). Per fare un esempio, se si effettua un test incrementale, l'attività efferente del comando centrale dovrà aumentare per far fronte alla richiesta di forza supplementare necessaria per aumentare l'intensità dell'esercizio. Questo aumento dell'attività del comando centrale determina un aumento del *corollary discharge* e quindi un aumento della sensazione di sforzo. La stessa cosa avviene anche quando è richiesto un aumento dell'attività del comando centrale per mantenere un determinato livello di forza a causa di alterazioni fisiologiche (e.g. fatica) o patologiche (e.g. disfunzioni cerebrali) (Cafarelli 1988; Gandevia 1978; Gandevia, McCloskey 1977). Le scale di Borg sono quindi utili per quantificare queste sensazioni di sforzo che nascono a livello centrale e sono determinate dall'attività del *corollary discharge*.

La percezione dello sforzo come fattore limitante la performance

Negli ultimi anni la percezione dello sforzo è stato soggetto di dibattito scientifico in quanto è stata proposta come principale fattore limitante la *performance* umana e di *endurance* in particolare (Marcora 2009; Marcora, Bosio 2007; Marcora et al. 2009). Brevemente, il ruolo limitante della percezione dello sforzo è spiegato dalla teoria dell'intensità motivazionale di Brehm (1989) secondo la quale un individuo è disposto ad eseguire una attività fino a quando lo sforzo richiesto raggiunge il livello massimo di sforzo che la persona è disposta a produrre, la cosiddetta *motivazione potenziale*. Questa teoria si applica in tutte le situazioni in cui c'è un comportamento motivato e quindi anche nell'esercizio fisico. Seguendo questa teoria è stato, quindi, mostrato che la cessazione dell'esercizio fisico è dovuta alla decisione volontaria di terminare lo sforzo, piuttosto che a un cedimento dei sistemi fisiologici. Aumentando la percezione dello sforzo inducendo danno muscolare o causando fatica mentale, Marcora et al. (Marcora, Bosio 2007; Marcora et al. 2008; Marcora et al. 2009) hanno determinato una diminuzione del tempo di esaurimento durante uno sforzo di *endurance*. Il calo di prestazione indotto da fatica mentale sembrerebbe dimostrare che il *corollary discharge* potrebbe essere generato da aree del cervello deputate alla funzione cognitiva. Questo spiegherebbe anche in parte le alterazioni di percezione che si hanno nell'*over-training*. Studi che utilizzano la Risonanza Magnetica Funzionale per identificare le aree del cervello coinvolte sono attualmente in corso per verificare questa ipotesi (Marcora et al.). Già in passato era stato sottolineato come alla fine dello sforzo (ad esaurimento) i sistemi fisiologici coinvolti non sono in condizioni "catastrofiche" e che da un punto di vista fisiologico l'individuo potrebbe continuare l'esercizio (Noakes, St



ALLENAMENTO E RECUPERO

LOTTARE CONTRO IL DOPING GESTENDO IL RECUPERO FISICO

Un testo fondamentale che affronta, per la prima volta nella letteratura sportiva, tutte le problematiche legate ad un tema di primaria importanza come il rapporto tra allenamento e recupero. Nella prima parte sono spiegati i principi della pianificazione e dei principali cicli di allenamento, l'importanza del riposo e dell'intensità dei carichi di lavoro durante il tapering, supportati dall'esempio della pianificazione dell'allenamento fisico della squadra nazionale di calcio francese, durante i Campionati Mondiali del 1998 e del 2002. Sono trattati poi il tema dell'importanza dell'allenamento in altitudine e di quello in ipossia. Nella seconda parte sono centrali le problematiche della fatica di origine centrale e periferica, e i nuovi mezzi per quantificarle: modelli matematici, osservazioni delle prestazioni e questionari per affrontarle al meglio. Sono poi spiegate le differenze tra allenamento eccessivo e superallenamento, insieme ai metodi per la loro diagnosi: attraverso cardiofrequenzimetri e dosaggi ormonali. Nella terza parte viene fatta una rassegna dei principali metodi leciti che permettono di migliorare il recupero fisico, come la reidratazione, l'alimentazione (con particolare riferimento al ristabilimento delle riserve di glicogeno). Vengono inoltre spiegati il significato e l'importanza per il recupero degli antiossidanti, delle calze elastiche, dell'elettrostimolazione e dello stretching. Nella quarta parte gli Autori espongono, in chiave fortemente critica, evidenziando i pericoli per la salute, alcuni metodi illeciti che potrebbero migliorare la prestazione e accelerare il recupero, come l'EPO, l'ormone della crescita e la canapa indiana.

