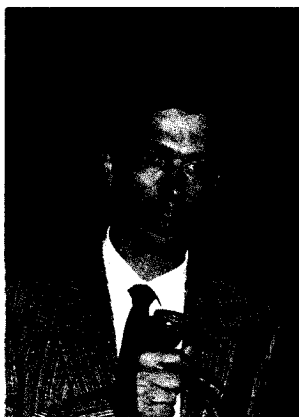




Antonio Dal Monte, Marcello Faina, Claudio Menchinelli
Istituto di Scienza dello Sport del CONI,
Dipartimento di Fisiologia e Biomeccanica



IL CONTRIBUTO DELLA RICERCA SCIENTIFICA PER IL SUPERAMENTO DEI LIMITI DELL'UOMO NELLO SPORT

1. Introduzione

La conoscenza della "macchina umana" nei suoi aspetti fisiologico, biomeccanico, biochimico, ecc., ha da sempre rappresentato un limite alla possibilità dell'uomo di migliorare le sue prestazioni in campo sportivo.

Proprio negli ultimi anni, il raggiungimento di carichi di lavoro sempre più elevati ed il parallelo perfezionamento delle tecniche di allenamento hanno costituito un ulteriore importante impulso allo sviluppo delle ricerche scientifiche sull'"atleta" e/o sull'insieme "atleta-mezzo meccanico", intendendosi in questo ultimo caso anche lo studio di nuove soluzioni tecnologiche riguardanti ad esempio i terreni di gara, i mezzi e gli accessori di gara e/o di allenamento, ecc., il tutto sempre in ossequio ai regolamenti internazionali delle singole discipline.

E' per tale motivo che alcuni settori in particolare, quali la fisiologia e la biomeccanica, hanno oggi un posto di primo piano nella continua lotta tra l'uomo ed i suoi limiti nello sport. Per portare avanti tale "lotta" è di fondamentale importanza poter disporre di apparecchiature altamente sofisticate e di un'équipe di personale altamente specializzato. Questo perché nelle varie attività sportive sono rappresentati tutti i più diversi impegni che la "macchina umana" è in grado di fornire (potenza, velocità, resistenza, destrezza, ecc.).

E' evidente che se si vuole valutare dal punto di vista delle sue capacità agonistiche l'atleta praticante un determinato sport, si devono necessariamente approntare delle metodiche di studio che servano ad evidenziare le caratteristiche funzionali che i vari organi ed apparati sono chiamati ad esprimere in ciascuna specialità agonistica.

Per quanto riguarda in particolare la valutazione fisiologica e biomeccanica dell'atleta, possono essere distinte delle metodiche di valutazione funzionale eseguite in laboratorio e metodi di valutazione funzionale eseguiti sul campo di gara.

A queste ultime si ricorre generalmente quando il laboratorio non è in grado di riprodurre o simulare tutte le peculiari situazioni che possono verificarsi durante la competizione.

2. La valutazione fisiologica

Proprio partendo dalla necessità di realizzare strumenti in grado di poter esaminare gli atleti in base alle qualità che devono esprimere nelle varie discipline sportive, presso il Dipartimento di Fisiologia e Biomeccanica dell'Istituto di Scienza dello Sport del CONI (Roma) sono stati realizzati una serie di ergometri specifici ideati nel Dipartimento; alcuni di essi rappresentano dei "pezzi" unici in grado di riprodurre in modo pressoché esatto il gesto tipico dell'atleta in gara. E' questo il caso, ad esempio, dell'ergometro simulatore della canoa kajak (Figg. 1-2); tale apparecchio è costituito da due lunghe manovelle disposte obliquamente, che presentano un'inclinazione tale da simulare la continuità del fusto della pagaia.

L'ergometro è completato da uno stativo su cui vengono fissati un sedile ed una pedaliera da canoa, in modo da porre l'atleta in una posizione uguale a quella che assumerebbe in barca.

Rimanendo nel campo degli sport acquatici, analogamente alla canoa kajak, anche per il canottaggio e la canoa canadese sono stati realizzati ergometri simulatori del gesto tecnico specifico.

Nel canottaggio sono disponibili due tipi di ergometri. Nel primo, secondo Gjessing-Nilsen (Fig. 3), gli appoggi dell'atleta (pedana e carrello) e la loro cinematica riproducono esattamente quelli dell'imbarcazione; alla impugnatura, invece, fissata all'estremità di un'asta scorrevole lungo un supporto oscillante, è consentito esclusivamente il movimento nel piano sagittale, mentre nella realtà al remo sono possibili i movimenti con centro di rotazione all'altezza dello scalmo. La resistenza offerta dal remo durante la passata in acqua viene simulata mediante un freno a nastro svolgentesi attorno ad una puleggia.

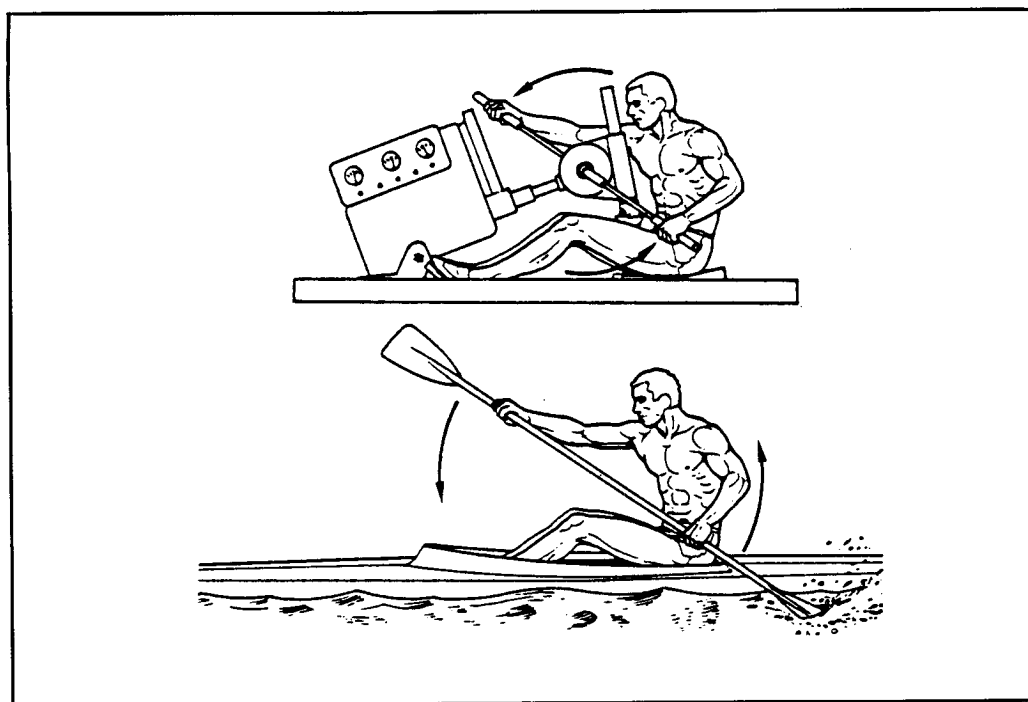


Fig. 1 - Schema dell'ergometro per il kajak realizzato in modo da simulare il movimento tipico dell'atleta di canoa olimpica tipo K e comportante lo stesso impegno dinamico e muscolare (sec. Dal Monte).

