

**Zeitschrift:** Gioventù e sport : rivista d'educazione sportiva della Scuola federale di ginnastica e sport Macolin

**Herausgeber:** Scuola federale di ginnastica e sport Macolin

**Band:** 35 (1978)

**Heft:** 6

**Artikel:** Analisi idrodinamica della bracciata a rana

**Autor:** Schleihauf, Bob

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1000630>

### **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:** 27.04.2026

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



## Analisi idrodinamica della bracciata a rana

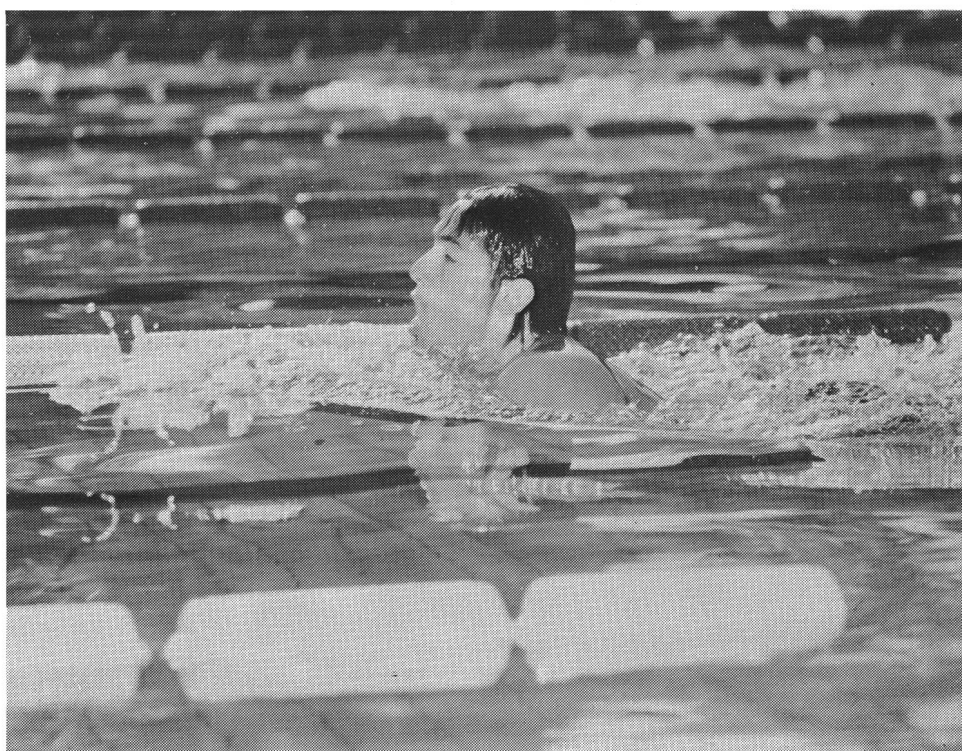
Bob Schleihau

*N.B.: L'originale di questo articolo è stato pubblicato sulla rivista «Swimming Technique» (Inverno 1975). La presente traduzione è di Mirto Spada ed è già apparsa sulla «Tecnica del nuoto» (1.2.1977)*

La trazione delle braccia nella rana è probabilmente la più semplice azione propulsiva usata nel nuoto competitivo. Malgrado ciò, esistono delle controversie riguardo alcuni interrogativi di base: l'acqua deve essere tirata verso dietro o «remata» di lato? I gomiti devono essere accostati ai fianchi o la bracciata deve essere corta? E infine, il movimento delle mani è uniformemente accelerato verso dietro o è soggetto a una legge diversa? Sebbene tali domande possano avere semplici e franche risposte, esse rimangono non risolte per mancanza di dati oggettivi sull'argomento. La più ovvia sorgente di informazioni sulla tecnica della nuotata a rana (come del resto sugli altri tre stili), è costituita dai dati cinematografici. Alcuni parametri della bracciata come *traiettoria di trazione, velocità e inclinazione della mano*, possono essere misurati nei filmati con accuratezza e precisione. Già queste misure, anche se indirette, migliorano la conoscenza della tecnica di trazione. Se si applicano inoltre «i principi dell'idrodinamica» ai dati cinematografici si possono ulteriormente migliorare le nostre conoscenze tecniche. Usando l'*analisi biomeccanica* le forze effettive prodotte dai nuotatori possono essere calcolate in grandezza e direzione. *I dati che ne risultano presentano per l'allenatore delle basi estremamente oggettive per la valutazione e la conoscenza della bracciata a rana.*