PER INFORMAZIONI E ORDINI:

tel. 0755997310 • fax 075 5990491
www.calzetti-mariucci.it
sport@calzetti-mariucci.it

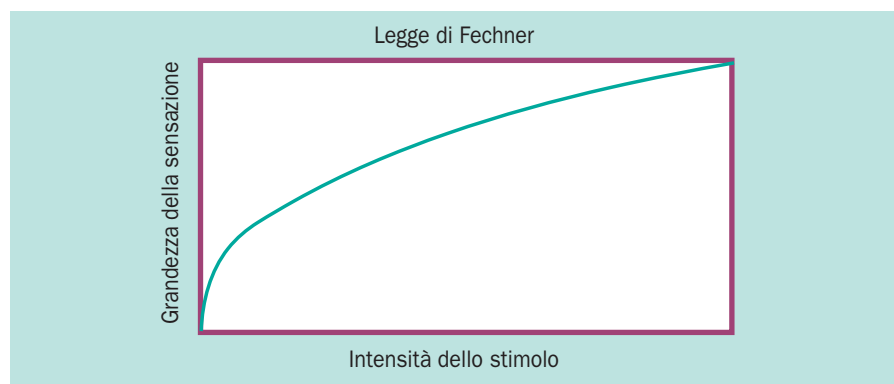


Figura 3 – Rappresentazione della legge di Fechner: la relazione tra grandezza della sensazione e intensità dello stimolo è descritta da una relazione logaritmica

Clair Gibson 2004). In altre parole, in base alla percezione dello sforzo un individuo decide volontariamente di terminare un esercizio così come decide di andare a comprare da bere quando ha sete o di andare al ristorante quando ha fame. Quindi le teorie "catastrofiche" (così come le ha chiamate Timothy Noakes (Noakes, St Clair Gibson 2004) per le quali si suggeriva che l'esaurimento alla fine dell'esercizio arrivava per alterazioni fisiologiche periferiche incompatibili con la contrazione muscolare (accumulo di lattato, diminuzione di glicogeno, etc.) non spiegano, in realtà, perché un individuo cessa lo sforzo e non hanno trovato un riscontro scientifico (ma rimane tuttavia un'idea diffusa tra gli operatori).

Come misurare la percezione: la psicofisica

La psicofisica è lo studio della relazione tra stimolo e sensazione. Lo scopo dello *scaling* psicofisico è ottenere una misura numerica dell'entità della sensazione che passa attraverso il giudizio dell'osservatore (i.e. percezione) di come l'intensità della sensazione cambia quando varia uno sti-

molo. Lo *scaling* psicofisico è essenziale perché i cambiamenti di sensazione solitamente non variano in rapporto 1:1 con i cambiamenti dello stimolo. L'esatta relazione tra stimolo e sensazione va determinata sperimentalmente attraverso la determinazione della relazione tra grandezza degli attributi sensoriali e corrispondenti stimoli fisici (Gescheider 1997). Per quantificare la grandezza degli attributi sensoriali è possibile assegnare loro dei valori numerici attraverso particolari procedure psicofisiche. Il fisico tedesco Gustav Theodor Fechner (1801-1887)¹ è considerato il padre della psicofisica e uno degli studiosi che ha contribuito in modo sostanziale alla transizione della psicologia da disciplina filosofica a scientifica (Gescheider 1997). Nel suo libro datato 1860 (*Elemente der Psychophysik*) Fechner affrontò per primo la questione di come misurare le esperienze personali e tentò di ottenere equazioni matematiche che descrivessero la relazione tra eventi fisici ed esperienze coscienti. Fechner, estendendo la legge di Weber², propose che quando la forza di uno stimolo cresce geometricamente, la forza della sensazione

ne cresce aritmeticamente con un rapporto costante (figura 3). Questa relazione logaritmica, tuttavia, non trovò molte evidenze empiriche, ma rimase la visione prevalente per quasi un secolo per la mancanza di un'alternativa, che arrivò ad opera di Stanley Smith Stevens³ negli anni '60 (Stevens 1975). Raccogliendo dati su numerosi *continua* sensoriali, durante i quali ai soggetti veniva chiesto di dare un giudizio numerico sulla loro esperienza sensoriale, dopo aver somministrato stimoli di diverse intensità, Stevens arrivò a formulare la legge della potenza (*Power law*; figura 4):

$$\psi = \kappa \phi^\beta,$$

dove ψ rappresenta la grandezza della sensazione, κ è una costante che dipende dall'unità di misura dello stimolo, ϕ è la grandezza dello stimolo, e β è l'esponente che può cambiare secondo il *continuum* sensoriale (suono, luce, etc.). In pratica in alternativa alla legge logaritmica di Fechner, Stevens stabilì il principio che la stima della grandezza di varie dimensioni sensoriali aumenta in proporzione dell'intensità dello stimolo elevato alla potenza. Nell'affrontare il concetto di misura, inoltre, Stevens sviluppò e propose la tassonomia delle scale di misura che viene ancora adesso utilizzata, a torto o ragione (Stevens 1975), per la scelta delle tecniche statistiche: scale nominali, ordinali, ad intervalli equivalenti, e a rapporti equivalenti ("*nominal, ordinal, interval e ratio scales*").