Il secondo remoergometro, secondo Dal Monte (Figg. 4-5-6), permette la riproduzione del gesto specifico del canottiere, compresa l'effettuazione della passata in acqua.

A differenza del remoergometro di Gjessing, infatti, il sistema di riproduzione della palata è composto da un vero e proprio remo montato su uno scalmo tipo imbarcazione; ciò consente al canottiere di effettuare tutti i movimenti possibili sul fulcro fornito dallo scalmo stesso, proprio come avviene nella realtà.

Anche per quanto riguarda la canoa canadese, si è fatto ricorso alla realizzazione di un ergometro specifico (secondo Dal Monte, Fig. 7) nel quale l'atleta mantiene la stessa posizione inginocchiata che ha in barca.

Al fine di migliorare ulteriormente le possibilità di studio delle discipline sportive sopra menzionate e degli altri sport acquatici quali nuoto, vela, windsurf, attività subacquee, è stata realizzata da circa un anno nel Dipartimento presso il quale gli autori operano, una vasca ergometrica, unica nel suo genere, che rappresenta la realizzazione definitiva di un progetto del Prof. Dal Monte, presentato per la prima volta nel 1964 (Fig. 8).

La vasca è rappresentata da una sezione di condotta d'acqua a cielo aperto (misurante 6.70×3 m) in cui il fluido è posto in movimento da 4 eliche collegate ad un motore BMW marino di 240 hp di potenza.

Il nuotatore o l'insieme "uomo-imbarcazione" si muove in senso opposto a quello del moto dell'acqua per cui, rispetto alle pareti ed al bordo della vasca ergometrica, egli risulta immobile.

Su una sezione laterale della vasca è posta una finestra di cristallo speciale (misurante 2×1 m) da cui è possibile osservare ed eventualmente filmare il movimento dell'atleta sotto la superficie di galleggiamento.



Fig. 2 - Ergometro per la canoa kajak realizzato ed in uso presso il Dipartimento di Fisiologia e Biomeccanica dell'Istituto di Scienza dello Sport.