### Modello di traiettoria della bracciata

Su queste note viene usata come «modello» la rana di McKenzie (N.d.T.: Don McKenzie è stato medaglia d'oro olimpica al Messico nei 100 rana, in 1:07.7). I films a cui lo scrittore fa riferimento sono di Counsilman<sup>3</sup>, Spedo<sup>6</sup> e Lunkist<sup>7</sup>. I disegni del soggetto 1 (fig. 1), sono quelli di un buon nuotatore di «collega», il cui stile di nuotata è simile a quello di McKenzie. La sua traiettoria di trazione – vista da sotto – è quasi identica al disegno esposto da Counsilman<sup>2</sup> per McKenzie; le vedute frontali e di lato corrispondono strettamente al modello di nuotata a rana visto in Counsilman<sup>4</sup>. Osservando con attenzione la figura 1, si può notare che la trazione è *tridimensionale*. La traiettoria mostrata è quella del dito indice della mano destra *relativa all'acqua*. *In altre parole, le traiettorie di forza che sono prodotte dall'azione della mano su acqua ferma sono mostrate con la linea tratteggiata*. Il lettore deve considerare fissa la traiettoria della mano, mentre il corpo si sposta – da sinistra a destra (del foglio) nella veduta laterale, e dal basso verso l'alto nella veduta da sotto. Si può notare che, senza alcun dubbio, come mostra la veduta da sotto, *la trazione a rana è un'azione a remo*. Il movimento della mano è in prevalenza laterale (la mano spinge in fuori ai punti 3–10, e «rema»