Un'altra differenza tra i metodi di *scaling* unidimensionale di Fechner e Stevens risiede nell'utilizzo di metodi diretti da parte di Stevens, contrariamente a Fechner che utilizzava metodi indiretti, ovvero quantificava le sensazioni attraverso l'abilità discriminativa ed utilizzando come unità la *Just Noticeable Difference* (soglie differenziali; JND). In altre parole nei metodi *indiretti* le misure sono basate su quanto un osservatore è in grado di discriminare uno stimolo da un altro. I metodi utilizzati da Stevens, invece, sono definiti *diretti* perché convertono i giudizi dell'osservatore direttamente in misure della grandezza percettiva.

Tornando all'argomento principale di questo articolo, quindi, diverse grandezze di sensazione di sforzo vengono giudicate dall'osservatore il quale le elabora, le organizza in modo logico e in base all'esperienza e conoscenze le esprime attraverso numeri ed espressioni verbali. Stevens classificò i metodi di *scaling* diretto in tre categorie:

1. *confusion scaling* (o *discrimination scaling*);
2. *partition scaling*;
3. *ratio scaling* (Gescheider 1997).

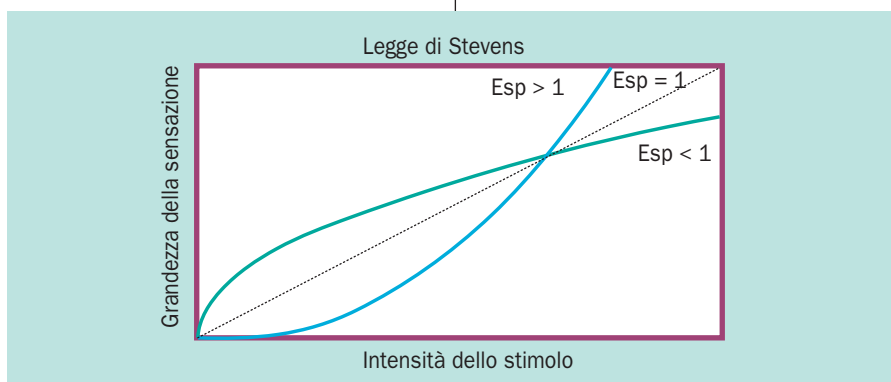


Figura 4 – Rappresentazione della legge di Stevens (Power Law) secondo la quale la grandezza della sensazione aumenta in proporzione dell'intensità dello stimolo elevato alla potenza. Le tre linee rappresentano l'andamento delle relazioni tra grandezza della sensazione e intensità dello stimolo in funzione dell'esponente

Nelle categorie 2 e 3 rientrano rispettivamente la *Borg RPE Scale*® e la *Borg CR10* e *CR100 scale*®. I metodi del *partition scaling* sono sviluppati in modo da costruire scale intervallate di attributi psicologici. Per *scale ad intervalli* si intendono scale in cui i numeri sono ordinati e la differenza tra due numeri è uguale, minore o maggiore della differenza di qualsiasi altra coppia di numeri (in altre parole la differenza tra due numeri consecutivi è costante per tutta la scala). Inoltre la scala ad intervalli ha uno 0 che non rappresenta uno 0 assoluto.

I metodi del *ratio scaling*, invece, producono *scale a rapporti equivalenti* (*ratio scale*) e sono quelle con le proprietà metriche migliori perché possiedono tutte le caratteristiche delle scale ad intervalli (numeri ordinati, distanza costante), ma hanno uno zero assoluto che rappresenta l'assenza assoluta dell'attributo. Per far capire la differenza tra scala ad intervalli e a rapporti equivalenti si può utilizzare il classico esempio dei sistemi di misura della temperatura. La differenza tra 10 e 20° C è la stessa che c'è tra 20 e 30 °C, e una differenza di 10° C è la metà che una differenza di 20° C. Tuttavia, 0° C non rappresenta l'assenza di calore e di conseguenza non si può dire che una temperatura di 40° C è il doppio di 20° C. La scala è quindi ad intervalli. Se invece uso la scala Kelvin, 0° K rappresenta lo 0 assoluto cioè l'assenza di temperatura. Quindi posso dire che 50° K sono la metà (1/2) di 100° K. La scala Kelvin è infatti una scala a rapporti equivalenti (*ratio scale*).

Sviluppo delle scale di Borg

Nello sviluppare le sue scale, Borg utilizzò ed estese i metodi psicofisici proposti da Stevens (Borg 2007; Borg, Borg 2001; Borg 1974; Borg 1982b). Borg legò la percezione dello sforzo al concetto di intensità dell'esercizio. Il collegamento tra percezione dello sforzo e intensità dell'esercizio fisico fu necessario per ancorare il concetto di sforzo ad una variabile misurabile (costruito).

Data la relazione dell'attività del comando motorio centrale con il movimento fisico e la sensazione di sforzo generata dal *corollary discharge*, risulta evidente come questa scelta fu appropriata.