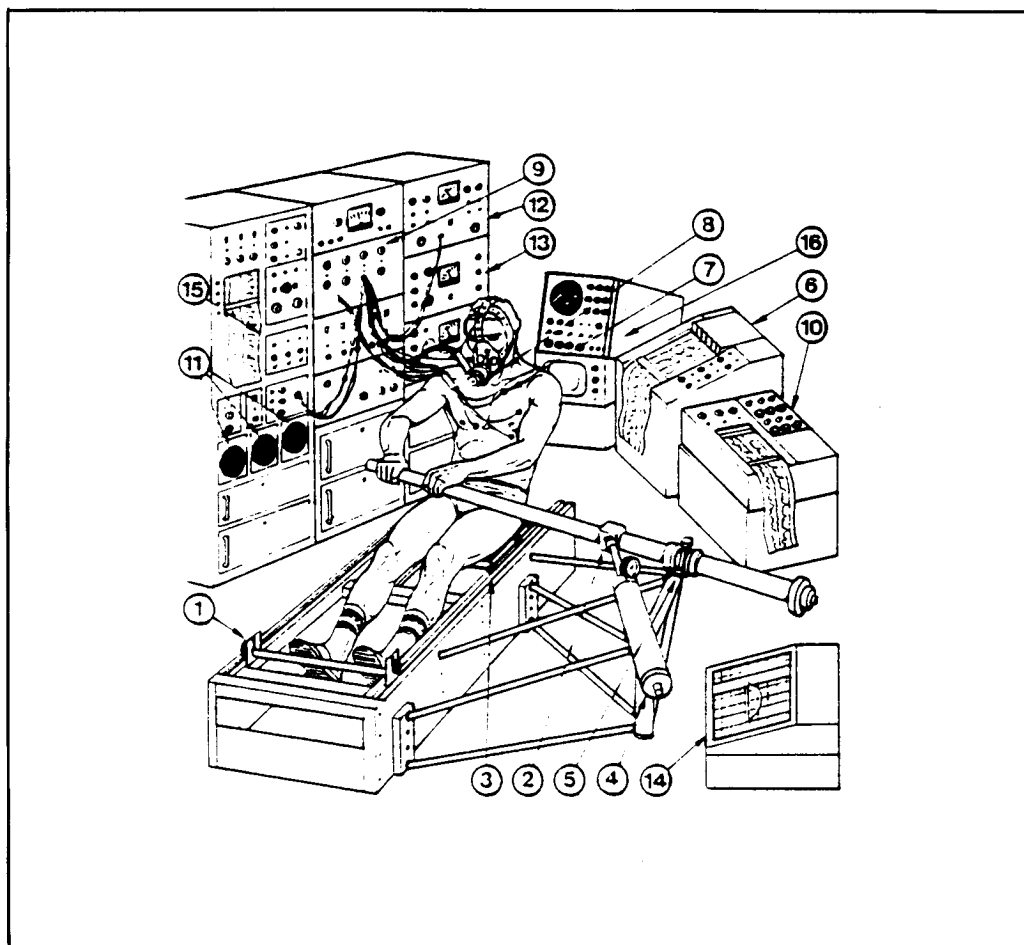


Fig. 4 - L'illustrazione mostra, schematicamente, la tecnica di valutazione multipla che viene adottata per la valutazione funzionale specifica in laboratorio dagli atleti. Nel caso in oggetto l'atleta è un canottiere e pertanto viene usato il remoergometro, che ne simula l'azione specifica: 1. trasduttore estensimetrico per misurare la forza con cui l'atleta preme sulla pedaliera; 2. trasduttore estensimetrico per registrare la forza di trazione sul remo; 3. trasduttore lineare per registrare gli spostamenti longitudinali del carrello; 4. sistema elettro-idraulico per simulare la resistenza offerta dall'acqua al remo; 5. trasduttore angolare per la registrazione dell'ampiezza del movimento effettuato dal remo; 6. "recorder" multitraccia su cui vengono registrati tutti i parametri biomeccanici ottenuti e cioè l'espressione di forza e l'ampiezza e il tipo dei movimenti compiuti dall'atleta; 7. elettrodi biopotenziali per il rilievo dell'elettrocardiogramma della frequenza cardiaca; 8. pneumotacografo con relativi tubi per il rilievo della ventilazione polmonare e per il prelievo dei campioni di aria espirata, necessari per effettuare l'analisi dei gas respiratori; 9. unità completa comprendente i vari integratori del pneumotacogramma (misura del flusso dell'aria), della ventilazione polmonare, del consumo di ossigeno, dell'emissione di anidride carbonica, dell'elaborazione dell'elettrocardiogramma, ecc.; 10. apparecchiatura poligrafica per la registrazione di alcuni parametri fisiologici; 11. batteria di oscilloscopi a raggi catodici su cui vengono "monitorati" a differente ampiezza e velocità di scorrimento, l'attività elettrica cardiaca e la ventilazione polmonare; 12. analizzatore di ossigeno; 13. analizzatore di anidride carbonica; 14. "plotter" XY su cui vengono registrati, nel caso in oggetto, sull'asse delle ascisse e su quello delle ordinate, rispettivamente, i movimenti angolari del remo e la forza applicata dal rematore; 15. "computer" per calcolare, in rapporto ai valori di pressione e temperatura dell'aria ambiente, i più importanti parametri cardiocircolatori, respiratori e metabolici. Il calcolo è effettuato in tempi reali e la registrazione dello stampa-dati effettuato ogni 30"; 16. oscilloscopio a raggi catodici multic canale su cui vengono inviati i segnali indicanti i parametri biomeccanici rilevati (forza, pressione, movimenti lineari ed angolari, accelerazioni, ecc.).

E' possibile inoltre collegare il soggetto, tramite braccio telescopico e maschera in-
espiratoria, ad un apparato ergospirografico per valutare i parametri metabolici e cardio-
circolatori sotto sforzo.

I primi test effettuati sui nuotatori (Fig. 9), surfisti (Fig. 10), canoisti (Fig. 11) e apneisti
(Fig. 12), hanno raccolto da un lato l'entusiasmo dei tecnici ed atleti (venendosi a realiz-
zare la possibilità di utilizzare la vasca anche come strumento di allenamento e/o di ricerca
di nuove tecniche di allenamento), dall'altro ha aperto nuovi orizzonti per un'ampia
gamma di ricerche scientifiche che forniranno un contributo non indifferente al migliona-
mento di alcuni limiti dell'uomo che si cimenta in queste discipline.

Volendo fornire già alcuni dati, citiamo, ad esempio, i risultati preliminari di uno studio,
ancora in fase di realizzazione, riguardante un gruppo di apneisti, alcuni dei quali ai vertici
mondiali della specialità, come Stefano Makula.

Ogni atleta è stato sottoposto ad un test di immersione in apnea in vasca, dove era
sotto costante controllo visivo e strumentale, venendosi così a creare le condizioni ideali
per poter raggiungere i limiti di resistenza di ciascun atleta con il minimo rischio per la sua
salute.

Ebbene, anche in questi atleti, più che perfetti dal punto di vista fisiologico e clinico nei
vari test in superficie, durante questi test specifici abbiamo riscontrato, in particolare nel-
l'ultima fase del test, una notevole riduzione della frequenza cardiaca (F_c) fino a valori di
28-30 battiti/min e la comparsa di numerose extrasistoli.

E' facile intuire come tali prime indicazioni, solo in parte già note, trovano un'imme-
diata applicazione non solamente nello studio dei limiti dell'atleta d'élite ma anche nella
prevenzione dei numerosi incidenti, a volte mortali, a cui può andare incontro chiunque si
cimenti, a tutti i livelli di qualificazione, in questo sport.

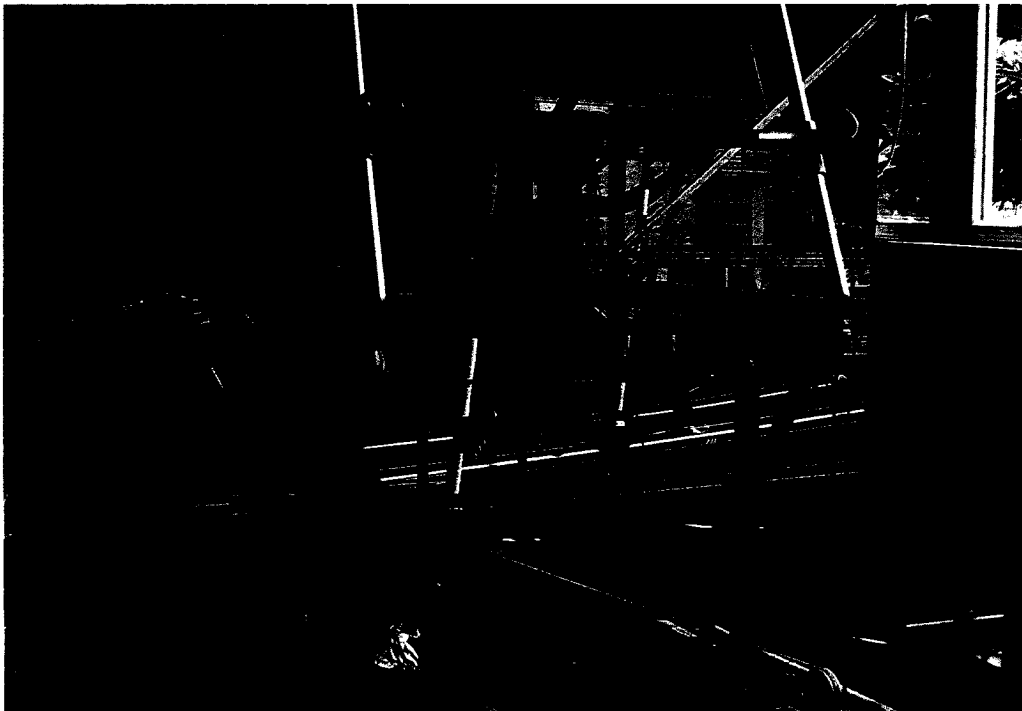


Fig. 7 - Ergometro per la riproduzione in laboratorio del gesto tecnico della canoa canadese.