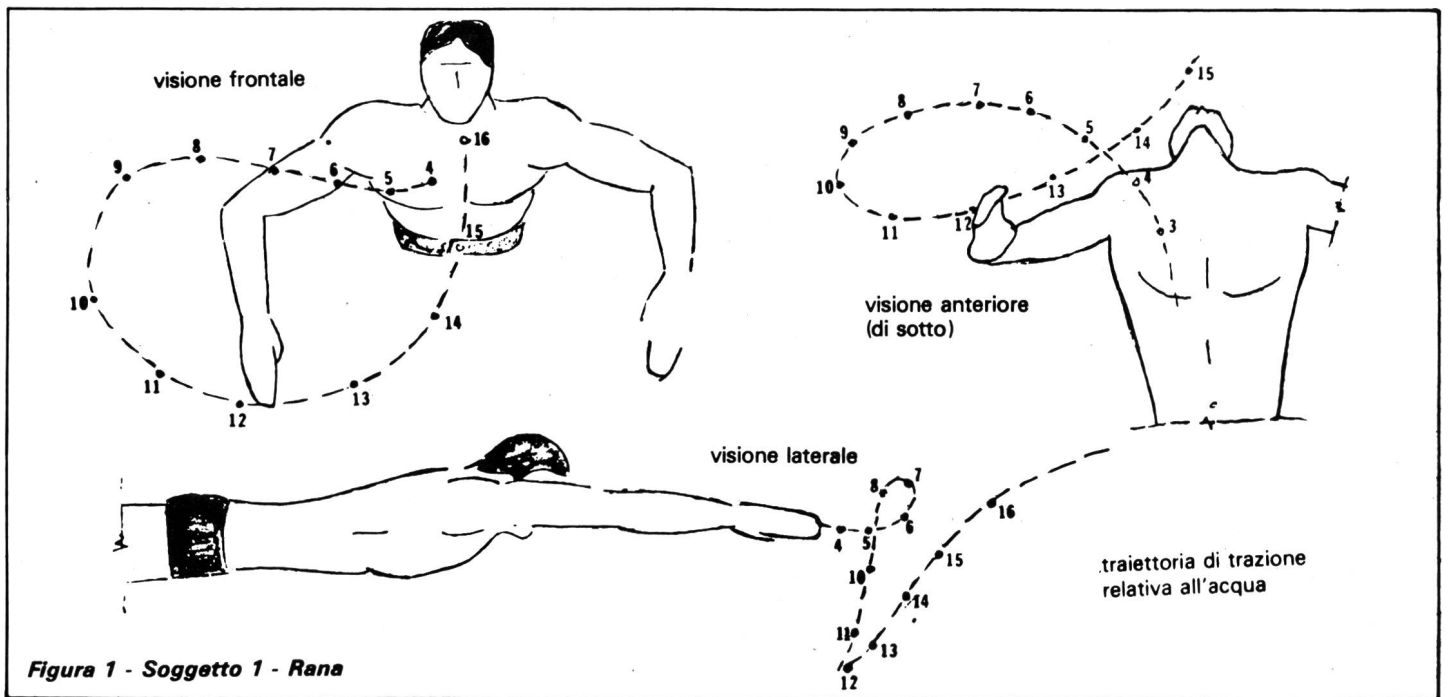


Figura 1 - Soggetto 1 - Rana

in dentro ai punti 10-15 con solo un leggero movimento verso dietro (punti 8-11). Effettivamente quale che sia il movimento nella dimensione avanti-dietro, risulta predominante quello verso l'avanti se raffrontato dall'inizio (punto 3) alla fine della trazione (punto 15) come si può osservare nelle vedute «laterale» e «da sotto». Questa dimostrazione dovrebbe convincere chi sostiene che l'acqua è «tirata» verso dietro nella rana, che tale affermazione è erronea.

### Velocità della mano

Il valore della velocità della mano è stato ricavato da uno studio accurato del filmato di un nuotatore al quale era stata fissata una sorgente luminosa nella mano. I risultati di tale studio sono esposti, per il soggetto 1, in figura 2. Tutti i valori sono mostrati in relazione allo spazio (cioè sono tridimensionali). Si deve notare che, benché non siano disponibili dati accurati su McKenzie, misure approssimate della velocità della mano di nuotatori di classe mondiale (McKenzie, Jastrenski e Dahlberg) sono strettamente simili a quella in figura 2. Ciò non è una sorpresa, perché le traiettorie di trazione di questi tre nuotatori sono simili a quella del soggetto 1. I valori effettivi del picco di velocità (vel. max.) possono essere diversi a seconda delle varie dimensioni e inclinazioni della mano, della lunghezza delle braccia, ecc. ma la forma e la distribuzione delle

curve di velocità, per buoni nuotatori, rimane simile. Mettendo in relazione la curva della velocità con la traiettoria di bracciata vista «da sotto», per il soggetto 1, noi vediamo che ci sono due «picchi» nella velocità della mano. Il primo si ha a 2 terzi del movimento di trazione (punto 8) verso l'esterno e indica una accelerazione della mano verso fuori. Il secondo picco di velocità, si ha quasi alla fine della «remata» verso l'interno e indica il culmine dell'azione più efficace nella trazione a rana. È interessante notare che, nel punto in cui la mano si muove verso dietro (punto 10) la velocità della mano è diminuita (concavità del diagramma - punto di minimo).

Sembra che il nuotatore sia inconsciamente con-

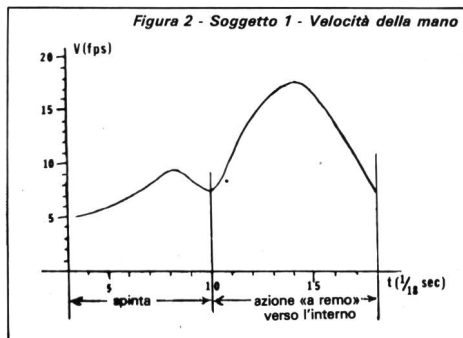


Figura 2 - Soggetto 1 - Velocità della mano

sapevole che la spinta dell'acqua direttamente verso dietro sia poco redditizia. Come conseguenza, viene esercitato uno sforzo molto leggero fino a che la mano viene guidata nella posizione in cui una potente azione «remante» laterale può ancora predominare. Questi dati, abbastanza interessanti, dimostrano che la mano nella rana non deve seguire un moto uniformemente accelerato verso dietro, ma invece spostamenti laterali in due impulsi di velocità discreti.

### Inclinazione della mano

Il parametro più critico nella conoscenza della nuotata è l'inclinazione della mano. Tecnicamente, l'inclinazione della mano è l'angolo tra l'orientamento della mano e la sua linea di azione (vedere Schleihauf<sup>5</sup>), benché esso possa essere soggettivamente considerato come una misura della sensibilità all'acqua di un nuotatore. Questo «sentire l'acqua» (sensibilità della mano del nuotatore in relazione all'acqua), è di importanza critica per la produzione di forza nel nuoto.