Secondo lo schema di Goldstein (2005), Borg utilizzò per studiare e per costruire le scale la relazione tra risposta fisiologica e risposta percettiva. Partendo dalla legge di Stevens, Borg propose una formula generale applicabile sia a variabili percettive che fisiologiche:

$$R = a + c(S - b)^n$$



Foto: Corbis - Ufficio Stampa FIDAL

Dove *R* è la risposta, *S* è lo stimolo, *c* è la costante della misura, *n* è l'esponente che descrive la relazione, e *a* e *b* sono le costanti che descrivono la soglia assoluta o il punto di partenza della funzione (rumore percettivo). La teoria del *Range Model* di Borg fu il modello concettuale alla base dello sviluppo di una serie di scale ancorate a livelli verbali e costruite in modo da restituire scale ad intervalli o a rapporti equivalenti. Il *Range Model* di Borg asserisce che tutti i sistemi biologici hanno dei limiti che vanno dalla capacità minima a quella massima. Secondo Borg il *range* che va da zero (o intensità minima) al massimo (o intensità quasi massimale) è a livello percettivo simile nella maggior parte degli individui.

Questo permise di generare scale che consentissero di confrontare la percezione di una intensità tra soggetti diversi, cosa non possibile con altri metodi come la *Magnitude Estimation* di Stevens.

RPE scale

Una delle prime scale sviluppate da Borg negli anni '60 fu la *Rating of Perceived Exertion scale*, chiamata *RPE scale* (Borg 2007; Borg 1970; Borg 1998; Borg, Borg 2001). Questa scala consiste in numeri e ancora verbali posizionate in modo da crescere linearmente con l'intensità dell'esercizio, misurato attraverso la frequenza cardiaca e il consumo di ossigeno. La linearità fu determinata con test incrementali al cicloergometro con gradini della durata di 4-6 minuti. Per questo motivo il *range* numerico va da 6 a 20, che corrisponde grossolanamente ad un *range* di frequenza cardiaca che va da 60 a 200 battiti al minuto in una persona sana di 30 anni. Il vantaggio di questa scala, diversamente dalle tradizionali scale categoriche senza indicazioni numeriche, è quella di utilizzare appunto sia numeri sia ancora verbali che, in accordo con il *Range Model*,

consentono di confrontare le quantificazioni dello sforzo di persone diverse fornendo dei livelli "assoluti". Ad esempio, l'esperienza dello sforzo più intenso che un soggetto ha mai provato prima è qualcosa che accomuna gli individui, consentendo quindi di avere un'ancora verbale comune al valore 20 della scala. Il limite della *RPE scale* è che non ha un andamento crescente secondo una funzione potenziale come le scale sviluppate con il *ratio scaling*. Lo sforzo massimo percepito (in passato) è posizionato a 20 senza possibilità di dare un valore più alto. Questo può creare una sorta di *ceiling effect*. Inoltre è una scala ad intervalli e come abbiamo detto in precedenza la scala ottimale dovrebbe possedere tutte le caratteristiche della *ratio scale*.

Category Ratio Scale (CR10®)

Nel tentativo di ottenere una *ratio scale* con livelli di intensità ancorati ad espressioni verbali, Borg sviluppò successivamente la *Category Ratio scale* (CR10®), cioè una scala che possedeva sia i vantaggi delle scale categoriche (espressioni verbali) sia quelli della *ratio scale* (da qui il nome *Category Ratio*, CR) (Borg 2007; Borg 1970; Borg 1998). Nello sviluppo di questa scala Gunnar Borg applicò dei criteri rigorosi tra cui: uso di metodi di "semantica quantitativa" per identificare espressioni appropriate, identificazione della popolazione di riferimento, utilizzo di osservatori (soggetti) competenti per costruire la scala, sviluppo di una *semi-ratio scale*, uso del *Range Model* per consentire la confrontabilità inter-individuale, congruenza tra ancora verbali e numeri, limitazione dell'effetto "fine scala" utilizzando una scala aperta (possibilità di dare valori più alti del valore massimo), utilizzo dei metodi psicofisici diretti, la possibilità di usare la scala per altri domini, etc. Dai suoi studi scaturì una scala con un *range*

che andava da 0 a 10 con 10 corrispondente ad un concetto stabile come "la sensazione di sforzo più alta che la persona ha mai percepito nella sua vita", ma con la possibilità di poter dare un valore superiore. La posizione delle ancore verbali fu definita utilizzando il metodo di Stevens della *Magnitude Estimation* e "passando" attraverso una scala categorica simmetrica (Borg 1998). Dopo una prima versione della CR10® si è poi arrivati a quella definitiva mostrata in tabella 1.

Category Ratio Scale (CR100®)

Per quanto la CR10® sia una buona scala, Elisabet Borg rilevò delle limitazioni (Borg 2007; Borg, Borg 2002; Borg, Kaijser 2006; Borg, Borg 2001). La CR10® è una scala continua e di conseguenza i partecipanti possono dare dei valori intermedi; tuttavia, raramente le persone danno numeri intermedi e tendono a concentrare le risposte sui numeri interi. Inoltre, le opzioni numeriche sono di 1:17 invece di 1:34 come suggerito da alcuni autori. Questi elementi possono ridurre la sensibilità della scala e limitarne alcune proprietà statistiche. Per questi motivi Elisabet Borg ha sviluppato una nuova scala. La CR100® o *centi-Max* ha 67 opzioni numeriche essendo sviluppata su una scala numerica che si presenta come un righello. Dopo un primo tentativo, la scala è stata modificata (ad esempio spostando le ancore verbali in corrispondenza dei numeri appropriati in modo da mantenere le proprietà della *ratio scale*) per arrivare a quella proposta ed utilizzata oggi. Un vantaggio della CR100® ed anche della CR10® è che le espressioni verbali consentono di utilizzare questi strumenti sia per la stima sia per la produzione, cioè sia per dare un valore numerico alla propria percezione, sia per dire alle persone a che livello di percezione devono lavorare. La CR100® mantiene caratteristiche simili alla CR10® ed è potenzialmente più sensibile. La CR10® rimane la più diffusa, ma in futuro è probabile che la CR100® verrà utilizzata con maggior frequenza.

