

Zeitschrift: Macolin : mensile della Scuola federale dello sport di Macolin e di Gioventù + Sport

Herausgeber: Scuola federale dello sport di Macolin

Band: 50 (1993)

Heft: 5

Artikel: Ricerca e sport di alto livello [seconda parte]

Autor: Brouns, Fred

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-999671>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ricerca e sport di alto livello (II)

di Fred Brouns, Università del Limburgo, Maastricht
traduzione di Mario Gulinelli

"Sapere" nella scienza significa poter fare affermazioni certe sulla base di dati riproducibili. Il presupposto per arrivare a ciò è compiere ricerche in condizioni controllabili. Ciò vuol dire che ripetendo lo stesso esperimento si ottengono sempre gli stessi dati. Solo con questo presupposto si può affermare chiaramente che A causa B.

Oggi la scienza dello sport può verificare facilmente, con una semplice misurazione della temperatura, se e di quanti gradi Celsius può crescere la temperatura corporea dell'atleta con una data attività sportiva. Ma l'aumento della temperatura corporea non è prodotta solo dall'intensità dello sforzo fisico; bensì viene influenzata anche dalla temperatura ambientale, dal-

la quantità e dalla qualità del tipo di abbigliamento indossato dall'atleta. Ma ci sono poi anche altri fattori, come l'intensità del vento, l'umidità, la possibilità d'evaporazione del sudore, ecc. Dare una risposta certa è possibile solo se tutti i fattori che interferiscono con la temperatura sono controllabili, cioè se sono tenuti il massimo possibile costanti o sono gli stessi.



Quando si potrà disporre di un'apparecchiatura che testi l'atleta in gara?

In provetta

In una provetta si possono controllare esattamente determinati processi biochimici. Tutto può essere programmato con precisione: temperatura, durata, concentrazione. Anche nella scienza dello sport ci si serve di ricerche in "provetta", e molte nostre scoperte nel campo della biochimica nascono da questi esperimenti.

Ma nello sport di vertice, sul campo, in pista, in palestra, spesso le condizioni sono molto diverse da quelle in "provetta".

Come si è visto, le prestazioni degli atleti sono influenzate anche dalla loro volontà di affermazione. Più motivato è l'atleta, migliori i suoi risultati. E più intensi sono gli sforzi, maggiori saranno tutti i processi di trasformazione biochimica nell'organismo.

Molto concretamente, per la scienza dello sport ciò vuol dire che gli atleti di massimo livello vanno studiati in condizioni di impegno massimo. Ma è possibile farlo? Come si possono prelevare campioni di sangue o di tessuto muscolare proprio nel momento in cui l'esaurimento dell'atleta è al suo massimo? È possibile riprodurre in laboratorio una prestazione massima, senza pubblico, senza la motivazione della gara? L'ideale sarebbe quello di disporre di un'apparecchiatura che testasse l'atleta in gara, mentre realizza la sua prestazione, che rilevasse e mostrasse i processi biochimici che avvengono e li esprimesse in dati numerici. La tecnica purtroppo non è ancora arrivata a questo, anche se i recenti progressi tecnologici vanno in questa direzione. Attualmente, è già possibile controllare determinati parametri anche durante uno sforzo fisico.

Le misurazioni in gara

Ad esempio, attualmente, con un cardiofrequenziometro si riesce a controllare la frequenza cardiaca in gara. Un'apparecchiatura portatile permette all'atleta di leggere, senza problemi, di continuo, la sua frequenza cardiaca e così controllare l'intensità del suo sforzo. Questa ap-



Determinazione del massimo consumo di ossigeno e registrazione della frequenza cardiaca durante un test di corsa al nastro trasportatore a velocità crescenti.

plicazione pratica però è stata possibile solo grazie a ricerche controllate svolte in laboratorio. Così, in laboratorio, si è riusciti a dimostrare che negli sforzi di resistenza c'è un rapporto diretto tra frequenza cardiaca ed intensità dello sforzo: vale a dire, maggiore velocità uguale frequenza più elevata.