### Produzione di forza

Come esempio dell'effetto dell'inclinazione della mano per la produzione di forza si consideri l'analogia con un'ala di aereo in figura 3. Una superficie alare tipica, se lavora con un angolo di circa 18°, produrrà la massima forza di sollevamento.

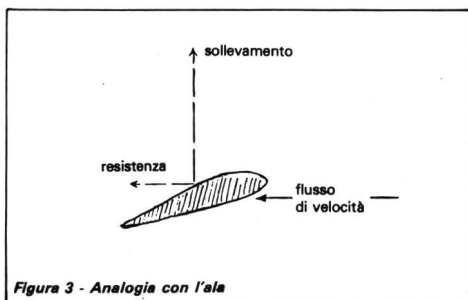


Figura 3 - Analogia con l'ala

Questa forza di sollevamento, negli aerei è sempre diretta verso l'alto. Nella propulsione in acqua, invece, «sollevamento» non deve essere considerato sinonimo di «innalzamento». Per esempio, l'elica di un battello dirige le forze di «sollevamento» verso l'avanti, per la propulsione. Analogamente, il movimento «remante» (obliquo) della mano del nuotatore origina la propulsione dalle forze di sollevamento che usualmente sono orientate verso l'avanti. Un altro tipo di forza creato dall'ala o dal movimento della mano in acqua è la forza di resistenza (tiro) (vedi fig. 3). Nel caso di un'ala o del corpo di un nuotatore questo tipo di forza può essere considerato come frenante (rallentante). Nel caso in cui si consideri il movimento di una pagaia di canoa o della mano di un nuotatore, invece, la forza di resistenza (tiro) può essere considerata positiva. Per esempio, tirando l'acqua direttamente verso dietro, si cerca di generare propulsione solamente attraverso forze di resistenza (tiro) agenti sulla mano. La misurazione di queste forze di sollevamento e di resistenza nel nuoto può essere eseguita nello stesso modo in cui sono calcolate le caratteristiche di propulsione e di volo per battelli e aerei. Al New Rochelle Aquatic Club, abbiamo completato alcune ricerche preliminari nell'applicazione dei principi idrodinamici all'abilità nel nuoto, e come risultato abbiamo ottenuto dei diagrammi vettoriali di propulsione e delle curve di forze risultanti per nuotatori di alto livello. Il nostro scopo è quello di conoscere le analisi biomeccaniche e usarle durante l'allenamento nel processo di correzione della nuotata. L'allenatore può essere paragonato ad un architetto impegnato nel disegnare la nuotata dell'atleta. Gli esempi che seguono possono chiarire il ruolo che può giocare l'analisi biomeccanica nell'interpretazione della tecnica della nuotata.

### Analisi biomeccanica, soggetto 1

Osservando i risultati dell'analisi biomeccanica del soggetto 1, si può notare la notevole similitudine tra le forze prodotte da superfici alari e mani del nuotatore (figura 3 e 4). Le lievi differenze che si possono notare sono le seguenti: 1. l'an-

golo ideale di inclinazione è maggiore (37°), ed è dovuto alla diversa forma della mano del nuotatore rispetto all'ala portante ideale; 2. la forza di sollevamento è diretta «approssimativamente» in avanti rispetto al corpo del nuotatore; 3. la forza resistente (tiro) non rallenta il movimento del corpo, ma tende invece a tirarlo verso il lato. Ovviamente, la mano opposta controbilancerà il movimento laterale e l'effetto netto sul corpo sarà una propulsione verso avanti.

L'effetto combinato delle forze di sollevamento e di resistenza (tiro) è rappresentato dalla risultante (R) e corrisponde allo sforzo (in libbre nelle figure, N.d.T.) esercitato dal nuotatore. La forza che genera la propulsione in avanti è la risultante effettiva «Re». Nella rana, poiché ambedue le mani lavorano simultaneamente, la propulsione generata è «2 Re». Vedremo in seguito come il diagramma di «Re» per l'intera bracciata sia la vera base oggettiva (e non soggettiva) per la valutazione della tecnica della nuotata. Ora cerchiamo di chiarire la produzione di forza nella prima parte (fase di pressione o trazione verso l'esterno) della bracciata. Benché questa fase non sia potente come la «remata» verso l'interno (descritta in precedenza) essa è tuttavia importante e segue gli identici principi biomeccanici (idrodinamici). Osservando la figura 5 si può notare che la risultante è diretta prevalentemente verso avanti con una piccola componente verso l'interno. Anche in questo caso, la componente verso l'interno è controbilanciata dall'azione uguale e opposta dell'altra mano e la propulsione netta è diretta in avanti. La risultante effettiva «Re», mostra la grande forza prodotta durante l'allargamento (1.a fase della bracciata) e perché ciò avvenga si deve avere in questo punto un picco di velocità. È interessante notare che, questo picco di forza e di velocità della mano si ha in un punto della bracciata in cui, l'orientamento della traiettoria di trazione e l'angolazione della mano producono una risultante che è diretta prevalentemente verso avanti. In altre parole, i tre parametri dell'abilità natatoria (angola-