Importanza delle istruzioni ed errori comuni

Da quanto fin qui spiegato dovrebbe essere chiaro che nonostante l'apparente semplicità, lo sviluppo di scale di percezione è molto complesso e non per tutti.

Nell'utilizzare queste scale è importante seguire le istruzioni degli sviluppatori, perché solo questo fornisce la garanzia che le informazioni ricavate e la scala stessa riflettano quello per cui sono state sviluppate. Le istruzioni sono standardizzate e, come le ancore verbali, nascono da precisi studi semantici. Ne consegue che non si può né

0	Assente	
0,3		
0,5	Estremamente lieve	Appena Percepibile
0,7		
1	Molto lieve	
1,5		
2	Lieve Leggero	
2,5		
3	Moderato	
4		
5	Forte Intenso	
6		
7	Molto forte	
8		
9		
10	Estremamente forte	"Massimo"
11		
↔		
•	Massimo in assoluto	Massimo Pensabile

Borg CR10 Scale®
© Gunnar Borg, 1982, 1998, 2004
Italiano

SdS/Scuola dello Sport Anno XXVIII n.82

Tabella 1 – Category Ratio scale (CR10®)

cambiare né tradurre per conto proprio le espressioni verbali utilizzate nella scala. Come abbiamo già spiegato la percezione è un processo attraverso il quale si dà un senso agli stimoli che riceviamo. Questo processo cognitivo è influenzato dalle nostre esperienze e dalle conoscenze, così come lo è l'utilizzo di determinate parole per esprimere l'intensità di una percezione. Nello sviluppo delle scale, Borg ha utilizzato metodi derivati dalla semantica quantitativa per trovare la giusta combinazione e con-

gruenza tra ancore verbali e numeri. Nell'applicare la scala in altre lingue occorre prima validare le traduzioni con metodi chiamati di "*cross-cultural validation*" ben noti e definiti in psicomelia (Beaton et al. 2000). Inoltre una volta tradotte la scala e le istruzioni, occorre riverificare se le proprietà vengono mantenute anche dopo la traduzione. Questo è importante perché parole simili in lingue diverse non necessariamente hanno nei rispettivi Paesi lo stesso significato (oppure hanno lo stesso significato, ma lo

ignoriamo). Un aneddoto riportato da Borg proprio riguardo alla versione italiana della CR10® sottolinea quanto appena detto (Borg 2008). Durante un congresso a Roma presentò la scala tradotta dove venivano utilizzate le parole "*Estremamente forte*" per tradurre "*Extremely strong*". Un professore italiano suggerì che era meglio utilizzare la parola "Fortissima" perché comune nell'ambito della musica e probabilmente più appropriato per un italiano che sarebbe più propenso ad utilizzare queste parole per esprimere la grandezza di una esperienza. Borg con l'aiuto di un madre lingua tradusse la scala e la presentò il giorno dopo ai partecipanti del congresso per stimare la grandezza di alcune verbalizzazioni in italiano.

Il risultato fu che "Estremamente" era associata ad una intensità maggiore di "Fortissima" e molto più simile a parole simili in Svedese e Inglese. Inoltre, la cosiddetta dispersione fu più alta per "Fortissima" indicando una minor precisione del termine. Quindi la parola giusta sembrerebbe essere "Estremamente". Tuttavia senza la verifica e controllo sperimentale delle traduzioni, indipendentemente dal razionale dietro la scelta di un termine piuttosto che un altro, si rischia di invalidare una scala e di alterarne le proprietà. Di conseguenza il primo errore da non fare (ma sfortunatamente piuttosto diffuso) è la traduzione personale di scale e istruzioni. Per lo stesso motivo non vanno aggiunte ancora verbalizzazioni e non vanno modificati numeri (se la *RPE scale* va da 6 a 20 non si può modificarlo facendo sì che vada da 0 a 20). Le espressioni verbali sono anche la caratteristica peculiare delle scale di Borg che rende le stime di grandezza dei diversi individui confrontabili tra loro. Cambiarle vuol anche dire diminuire la possibilità di fare confronti tra le persone e vanificare di fatto parte del lavoro di Borg. Altro errore da evitare è aggiungere figure o altro. Per quanto riguarda le istruzioni vanno lette o consegnate alla persona senza aggiungerci del proprio. Un altro errore comune che può alterare le risposte percettive, o meglio il livello di sforzo che il soggetto riferisce, è la condivisione dei dati con altri individui (e.g. compagni di squadra). Nel raccogliere la percezione occorre garantire la *privacy* del dato tra atleta e allenatore o preparatore. Senza questo accorgimento si può generare il fenomeno chiamato *self-presenting bias*, ovvero quel comportamento che tende a condizionare una risposta che verrà fornita per "*ben figurare*" e migliorare l'opinione su se stesso. Sempre per controllare questo fenomeno, occorre educare l'atleta spiegando perché si raccoglie questa informazione e quali sono i rischi se si riferiscono indicazioni errate. Ad esempio, un allenatore può decidere di aumentare troppo il carico di lavoro generando *overreaching* od *overtrain-*