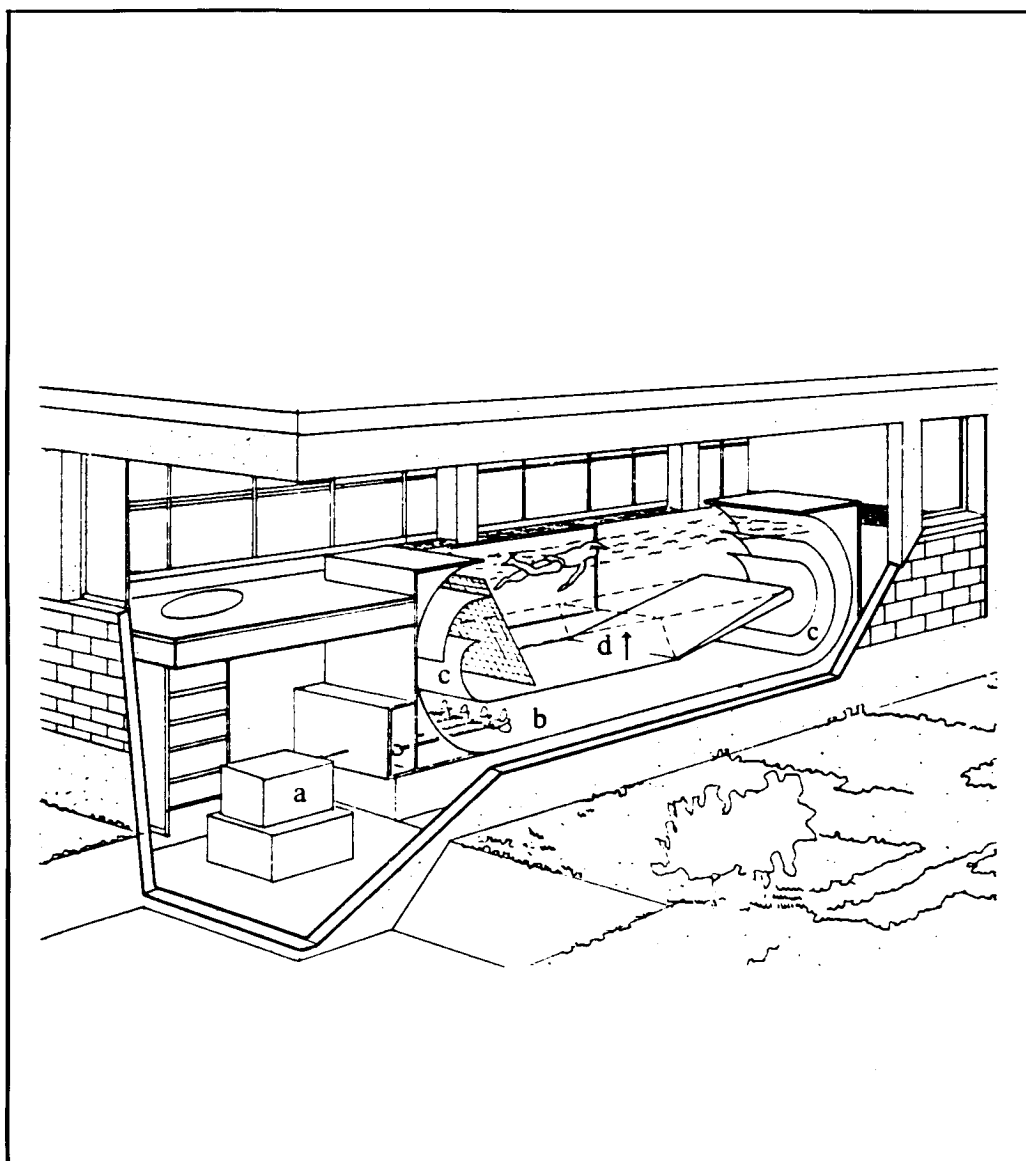


Fig. 8 - Schema illustrato della vasca per prove di sport acquatici in funzione presso l'Istituto di Scienza dello Sport.

La vasca per rilievi ergometrici secondo Dal Monte presenta la caratteristica di avere un flusso di acqua a velocità costante in ogni suo punto.

In particolare, il flusso di acqua può essere ottimizzato per un campo di velocità estremamente ampio, il che consente l'utilizzazione della vasca stessa per tutte le discipline sportive acquatiche quali il canottaggio, la canoa, il windsurf, la vela, attività subacquee, ecc. Ciò viene ottenuto mediante: a) sistema di mobilitazione dell'acqua ottenuto mediante l'impegno di quattro eliche parallele; b) sistema di propulsione assicurato da motore a scoppio di alta potenza; c) mobilitazione con sistema idraulico di tutti i deflettori di allineamento del flusso dell'acqua; d) possibilità di variare la velocità di flusso dell'acqua attraverso riduzione della sezione della camera di flusso mediante sollevamento del pavimento allo scopo di generare velocità più alte nel flusso dell'acqua stesso; e) la vasca viene riscaldata mediante scambiatori di calore che captano il calore stesso dell'acqua di raffreddamento del motore e del collettore di scarico.

Nonostante queste ampie possibilità offerte dal laboratorio per lo studio degli sport acquatici va subito precisato che, comunque, non va trascurata la valutazione funzionale che è possibile effettuare con il laboratorio mobile direttamente sul campo di gara.

Ad esempio, ancora nel campo delle attività subacquee, abbiamo effettuato uno studio riguardante l'andamento di alcuni parametri cardiocircolatori e biochimici durante dei tentativi di record mondiale di immersione in apnea in assetto costante dell'atleta Stefano Makula (detentore del record con 65 m) (Fig. 13).

Un'altra recente ricerca "sul campo" di tipo fisiologico-biomeccanico è stata effettuata in ambito motonautico (Formula 1 e Off-Shore).

In questo caso, si è studiato l'andamento della Fc e delle sollecitazioni meccaniche trasmesse dal mezzo al pilota durante gare ufficiali, informazioni che sarebbe impossibile comunque ottenere, in questi sport, con prove simulate in laboratorio.

Tornando all'uso degli ergometri in laboratorio, forse il più noto e comune è rappresentato dal cicloergometro.

Esso però deve adottarsi esclusivamente per la valutazione dei ciclisti. Inoltre, se il nostro obiettivo è quello di studiare i limiti di forza, di potenza, di resistenza, ecc., che il ciclista è in grado di esprimere con il suo gesto sportivo specifico, il cicloergometro deve possedere tutta una serie di regolazioni e caratteristiche che i comuni cicloergometri non hanno. Per tali motivi quello da noi utilizzato è uno di quei "pezzi unici" di cui è dotato il Dipartimento di Fisiologia e Biomeccanica (Fig. 14).

Un altro ergometro assai noto è il Nastro Trasportatore (Fig. 15).