Inoltre si è scoperto che ad elevate intensità di sforzo aumenta progressivamente la demolizione delle riserve di carboidrati (energia). Il prodotto finale di questo metabolismo, e cioè l'acido lattico, si accumula nei muscoli ed anche nel sangue, conducendo alla fatica. Così, negli atleti, attraverso la combinazione di varie misurazioni si è riusciti a determinare fino a quale intensità di sforzo, e relativa frequenza cardiaca, la concentrazione ematica di acido lattico aumenta soltanto di poco. E questa Fc, determinata individualmente, diventa un indicatore di quella intensità della prestazione di resistenza che si può mantenere il più a lungo possibile senza una "troppo intensa acidosi". Una conseguenza di quanto illustrato, è che

attualmente i triatleti di livello mondiale disputano la loro gara controllando la Fc.

La forza sotto la lente d'ingrandimento

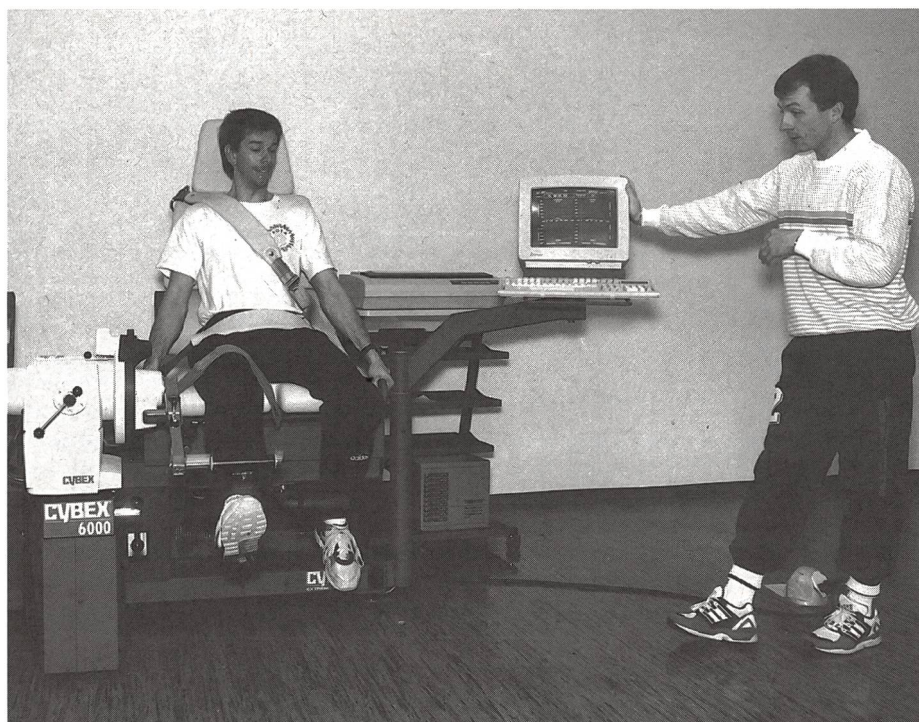
Una prestazione richiede energia e forza. La forza massima è influenzata da moltissimi fattori. Le fibre muscolari si contraggono per effetto di un impulso che parte dal sistema nervoso centrale. La rapidità di questo impulso e delle fibre muscolari che si contraggono determina la rapidità di contrazione del muscolo. Tutti coloro che praticano sport sano, per esperienza pratica, che un miglioramento della forza e della velocità si traducono in un salto più lungo o più alto, in un miglior tempo di corsa, ecc.. Per cui è logico che venga chiesto alla scienza dello sport se la velocità di conduzione dell'impulso nervoso al muscolo e la sua trasformazione nel muscolo stesso, possano essere migliorate con l'allenamento. E se la risposta è positiva, che tipo di allenamento, quale frequenza e durata sono ne-

cessari; e contro o con quale resistenza?

Un allenamento regolare con grandi carichi, come quello normale nel body building e nel sollevamento pesi produce ipertrofia muscolare. Tutti lo possono verificare. Per cui un maggiore allenamento della forza porta ad una maggiore massa muscolare e a maggiore forza. Ma ci si chiede se ci sia un'altra strada, un'alternativa per aumentare la massa muscolare. La risposta è sì. Da molto tempo nelle cliniche sono in uso preparati anabolizzanti: il passo perché fossero usati, in modo illegale, nello sport, ma anche nell'allevamento del bestiame è stato breve. Più muscoli, o più carne, vuol dire migliori prestazioni, più guadagni, più fama e denaro.