ing, oppure può scegliere di diminuire il carico causando un decondizionamento fisico. Quindi "istruire ed educare" sono due aspetti che vanno sempre rispettati nella raccolta dei dati di percezione dello sforzo. Infine, ricordiamo che pur usando un modo continuativo le scale, questa va sempre mostrata e non bisogna chiedere al soggetto di quantificare la percezione di sforzo basandosi solo sul ricordo della scala.

Applicazione della scala negli sport di squadra

Le scale di Borg hanno avuto e hanno tuttora una vasta diffusione. Storicamente le scale di Borg sono state utilizzate per quantificare l'intensità dello sforzo e, quindi, dell'esercizio nelle attività di *endurance*. La percezione dello sforzo sembrerebbe essere un buon indicatore di stati di sovraffaticamento come nell'*overreaching* o nell'*overtraining* (Foster 1998; Martin, Andersen 2000). Nel 1995 Carl Foster ha proposto un metodo per gli sport di *endurance* (inizialmente triathlon) per calcolare il carico di lavoro globale in modo da tener conto sia della durata totale dell'allenamento, sia della sua intensità media (Foster et al. 1995). Propose quindi di moltiplicare la durata per l'intensità dove la durata era il tempo di allenamento in minuti e l'intensità quantificata attraverso la percezione dell'atleta utilizzando la CR10®. In seguito venne suggerita anche per sport di squadra come la pallacanestro (Foster et al. 2001). Per verificare la validità del metodo nel calcio abbiamo condotto un primo studio nel 2002 con i risultati pubblicati nel 2004 (Impellizzeri et al. 2004) ed in seguito uno pubblicato più recentemente (Coutts et al. 2009). Nel primo studio abbiamo esaminato la validità di costruito, cioè abbiamo verificato se e quanto il metodo chiamato *session-RPE* fosse correlato al carico di lavoro misurato con metodi derivati dalla frequenza cardiaca [*Training Impulse di Banister* (Banister et al. 1999; Banister et al. 1986)] dato che quest'ultima era ed è considerata dal mondo scientifico un valido indicatore di intensità dell'esercizio. In entrambi gli studi trovammo una relazione significativa e sostanziale tra i due metodi. Nel secondo studio la relazione fu trovata anche con il lattato accumulato durante gli allenamenti. Risultati simili sono stati trovati nel rugby (Coutts et al. 2003). Questi risultati hanno fornito le prime evidenze di validità a supporto dell'utilizzo del metodo che, in effetti, adesso è utilizzato con una certa frequenza. Nonostante questo, per essere intellettualmente onesti dobbiamo però ricordare che non abbiamo verificato tutte le proprietà della scala,

cosa necessaria dato che la scala è stata applicata in una situazione che è anomala. Infatti, la percezione viene chiesta dopo e non durante lo sforzo. Per quanto il metodo preveda che la percezione sia riferita almeno 30 minuti dopo la fine dell'allenamento per evitare l'influenza dello sforzo più recente, non si sa ancora quale sia l'effetto del cosiddetto *recall bias*, ovvero del tempo che intercorre tra fine allenamento e momento del giudizio sullo sforzo. Inoltre, Carl Foster, per qualche motivo, utilizzò la prima CR10® e non quella modificata che è più performante. Nei nostri studi, di conseguenza, abbiamo utilizzato anche noi la vecchia scala. Il calcolo della monotonia e *physical strain* che può essere fatto dai dati di *session-RPE* come suggerito da Foster (1998), ad esempio, non sembra abbia molta rilevanza o per lo meno se ne ignora completamente la validità. Per questi motivi, i risultati degli studi precedenti sono da considerarsi rilevanti, ma preliminari e sarà necessario aspettare i risultati di altre ricerche in corso e pianificate per capire se il metodo è valido, come utilizzarlo al meglio e scoprirne i limiti che ci sono sicuramente. Detto questo, in base alla letteratura e alla maggior conoscenza dell'argomento, il fatto che i metodi basati sull'*RPE* siano correlati alla frequenza cardiaca o ad altri indicatori fisiologici non è più un elemento prioritario per la validazione, dato che la percezione dello sforzo è di per sé indiscutibilmente valida. La questione è solo capire come utilizzarla in modo ottimale in ambito sportivo sia per controllare che pianificare l'allenamento.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano Gunnar ed Elisabet Borg per tutti gli utili ed importanti consigli, per la documentazione e letteratura fornita, e per aver acconsentito alla pubblicazione su SDS di una delle scale ufficiali in Italiano. L'indirizzo e-mail a cui richiedere le scale specificandone l'utilizzo è il seguente: borgperception@telia.com.