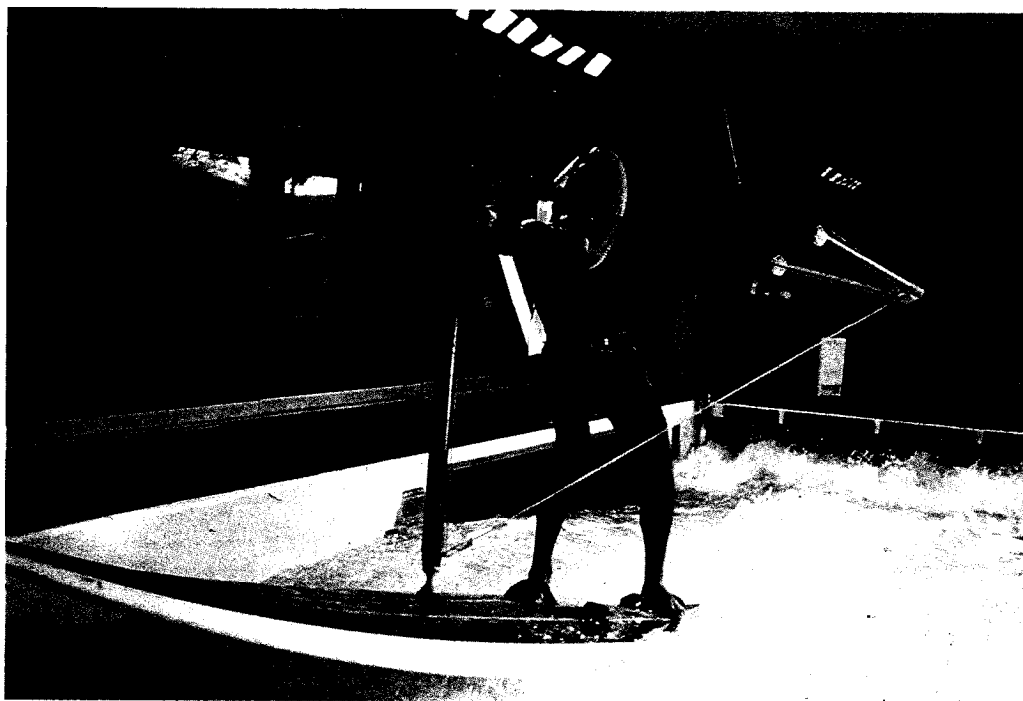


Fig. 10 - In questo caso, nella vasca ergometrica viene valutato l'insieme "atleta-mezzo meccanico", rappresentato qui da un surfista e dal suo surf.

Esso è attualmente usato in test di valutazione delle discipline di corsa (400, 800, 1500, 3000 siepi, 5000, 10000, maratona, marcia).

E' evidente che, per ciascuna disciplina in esame, va adottato un protocollo di valutazione differente in modo da simulare il più possibile il gesto tecnico specifico (Fig. 16).

L'uso del nastro trasportatore, però, non è limitato alla sola valutazione funzionale degli atleti. Grazie alla realizzazione di un progetto del Prof. Dal Monte, presso la Scuola di Atletica Leggera di Formia, è stato installato un nuovo tipo di Nastro Trasportatore (fig. 17) molto più versatile degli altri fin ora in commercio e questo sia dal punto di vista del ricercatore sia per le possibili utilizzazioni che offre come vero e proprio "strumento di allenamento". Esso permette, infatti, di effettuare studi e prove sulla cosiddetta "ipervelocità", (potendo raggiungere i 40 km/h) così come sulla corsa in curva in quanto il nastro trasportatore è dotato di un meccanismo che permette di inclinare il piano di appoggio trasversalmente. Per quanto riguarda ancora le possibilità di ricerca nel campo delle corse risultano riproducibili sia salite sia discese attraverso l'inclinazione longitudinale del piano d'appoggio. Inoltre, il nuovo apparecchio permette di variare l'elasticità del piano di appoggio, riproducendo così un differente coefficiente di resistenza al suolo.

Altre immediate utilizzazioni della nuova apparecchiatura sono rappresentate dalla possibilità di eseguire particolari esercizi richiesti dai tecnici del pattinaggio sul ghiaccio, quali la riproduzione dell'incrocio delle gambe del pattinatore durante la corsa in curva.

Va a tal proposito rilevato che la massima percentuale del percorso di pattinaggio si svolge appunto in curva.



Fig. 12 - Nella figura è illustrata una visione subacquea (attraverso il vetro posto lateralmente alla vasca) di un apneista mentre esegue un test in immersione.

Queste nuove ulteriori possibilità costituiscono un grosso perfezionamento dei sistemi di allenamento a "secco" e cioè lontani dal ghiaccio, che vengono svolti da questi atleti. La maggior larghezza rispetto ai nastri trasportatori usuali permette, inoltre, di testare-allenare in tandem due atleti associati come in prove trasversali di pattinaggio sul ghiaccio.

Il piano inclinato può essere utilizzato anche per migliorare la capacità di manovra degli atleti di imbarcazioni particolari, quali, ad esempio, quelle di 12 metri Stazza Internazionale.

Alcune caratteristiche tecniche del nuovo nastro sono riassunte nella Fig. 18.

A conclusione di questa prima parte riguardante la valutazione fisiologica dell'atleta, si vuole accennare ad alcune prospettive future quali quella rappresentata dalla possibilità di rilevare il consumo di ossigeno (VO_2) per via telemetrica, tecnica attualmente in fase di sperimentazione da parte degli Autori.

Il consumo di ossigeno rappresenta un parametro di fondamentale importanza sia per la determinazione del modello funzionale di molte attività sportive sia per la codificazione di numerosi esercizi di allenamento. Finora questo dato è stato rilevato solamente in laboratorio, essendo necessario il collegamento del soggetto, tramite una maschera ed un tubo flessibile, ad appositi analizzatori di O_2 , apparecchiature piuttosto ingombranti e quindi non trasportabili.

La possibilità, una volta superata la fase sperimentale, di disporre di un sistema telemetrico di piccolo ingombro che permetta di effettuare analoghi rilievi in qualsiasi condizione, sui vari campi di gara, rappresenterebbe quindi un notevole progresso nel campo della valutazione funzionale.

sport	test specifico di valutazione			
	ergometro	tipo	durata del lavoro	ristoro
atletica leggera 400 m ostacoli 800 m piani	nastro trasportatore in piano	rapido incremento di velocità 1' a 16 km/h (riscaldamento) 1' a 20 km/h ed aumento di 2 km/h ogni min fino all'esaurimento	non superiore ai 3'-4'	10 min registrando Fc, O_2 , pH e lattacidemia
atletica leggera 1 500 m piani	nastro trasportatore in piano	1' a 14 km/h (riscaldamento) 1' a 18 km/h 1' a 20 km/h ed aumento di 2 km/h ogni min fino all'esaurimento	non superiore ai 5'	15 min registrando Fc, O_2 , pH e lattacidemia
atletica leggera marcia (10 000-50 000)	nastro trasportatore in piano	camminando 2 min a 8 km/h (riscaldamento) 4 min a 10 km/h 12 km/h fino all'esaurimento	15 min o più	20 min registrando Fc e O_2
atletica leggera fondo: 5 000 m 10 000 m 3 000 siepi maratona	nastro trasportatore in piano	2 min a 14 km/h (riscaldamento) 2 min a 16 km/h 2 min a 18 km/h 2 min a 20 km/h 22 km/h fino all'esaurimento	15 min o più	20 min registrando Fc e O_2

Fig. 16 - La figura mostra in maniera indicativa gli schemi di alcuni test di laboratorio nei quali si fa uso del nastro trasportatore.