Naturalmente c'è l'immane rovescio della medaglia: molti effetti collaterali, non voluti, spesso irreversibili e patologici.

Poi è stata scoperta un'altra via per il miglioramento della forza: l'elettrostimolazione. L'impulso nervoso proveniente dal cervello che provoca la contrazione nel muscolo, altro



Test di resistenza alla forza a Cybex. Quando si produce un esaurimento totale?

non è che un impulso elettrico; utilizzando degli elettrodi applicati insieme ad una debole corrente d'impulsi ai gruppi muscolari, tale fenomeno è facilmente riproducibile. Quindi è possibile, con l'elettrostimolazione dei principali gruppi muscolari, allenare ulteriormente atleti per alcuni sport di forza nei quali certi muscoli si affaticano notevolmente per un allenamento intensivo della forza, oppure risentono molto di un simile tipo di allenamento. Inoltre è possibile applicare una serie di impulsi che superano per intensità quelli inviati dal cervello. In altri termini ciò vuol dire che ci si può allenare più intensamente di quanto non sia possibile con il solo sforzo di volontà individuale. Questo metodo richiede però molto tempo e personale tecnico. Perciò, sebbene sia già stato utilizzato da alcuni atleti di alto livello degli sport di forza, è scarsamente praticato. Quindi resta la domanda di come si possa ottenere un incremento massimo della forza per mezzo di carichi naturali (contrazioni muscolari).

Come, quante volte, per quanto tempo?

Molti metodi di allenamento vengono usati del tutto intuitivamente, e generalmente danno buoni risultati. Ma ci sono anche metodi dubbi, che probabilmente, producono più danni che benefici.

Per riuscire a valutare meglio un allenamento di forza è necessario mi-

surare esattamente la forza. Ciò vuol dire che l'atleta deve essere misurato durante una prestazione di forza nella quale le condizioni esterne dovrebbero essere controllabili e costanti al massimo. Per ottenere ciò sono state progettate varie apparecchiature. La versione usata più spesso è il Cybex, per mezzo del quale si possono controllare esattamente resistenza e velocità con diverse angolazioni.

Il vantaggio di queste apparecchiature è che non soltanto si possono rilevare (calcolare) esattamente le prestazioni di forza e resistenza alla forza, ma si possono eseguire ripetizioni di carichi di forza esattamente dosate. Infine permette anche di indagare le variazioni metaboliche che si producono con carichi standardizzati.

L'urlo all'esterno, lo shock metabolico all'interno

Per l'allenatore e l'atleta contano i risultati. Invece i ricercatori sono interessati anzitutto a quello che succede nell'organismo. Quali sono i cambiamenti a breve ed a lungo termine prodotti dall'allenamento nel metabolismo? Cosa provoca i crampi muscolari e la fatica? Perché chi vince, malgrado i suoi sforzi intensi, non prova dolore?

Con questa ed altre domande entriamo nella ricerca biochimica. Ma è proprio essa che produce veri e propri rompicapi: ad esempio come si possono rilevare campioni per ana-

lisi biochimiche, in condizioni quanto più possibile simili a quelle di gara? Gli atleti, soprattutto quelli di alto livello non amano molto gli aghi (cioè controlli e ricerche condotti con metodi invasivi), certo non prima, durante o subito dopo una gara importante.

Un altro problema è rappresentato dalle condizioni generali del test. Una prestazione di resistenza, anche per i cambiamenti del metabolismo che si producono nel corpo, dipende notevolmente dall'alimentazione e dallo sforzo d'allenamento durante i due giorni antecedenti il test. Quindi se si vuole sottoporre un atleta di alto livello che si sottopone ad un test di laboratorio affidabile, questi, almeno nelle 48 ore precedenti, dovrebbe allenarsi secondo un piano ben preciso ed assumere solo gli alimenti prescritti. Concretamente ciò vuol dire che gli atleti per 3-4 giorni non si possono allenare liberamente. Ed anche questo non piace loro. Quindi la ricerca su atleti di alto livello è impresa faticosa, che per fortuna, grazie ad un rinnovato e crescente interesse per la salute e ad una maggiore collaborazione degli atleti stessi, si sta ampliando e ci dirà molto in futuro.