Gli Autori:

Franco M. Impellizzeri, (PhD), CeBiSM, Centro di ricerca interuniversitario in Biomeccanica e Scienze Motorie, Rovereto, Italia; Department of Research and Development, Schulthess Klinik, Zurigo, Svizzera;
Maurizio Fanchini, MS, CeBiSM, Centro di ricerca interuniversitario in Biomeccanica e scienze Motorie, Rovereto, Italia;
Carlo Castagna, MS Corso di Laurea in Scienze Motorie, Facoltà di Medicina e chirurgia di Roma Tor Vergata, Roma;
Samuele M. Marcora, PhD, School of Sport, Health and Exercise Sciences, Bangor University, Galles.

Indirizzo e-mail: fm.impellizzeri@alice.it

NOTE

⁽¹⁾ Gustav Theodor Fechner (1801-1887), fisiologo, filosofo e psicologo tedesco. Nato a Groß Särchen, nella Bassa Lusazia, dove suo padre era pastore fu educato a Sorau, Dresda e successivamente all'Università di Lipsia, città dove visse per il resto della sua vita. Nominato professore di fisica nel 1839 contrasse una grave malattia agli occhi che lo costrinse a rinunciare all'incarico. Ritornato all'insegnamento lo fece come filosofo dedicandosi, in particolare, allo studio della mente e delle sue relazioni con il corpo, soggetto da lui trattato nei suoi libri. Fechner è conosciuto come il fondatore della psicofisica e come uno dei rappresentanti principali di una filosofia della natura di stampo panteistico, secondo la quale la natura sarebbe costituita da unità psichiche, tra cui quelle umane, che formerebbero un'unità psichica superiore, una grande anima della Terra. La ricerca di Fechner, insieme a quella di Wilhelm Wundt, è alla base della fondazione della psicologia sperimentale (Nota della Redazione).



⁽²⁾ Nel 1834, un medico tedesco, Weber verificò che la soglia differenziale (ϵR) di ciascun tipo di stimolo è una frazione (o proporzione) costante (K) dell'intensità dello stimolo (R) iniziale, esprimibile secondo la formula: $K = \epsilon R/R$. La legge di Weber descrive, quindi, la relazione tra la portata fisica di uno stimolo e la percezione umana dell'intensità di tale stimolo. In maniera molto sintetica si riassume nel fatto che l'incremento di utilità fornito da uno stimolo è minore mano a

mano che la quantità di tale stimolo è posseduta in misura maggiore. Con un banale esempio se ho in mano un peso di 30 chili, e ne aggiungo un altro di 500 g, la sensazione di variazione di peso non sarà come se avessi avuto un peso di 100 g a cui ne aggiungo uno di 500 g (Nota della Redazione).

⁽³⁾ Stanley Smith Stevens (1906-1973) è stata una figura eminente nel campo della psicologia sperimentale nella parte centrale del ventesimo secolo. Nato ad Ogden nell'Utah, frequentò le scuole mormoniche a Salt Lake City e trascorse tre anni lavorando per la Chiesa mormone in Belgio e Svizzera. Iscrittosi nel 1927 all'University of Utah passò nel 1929 alla Stanford University e successivamente alla Harvard University dove conseguì il dottorato in psicologia. Vinta una borsa di studio di perfezionamento in fisiologia presso l'Istituto di medicina di Harvard e una per le ricerche nel campo della fisica divenne lettore di psicologia sperimentale ad Harvard. Durante la seconda guerra mondiale per richiesta dell'Air Force statunitense fondò un laboratorio di psicoacustica diventato successivamente Laboratorio di psicofisica. Nel 1962 divenne il primo docente di psicofisica ad Harvard dove rimase fino alla sua morte nel 1973. Conosciuto soprattutto per il suo lavoro in psicofisica e specie per lo sviluppo della legge della potenza (cfr. testo), ha fornito importanti contributi allo studio della percezione auditiva e, soprattutto, alla comprensione della teoria della misurazione, attraverso la teoria delle scale di misura da lui elaborata nel 1946 (Nota della Redazione).



BIBLIOGRAFIA

ACSM, American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30, 1998, 975-991.

Banister E. W., Carter J. B., Zarkadas P. C., Training theory and taper: validation in triathlon athletes, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 79, 1999, 182-191.

Banister E. W., Good P., Holman G., Hamilton C. L., Modeling the training response in athletes, in: Landers D. M. (a cura di), *The 1984 Olympic Scientific Congress Proceedings Sport and Elite Performers*, 1986, Champaign, IL, Human Kinetics.

Beaton D. E., Bombardier C., Guillemin F., Ferraz M. B., Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures, *Spine*, 25, 2000, 3186-3191.

Borg E., On perceived exertion and its measurement, 2007, US-AB, Stockholm.