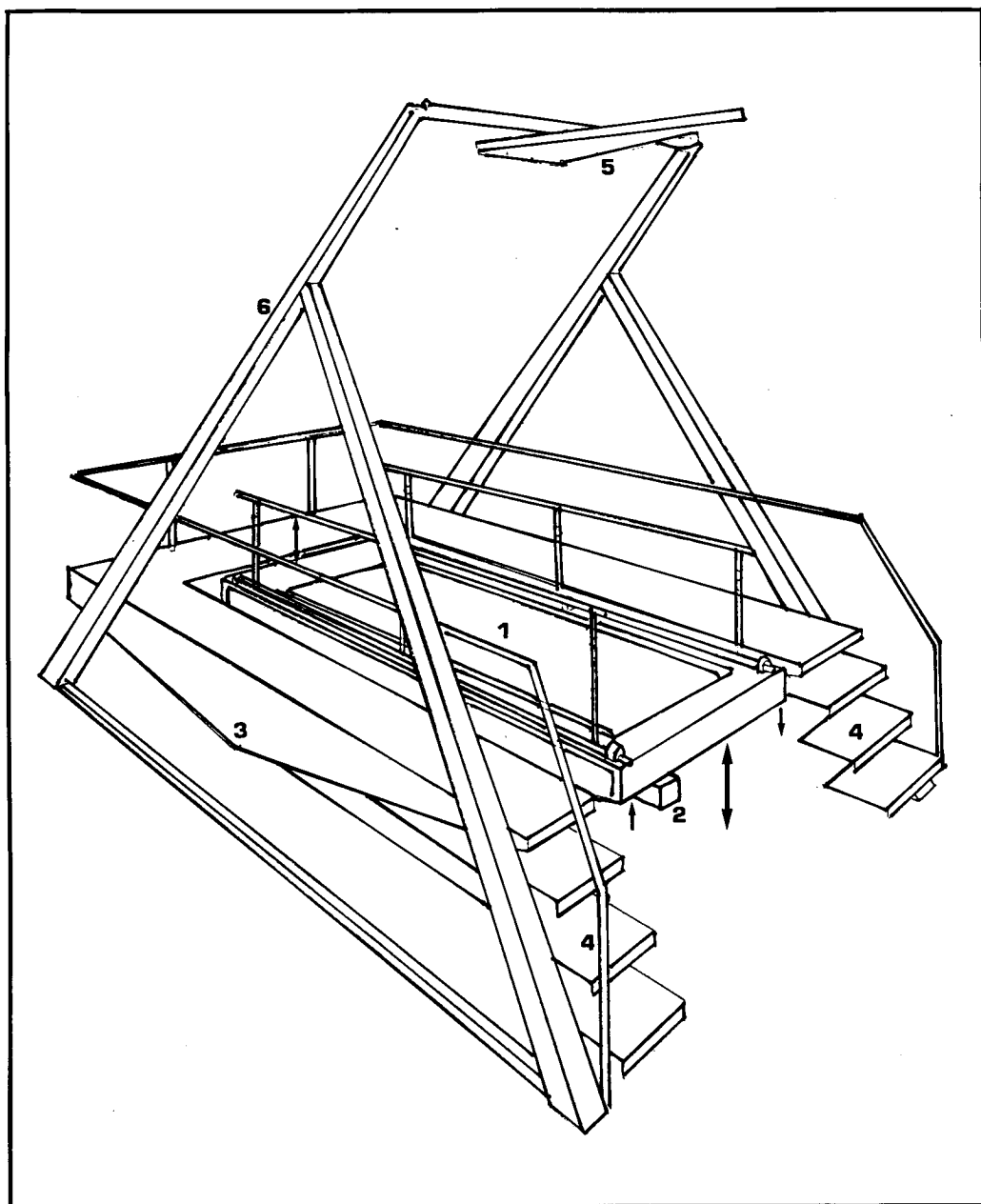


Fig. 17 - 1) Piano di scorrimento del nastro trasportatore; lo scorrimento può arrivare fino ad un massimo di 40 km/h. Questo piano può essere inclinato secondo l'andamento delle frecce e cioè salire e scendere o piegarsi trasversalmente. Quest'ultimo costituisce una novità assoluta; 2) Sono schematizzati i sistemi che consentono l'orientamento longitudinale e trasversale del nastro trasportatore; 3) E' indicato il balconcino di servizio del nastro trasportatore per poter effettuare le manovre relative all'applicazione di strumenti, prelievi, ecc. sull'atleta in prova; 4) Scalette per consentire l'accesso al balconcino di servizio; 5) Sistema di sospensione per applicare una cinta di sicurezza all'atleta in caso di prove ad elevata velocità e/o di esperimenti al limite delle possibilità. Allo stesso sistema possono essere applicati tubi, cavi, fili inerenti l'esperimento in corso; 6) Struttura di sostegno del sistema di sospensione di cui al n. 5.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Lunghezza del tappeto rotante	2.50 metri
Larghezza del tappeto rotante	1.50 metri
Velocità massima di scorrimento del nastro trasportatore	40 Km/h
Inclinazione longitudinale del piano di appoggio	+ 11 gradi
Inclinazione trasversale del piano di appoggio	30 gradi
Altezza dal suolo del tappeto rotante	1 metro

Fig. 18 - La figura illustra alcune caratteristiche tecniche del Nastro Trasportatore descritto nella Fig. 17.

<i>tecniche fotografiche</i>	<div> <div>cronociclofotografia</div> <div>stroboscopia</div> <div>tracce luminose</div> <div> <div>continue</div> <div>intermittenti</div> </div> </div>
<i>tecniche con più macchine fotografiche</i>	<div> <div>azione contemporanea</div> <div>azione successiva</div> <div>con riprese su piani diversi</div> </div>
<i>tecniche cinematografiche</i>	<div> <div>monodimensionale</div> <div>tridimensionale</div> <div>correttive</div> </div>
<i>tecniche elettrogoniometriche</i>	
<i>tecniche fisiologiche</i>	
<i>tecniche dinamometriche</i>	<div> <div>trasduttori di pressione</div> <div> <div>pedane dinamometriche</div> <div>accelerometri</div> <div>pressioni visualizzate</div> </div> </div>
<i>tecniche elettromiografiche</i>	
<i>tecniche miste</i>	<div> <div>cinematografica-elettrogoniometrica</div> <div>cinematografica-elettromiografica</div> <div>cinematografica-dinamometrica</div> <div>cinematografica-fisiologica</div> <div>cinematografica-elettromiografica-dinamometrica-fisiologica</div> </div>

3. La valutazione biomeccanica

La biomeccanica applicata alle attività sportive si basa sull'utilizzazione delle nozioni di fisica allo scopo di studiare il movimento e soprattutto il gesto sportivo, con tecniche di analisi che consentono di chiarire aspetti che l'occhio umano non è in grado di apprezzare.