La diminuzione della prestazione

Nelle ricerche sullo sport di prestazione c'è ancora un altro problema: misurazioni ed analisi svolte mentre l'atleta è impegnato in una prestazione sportiva, ne possono disturbare lo sforzo e/o peggiorare il risultato. Ad esempio, un test classico sul consumo d'ossigeno nel quale si usa una maschera con un tubo, attraverso il quale l'aria perviene all'analizzatore, non pone problemi finché le intensità di lavoro sono scarse. Ma quando il carico è massimale, la resistenza del tubo diventa molto grande e può influire sulla ventilazione, che è molto elevata, ed anche sulla massima prestazione possibile. Poi gli atleti, nelle ricerche sul loro rendimento vogliono essere analizzati nelle condizioni più naturali possibile. Ad esempio, il cicloergometro è poco amato. Anche se completamente standardizzato come strumento di misurazione, ha però altri rapporti rispetto alla propria bicicletta, per cui il soggetto del test vorrebbe pedalare liberamente sulla sua bicicletta e, se possibile, senza maschera! La scienza ha imparato la lezione. Così, l'Università di Maastricht ha costruito due came-

re "respiratorie" stagne che permettono di eseguire un test della durata di un giorno senza maschera. Il principio è semplice, ma la realizzazione è molto complessa e quindi completamente controllata attraverso computer.

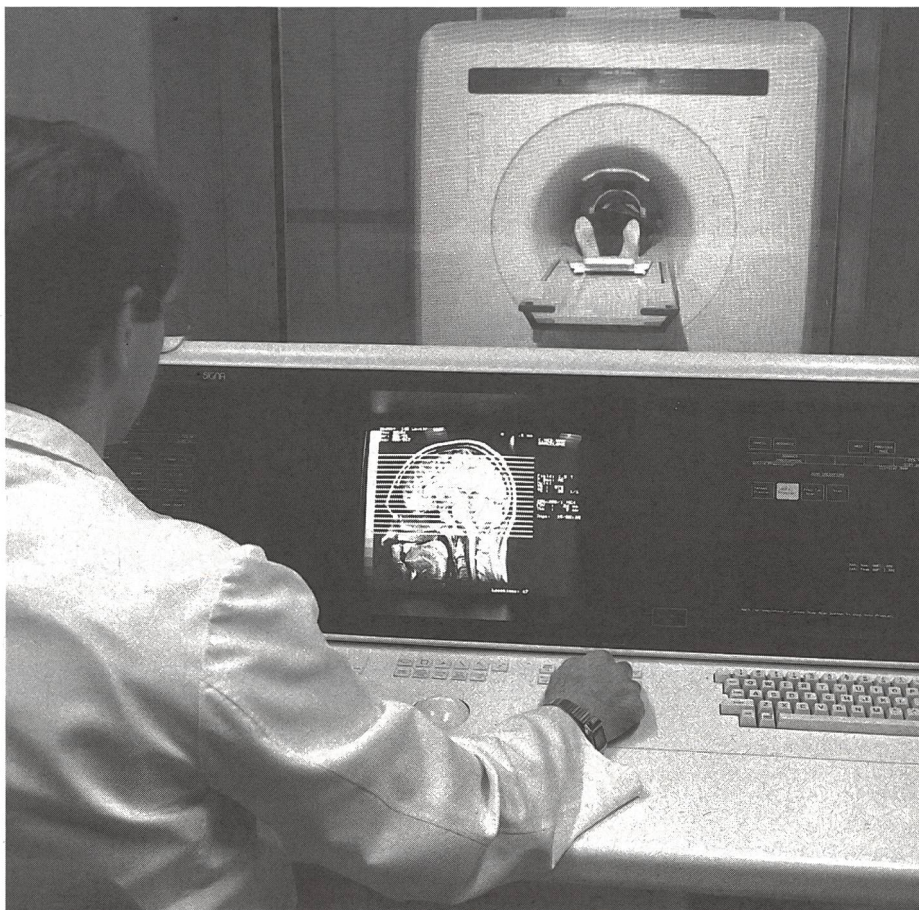
Durante la sua permanenza in una di queste camere, il ciclista ha bisogno di ossigeno. Questo viene immesso da un'apertura, attraverso cui viene pompata all'interno una certa quantità al minuto di aria esterna. Dal lato opposto della camera l'aria interna viene aspirata all'esterno alla stessa velocità. Vengono misurate le concentrazioni di ossigeno e di anidride carbonica nell'aria in entrata ed in quella in uscita. Ciò permette di ricavare i dati sul consumo d'ossigeno e la produzione di CO₂, e rende possibili misurazioni durante il sonno, a riposo, ma anche in condizioni di massimo sforzo. Un aspetto interessante è che con questo metodo, indirettamente, si possono calcolare sia l'intero dispendio energetico, che la percentuale dei lipidi e dei carboidrati nella produzione di energia stessa. I test di simulazione del Tour de France, eseguiti in condizioni di laboratorio a Maastricht, sono noti in campo internazionale.