Borg E., Borg G., A comparison of AME and CR100 for scaling perceived exertion, *Acta Psychol. (Amst)*, 109, 2002, 157-175.

Borg E., Kaijser L., A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 16, 2006, 57-69.

Borg G., Perceived exertion as indicator of somatic stress, *Scand. J. Rehab. Med.*, 2, 1970, 92-98.

Borg G., Ratings of perceived exertion and heart rates during short-term cycle exercise and their use in a new cycling strength test, *Int. J. Sports Med.*, 3, 1982a, 153-158.

Borg G., Borg's Perceived Exertion and Pain Scales, 1998, Champaign, IL, Human Kinetics.

Borg G., A general scale to rate symptoms and feelings related to problems of ergonomic and organizational importance, *G. Ital. Med. Lav. Ergon.*, 30, 2008, A8-10.

Borg G., Borg E., A new generation of scaling methods: level-anchored ratio scaling, *Psychologica*, 28, 2001, 15-45.

Borg G., Dahlstrom H., A pilot study of perceived exertion and physical working capacity, *Acta Soc. Med. Ups.*, 67, 1962, 21-27.

Borg G. A., Perceived exertion, *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 2, 1974, 131-153.

Borg G. A., Psychophysical bases of perceived exertion, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14, 1982b, 377-381.

Brehm J. W., The intensity of motivation, *Annu. Rev. Psychol.*, 40, 1989, 109-131.

Cafarelli E., Force sensation in fresh and fatigued human skeletal muscle, *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 16, 1988, 139-168.

Coren S., Sensation and Perception, in: Freedheim D.K. (a cura di), *Handbook of Psychology, Volume 1, History of Psychology*, Hoboken, NJ, Wiley, 2003, 85-108.

Coutts A., Reaburn P., Murphy A., Pine M., Impellizzeri F. M., Validity of the session-RPE method for determining training load in team sport athletes, *J. Sci. Med. Sport*, 6, 2003, 525.

Coutts A. J., Rampinini E., Marcora S. M., Castagna C., Impellizzeri F. M., Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games, *J. Sci. Med. Sport*, 12, 2009, 79-84.

Feinberg I., Efference copy and corollary discharge: implications for thinking and its disorders, *Schizophrenia Bull.*, 4, 1978, 636-640.

Foster C., Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30, 1998, 1164-1168.

Foster C., Daines E., Hector L., Snyder A. C., Welsh R., Athletic performance in relation to training load, *Wis. Med. J.*, 95, 1996, 370-374.

Foster C., Florhaug J. A., Franklin J., Gottschall L., Hrovatin L. A., Parker S., Dolishal P., Dodge C., A new approach to monitoring exercise training, *J. Strength Cond. Res.*, 15, 2001, 109-115.

Foster C., Hector L. L., Welsh R., Schrager M., Green M. A., Snyder A. C., Effects of specific versus cross-training on running performance, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 70, 1995, 367-372.

Gandevia S. C., The sensation of heaviness after surgical disconnection of the cerebral hemispheres in man, *Brain*, 101, 1978, 295-305.

Gandevia S. C., McCloskey D. I., Changes in motor commands, as shown by changes in perceived heavi-

ness, during partial curarization and peripheral anaesthesia in man, *J. Physiol.*, 272, 1977, 673-689.

Gescheider G. A., *Psychophysics: The Fundamentals*, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1997.

Goldstein E. B., *Sensation and perception*, Blackwell Publishing Ltd, 2005.

Impellizzeri F. M., Rampinini E., Coutts A. J., Sassi A., Marcora S. M., Use of RPE-based training load in soccer, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36, 2004, 1042-1047.

Marcora S., Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs, *J. Appl. Physiol.*, 106, 2009, 2060-2062.

Marcora S. M., Bosio A., Effect of exercise-induced muscle damage on endurance running performance in humans, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 17, 2007, 662-671.

Marcora S. M., Bosio A., de Morree H. M., Locomotor muscle fatigue increases cardiorespiratory responses and reduces performance during intense cycling exercise independently from metabolic stress, *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 294, 2008, R874-883.

Marcora S. M., Staiano W., Manning V., Mental fatigue impairs physical performance in humans, *J. Appl. Physiol.*, 106, 2009, 857-864.

Martin D. T., Andersen M. B., Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 40, 2000, 201-208.

Noakes T. D., St Clair Gibson A., Logical limitations to the "catastrophe" models of fatigue during exercise in humans, *Br. J. Sports Med.*, 38, 2004, 648-649.

Preston J., Wegner D. M., Elbow grease: when action feels like work, in: Morsella E., Bargh J. A., Gollwitzer P. M. (a cura di), *Oxford handbook of human action*, Oxford, Oxford University Press, 2008.

Proske U., What is the role of muscle receptors in proprioception?, *Muscle Nerve*, 31, 2005, 780-787.

Proske U., Wise A. K., Gregory J. E., The role of muscle receptors in the detection of movements, *Prog. Neurobiol.*, 60, 2000, 85-96.

Stevens S. S., *Psychophysics*, New Brunswick, 1975, Transaction Publisher (reprint 2008).