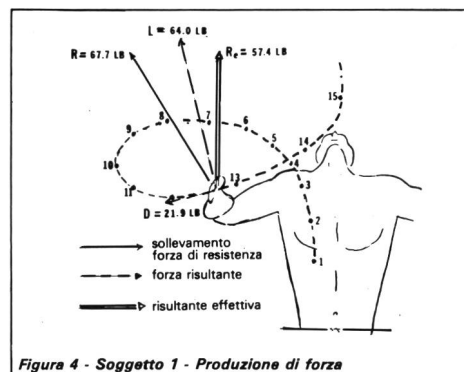


Figura 4 - Soggetto 1 - Produzione di forza

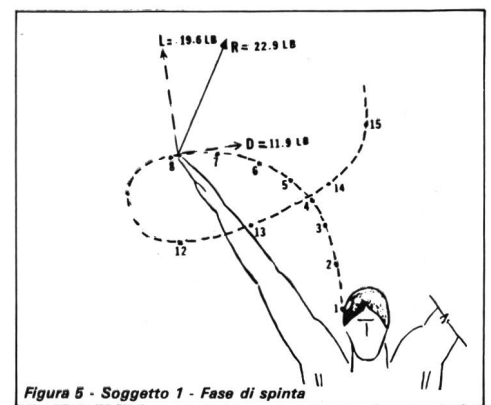


Figura 5 - Soggetto 1 - Fase di spinta

zione della mano, velocità e traiettoria di trazione) combinati in questo punto, servono ad illustrare l'abilità del soggetto.

### Principi guida della bracciata

A questo punto abbiamo una buona descrizione del tipo di bracciata di McKenzie. Ma quanti nuotatori hanno uno stile che differisce da quello di McKenzie? In che misura si può estendere il nostro modello di bracciata alle variazioni individuali senza violare i principi biomeccanici (idrodinamici)? Una risposta in assoluto a tali domande dipende dai vari casi individuali; ciononostante, i due casi individuali che seguono, possono aiutarci a definire alcuni principi guida - validi in assoluto - nella bracciata a rana.

### Analisi biomeccanica, soggetto 2

Tale soggetto mostrava una bracciata lunga e «apparentemente» potente all'inizio stagione. Poiché era un ranista di talento delle «high school», era tentato di ignorare il fatto che i suoi gomiti stringevano verso i fianchi ad ogni bracciata. I risultati di una analisi biomeccanica (idrodinamica) illustrati in figura 6B hanno cambiato rapidamente il mio pensiero. La grande estensione della sua bracciata causava un cattivo orientamento della sua traiettoria di trazione nella «remata» verso l'interno (punti 12-15). Di conseguenza, la sua forza risultante era troppo inclinata verso l'esterno e perciò una minore porzione del suo sforzo era sfruttata per la propulsione verso avanti (meno rendimento, vedi fig. 6B). Se ad es. lo sforzo esercitato è di 26.1 libbre, solo 16.0 libbre sono redditizie; le rimanenti servono «a squartare il corpo» attraverso l'azione antagonista delle due braccia. Come rimedio, si è cercato di modificare la bracciata accorciandola e rendendola simile a quella di McKenzie. Si è cercato in modo particolare di non oltrepassare le spalle con le mani e i gomiti

lontano dai fianchi. La susseguente analisi biomeccanica ha mostrato un incremento nell'abilità (rendimento) della bracciata (vedi fig. 6 c). Si può notare che, per una simile posizione fisica del braccio (bracciata corta), l'orientamento della forza risultante si è spostato verso avanti, e analogamente anche una maggior percentuale di sforzo (33.1 bis).