L'aria respirata, gas di scarico del muscolo

Dall'aria aspirata, dunque, si possono ricavare alcuni parametri quali il consumo energetico e quello di grassi e carboidrati. Ma non possia-



Un ciclista di alto livello durante un test di 6 giorni nella camera respiratoria del centro di ricerca nutrizionale dell'Università del Limburgo, Maastricht, Olanda.



La tomografia a risonanza magnetica nel "Centre de Ressonancia Magnètica" a Barcellona, dove si svolge una parte del programma "Sandoz Sport Research". (Foto Jordi Nieva)

mo vedere direttamente ciò che avviene nella cellula muscolare. In parte, il metabolismo muscolare può essere valutato attraverso il prelievo di un campione dal muscolo, utilizzando un ago per biopsia immediatamente alla fine del test.

È una procedura che, anche se frequentemente utilizzata negli studi sulle variazioni del metabolismo durante i carichi di resistenza, mostra certi inconvenienti. Così, ad esempio, le variazioni del metabolismo in carichi di elevata intensità sono molto maggiori che in un carico di prolungato di resistenza, per cui è logico supporre che siano anche più semplici da misurare. Ma non è così, perché queste variazioni metaboliche vengono normalizzate molto rapidamente. Ed una parte di tali cambiamenti non è più ricostruibile nei campioni muscolari.

Una ricerca di pochi secondi

Tra il momento dello sparo e quello in cui un velocista spinge sui blocchi, il suo metabolismo energetico muscolare cresce di mille volte, per ridiscendere rapidamente immediatamente dopo il finish. Ne deriva che il prelievo dei campioni da un

velocista, come minimo deve avvenire con la stessa velocità dello sprint, e magari anche più velocemente (anche se ciò è praticamente impossibile). L'apparecchio ottimale dovrebbe permettere di "guardare" nel muscolo durante le singole contrazioni, senza aghi, senza prelievi di sangue. Con lo sviluppo di attrezzature per la risonanza nucleare questo passo in avanti, ancora poco tempo fa inimmaginabile dal punto di vista tecnologico, è diventato quasi realtà. La tecnica della risonanza permette, usando onde corte che vengono riecheggiate da determinate sostanze, di determinare i cambiamenti quantitativi. Ciò permette di misurare il grado di acidità del muscolo, le riserve di fosfati energetici presenti e il contenuto di glicogeno, importante riserva di carboidrati per le prestazioni di resistenza. Inoltre l'uso di una tecnica simile, la tomografia a risonanza magnetica permette di determinare molto precisamente le strutture dei tessuti. Si tratta di un settore di ricerca di elevata tecnologia, al quale le ditte svizzere Sandoz e Wander hanno dato un grande impulso con progetti di ricerca internazionali e due grandi simposi, uno tenutosi a Chamonix, l'altro a Barcellona. ■