Le nozioni di fisica sono tratte dai capitoli della cinematica, della statica e della dinamica. Però, l'introduzione di tutte le variabili che intervengono nell'effettuazione del moto da parte di una "macchina umana vivente" rende tali calcoli tutt'altro che semplici.

La situazione si complica ulteriormente quando è necessario tener presente non solo la "macchina umana", ma l'insieme "uomo-mezzo meccanico", ed è questa un'evenienza piuttosto frequente in molte discipline sportive (lanci, ciclismo, sport motoristici, ecc.).

E' evidente che, in questi casi, lo studio degli aspetti biomeccanici non può che identificarsi con lo studio dell'insieme "uomo-macchina".

La tecnologia moderna ha reso e rende possibili ampi sviluppi in questo settore.

Nella Tab. 1 sono indicate le tecniche di rilievo che più frequentemente vengono adottate nello studio dei vari aspetti delle discipline sportive.

Alcune di esse sono ormai note da tempo quali, ad esempio, la stroboscopia e la cromaticofotografia che consentono di scattare, su una stessa lastra, fasi successive di un movimento. Analoga considerazione per la tecnica fotografica a tracce luminose che si ottiene fissando sull'atleta delle piccole lampadine.

La cinematografia rappresenta la naturale evoluzione delle tecniche fotografiche. In campo biomeccanico, a seconda dei gesti che si intendono valutare, si fa uso di riprese a bassa velocità (60-90 fotogrammi/sec), a media velocità o ad altissima velocità (fino a 2000 fotogrammi/sec).

In questi casi tali tecniche consentono, tra l'altro, un'analisi, fotogramma per fotogramma, delle forze in gioco, permettendo di seguire l'andamento delle sollecitazioni che l'apparato locomotore sopporta.

E' evidente che per effettuare tali calcoli, che a mano richiederebbero mesi, si fa ricorso all'ausilio di un computer dotato degli opportuni programmi di elaborazione.

Le tecniche elettrogoniometriche sono quelle attraverso le quali, mediante piccoli elettrogoniometri, vengono registrati su carta, su pellicola fotografica o su nastro magnetico, gli spostamenti angolari di una o più articolazioni del corpo.

Tale rilievo consente di valutare l'eventuale presenza di escursioni articolari al limite delle possibilità anatomiche delle stesse.

Nell'ambito delle tecniche dinamometriche un posto di preminenza è occupato dalle piattaforme di forza.

Qualsiasi movimento umano crea delle variazioni nelle accelerazioni di gravità del soggetto che, quando questo sia poggiato su una pedana dinamometrica, vengono rilevate attraverso sensori realizzati con differenti tecnologie.

Le applicazioni del metodo sono estremamente numerose e possono comprendere anche le attività sportive più complesse, che vedono pur sempre in un appoggio al suolo l'espressione dell'energia meccanica prodotta dalle contrazioni muscolari.

Rientrano in questo ambito, ad esempio, le valutazioni effettuabili sul pugilato, la scherma, il tennis, nelle quali le variazioni delle forze applicate al suolo rappresentano, in definitiva, il negativo delle azioni motorie effettuate nelle tre discipline prese in considerazione.

Ricerche analoghe sono state effettuate in altre discipline sportive quali il bob, il pattinaggio, lo sci di fondo, il tiro con l'arco, il tiro a segno, la vela, ecc., utilizzando dei rilevatori di forza miniaturizzati (strain-gauge-LVDT) e trasmettendo via radio al laboratorio mobile il segnale rilevato sul mezzo di gara durante test sul campo. Tale tipo di valutazione, che analizza sia l'entità sia le modalità di applicazione delle forze, può risultare di

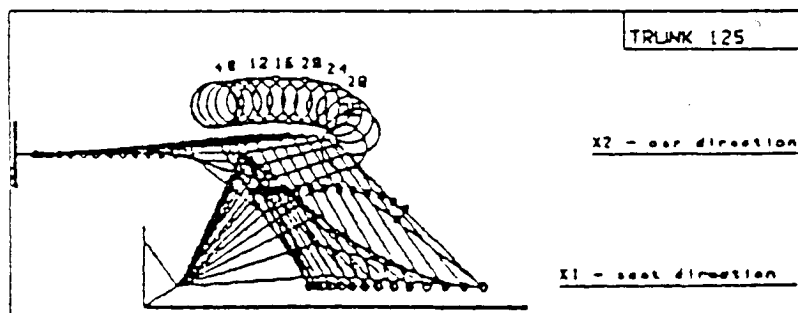
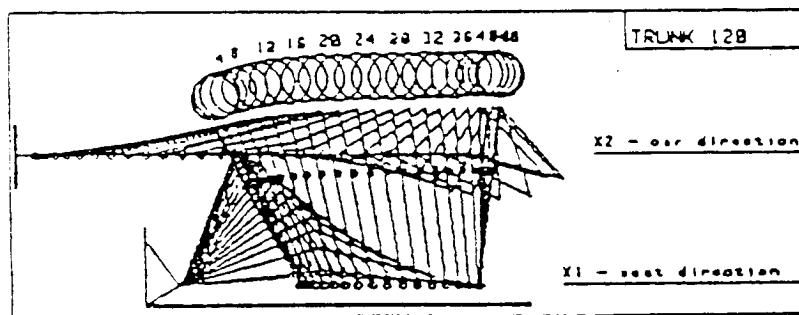
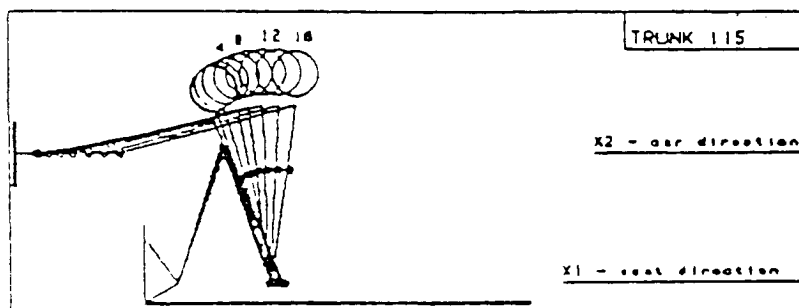
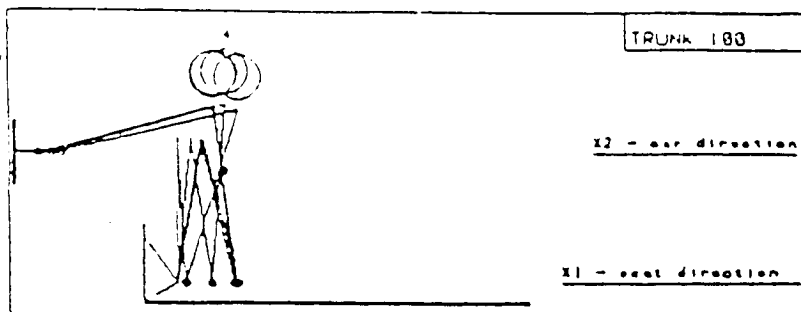


Fig. 19 - Differenti prove simulate con variazione dell'angolo iniziale del tronco rispetto alla posizione iniziale del sedile.

estrema utilità per la correzione del gesto tecnico o per la prevenzione di infortuni e certamente rappresenta il frutto di un progresso tecnologico un tempo impensabile.