Il forte incremento di propulsione è inoltre dovuto alla concomitanza del picco di velocità della mano, vicino al punto 13. Un'analisi dell'incremento nella «performance» di tale soggetto è fornita dalla curva della forza risultante effettiva (fig. 6 d). Si può notare che, la risultante media creata nella «remata» verso l'interno è aumentata da 8,2 libbre (bracciata lunga) a 12,5 con la bracciata corta. Tali dati confermano la raccomandazione di Counsilman *che il gomito non deve mai essere avvicinato ai fianchi nella rana*<sup>1</sup>. In tutti i casi in cui le traiettorie di trazione generate sono simili a quella in figura 6 b, sembra impossibile che si verifichi una propulsione efficiente da una bracciata lunga.

### Analisi biomeccanica, soggetto 3

Tale soggetto usava un movimento di braccia stretto ma apparentemente efficace, all'inizio dell'analisi. La sua trazione era circolare e le sue mani tiravano «appena» un poco oltre la larghezza dei gomiti, alla fine dell'allargamento (prima parte della trazione), come si può vedere dalla figura 7 a. I risultati dell'analisi biomeccanica hanno mostrato un buon orientamento sia della traiettoria di trazione che dell'angolazione della mano, con le forze risultanti generate approssimativamente nella giusta direzione (vedi fig. 7 b). Il picco di velocità della mano era però basso (10,3 piedi/sec. contro 17,7 e 14,6 per i soggetti 1 e 2). Tale informazione fu una sorpresa per questo nuotatore che era forte e bene allenato. Fu ipotizzato che l'errore nella velocità della mano fosse in relazione con la bracciata stretta. Come rimedio venne suggerita una bracciata larga per dare tempo alla mano di accelerare fino a valori più alti nella «remata» verso l'interno. I risultati della susseguente analisi biomeccanica, mostrano un significativo incremento nella velocità della mano a 13,1 piedi/sec. a un corrispondente incremento in propulsione nel caso della bracciata larga (vedi fig. 7 c). È interessante notare che, benché la bracciata larga sia più potente per il soggetto in questione, *non è necessariamente la più efficace (minore rendimento)*. La figura 7 c, difatti, mostra che, per ottenere un incremento di 8,3 libbre di forza propulsiva effettiva, viene richiesto uno sforzo addizionale di 16,7 lbs (forza R). In altre parole, questo nuotatore deve pagare il prezzo per incrementare la velocità. Nonostante ciò, l'investimento è stato buono per il nuotatore, perché ha migliorato, durante la stagione, di 5 secondi il suo tempo nelle 100 yds.

Nel grafico della figura 7 d si può ragionare sull'incremento di prestazione ottenuto: le 4,7 lbs. guadagnate nella forza media propulsiva con la «remata» verso l'interno, sono dovute al fatto che R aumenta in proporzione al quadrato della velocità (es.: un aumento del 41% di V causerà un incremento del 100% di R). Ne risulta che il nuotatore deve sforzarsi per ottenere il max di velocità della mano, provvedendo che l'angolazione della mano e l'orientamento della traiettoria di bracciata rimangano buoni. Nel caso della rana, per soddisfare tali requisiti si deve optare per una bracciata larga. Quindi possiamo dedurre che, la raccomandazione di Counsilman sul fatto che le mani devono tirare oltre la larghezza dei gomiti<sup>3</sup> è abbastanza fondata.