Sempre nel campo delle tecniche dinamometriche nelle ricerche da noi effettuate, si è fatto spesso uso degli accelerometri. Essi rilevano sui tre assi dello spazio le variazioni di velocità del corpo a cui sono applicati, variazioni di velocità che sono in diretto rapporto con le forze interessate al movimento stesso.

Esempi di utilizzazione dell'accelerometro sono rappresentati, in laboratorio, ad esempio, dalla valutazione degli spostamenti longitudinali del carrello nel canottaggio. Attraverso l'uso del laboratorio mobile e della trasmissione per via telemetrica del segnale, sono stati utilizzati con successo nel rilievo delle sollecitazioni cui sono sottoposti il mezzo meccanico ed il pilota in motonautica, automobilismo e bob; sono stati anche utilizzati per particolari valutazioni nel pattinaggio artistico e nella vela (12 m S.I.).

Un campo di studio di recente sviluppo è rappresentato dalla elaborazione dei modelli matematici. Oggi giorno la possibilità di poter utilizzare la potenza di calcolo e di analisi di uno strumento come il computer permette, nell'ambito della biomeccanica applicata allo sport, di ricreare, lontano dai campi di gara anche se in strettissima connessione con essi, qualsiasi tecnica o gesto sportivo simulandolo per via matematica e generandolo in termini numerici e/o grafici su di un terminale.

Numerosi sono i vantaggi che un simile metodo può apportare per una migliore comprensione dei fenomeni motori propri di ogni attività sportiva, per uno studio dei limiti in essi contenuti e della possibilità di superarli senza danno.

Presso il Dipartimento di Fisiologia e Biomeccanica dell'Istituto di Scienza dello Sport sono state realizzate alcune procedure atte a riprodurre al calcolatore i fenomeni fisici tipici di alcuni sport: la fase di spinta di un bob, la passata in acqua di un canottiere (Fig. 19), la pedalata di un ciclista. I modelli che sono stati utilizzati rappresentano una versione semplificata della realtà e quindi richiedono continue verifiche, pur tuttavia hanno fornito risultati molto soddisfacenti.

Infine, ultima nata come realizzazione nel Dipartimento presso cui gli autori operano, anche se già utilizzata in altre sedi nell'ambito di alcune ricerche scientifiche da noi eseguite, ricordiamo la "Galleria del Vento". Entrerà in funzione agli inizi dell'anno 1987 e rappresenta un pezzo unico al mondo per alcune sue caratteristiche. In particolare, è dotata di un nastro trasportatore che procede alla stessa velocità dell'aria permettendo così di studiare i veicoli di gara con ruote in movimento, fatto questo di enorme importanza nei veicoli a ruote scoperte ed in tutti i casi dove è necessario studiare il cosiddetto "effetto suolo" ed eventuali componenti di portanza e deportanza.

Le valutazioni che si possono fare saranno tutte in scala 1/1 (uomini e mezzi). Una indagine esplorativa, tendente a verificare quale sia la gamma di soggetti e veicoli che in campo sportivo potrebbero giovare della Galleria del Vento, ha indicato che essi appartengono ad 11 Federazioni Sportive e le specialità che potrebbero essere studiate sono oltre 40. Tra queste citiamo tutti gli sport motoristici (automobilismo, motociclismo, motonautica), gli sport di corsa (atletica leggera, hockey e pattinaggio), gli sport invernali (sci alpino, salto, bob, slittino), gli sport velici, ecc.

4. Conclusioni

Ci si rende conto di aver finora toccato molti argomenti e di aver fornito, per la maggior parte di essi, solamente nozioni introduttive. Ma lo scopo della presente relazione era proprio quello di tracciare una panoramica sulle possibilità e sul reale contributo che la tecnologia offre oggi e nell'immediato futuro per la valutazione fisiologica e biomeccanica dell'atleta che si cimenta ai limiti delle sue possibilità in ciascuna specialità sportiva che sia giunta, o che giungerà, alla nostra osservazione.

E' questo da noi trattato, d'altra parte, un argomento molto ampio che si va sviluppando sempre più allo scopo di consentire alla Fisiologia dello Sport ed alla Biomeccanica di raggiungere conoscenze sempre più approfondite, utili al superamento dei vecchi limiti ma anche, e non ultimo come importanza, per una migliore salvaguardia della salute degli atleti così fortemente cimentata da prestazioni sempre più spinte.

Bibliografia

- ÅSTRAND P.O., RODHAL K., Textbook of work physiology, MacGraw Hill Book Company, New York, 1977.
- BOSCO C., Elasticità e forza esplosiva negli sport di potenza, Società Stampa Sportiva, Roma, 1985.
- CERRETELLI P., Manuale di Fisiologia dello sport e del lavoro, Soc. Editrice Universo, Roma, II ed., 1985.
- DAL MONTE A. e Coll., La valutazione funzionale dell'atleta, Nuova Sansoni Ed., Firenze, 1983.
- DAL MONTE A., Fisiologia e Medicina dello Sport, Sansoni Studio, 1977.
- DAL MONTE A., FAINA M., FACCINI P., Talent identification in sports: Italian experience, Turchia, 1986.
- DAL MONTE A., MATTEUCCI E., I fattori fisiologici e tecnici della riuscita sportiva. III Stage Aggiornamento, S.C.d.S., CONI, 19-21/3/1976.
- DAL MONTE A., LEONARDI L.M., Sulla specificità della valutazione funzionale negli atleti. Esperienze sui canoisti, Med. Sport 28, 213, 1975.
- DAL MONTE A., LEONARDI L.M., Functional evaluation of kayak paddlers by biomechanics and physiological view point. V International Congress of Biomechanics, Jyväskylä, Finlandia, giugno 1975.
- DI PRAMPERO P.E., Energetics of muscular exercise, Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol. 89, 143-222.
- FAINA M., SARDELLA F., La soglia anaerobica: un'analisi sull'attendibilità dei metodi di rilievo., Scuola dello Sport, Rivista di Cultura Sportiva.
- FOX E.L., Fisiologia dello sport, Editoriale Grasso 1982.
- JORFERLD L. e Coll., Lactate release in relation to tissue lactate in human skeletal muscle during exercise, J. Appl. Physiol. 44 (3), 350-352, 1978.
- MARGARIA R., DE CARO L., Principi di fisiologia umana, Ed. Vallardi, Milano.
- SHEPHARD R.J., Test of maximum oxygen intake. A critical review, Sports Med. 1, 99, 1984.