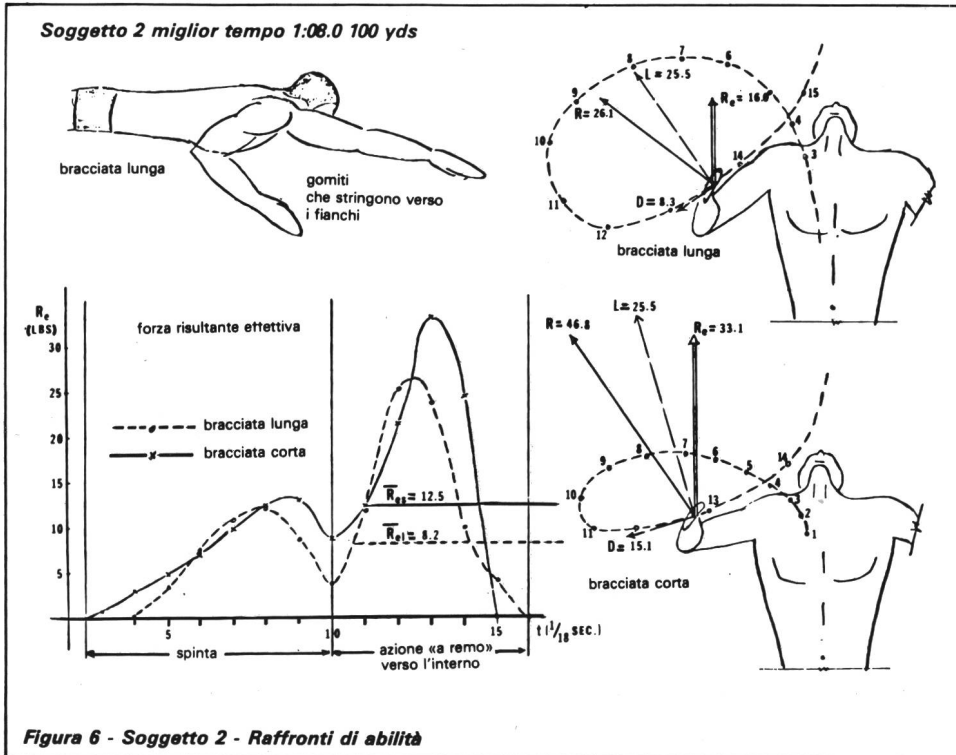


Figura 6 - Soggetto 2 - Raffronti di abilità

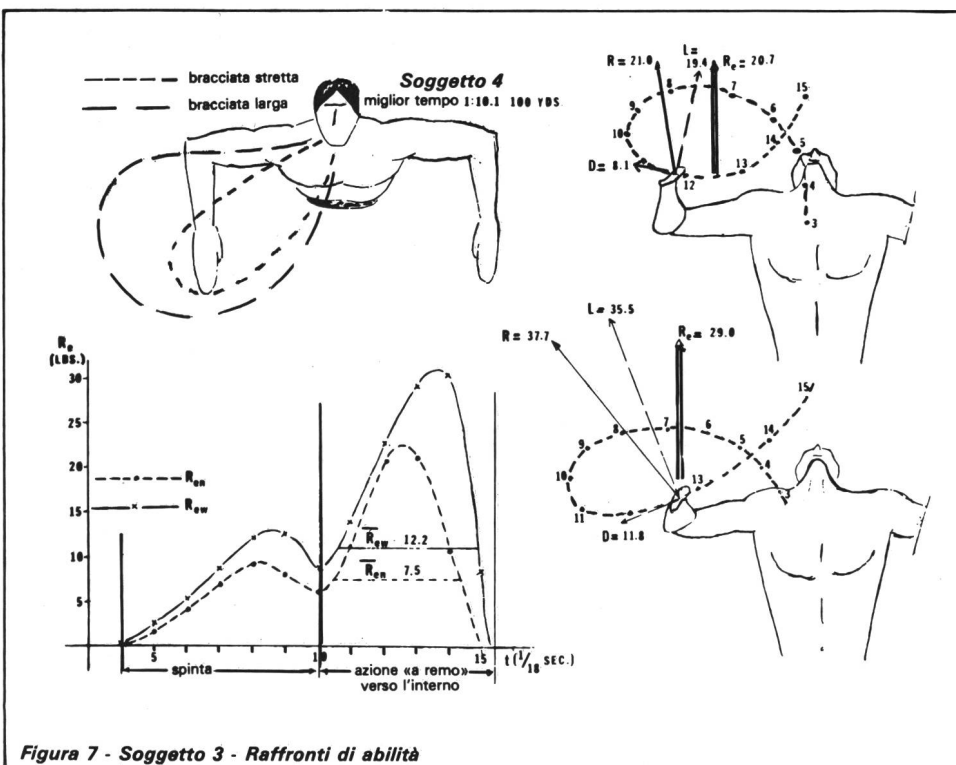


Figura 7 - Soggetto 3 - Raffronti di abilità

## Conclusioni

Dall'analisi biomeccanica della rana si possono trarre le seguenti conclusioni oggettive:

1. la trazione è un movimento «remante», che ricava la propulsione dai movimenti *lateral*i (obliqui) delle mani; pochissima, o al limite nulla, è la quantità d'acqua spinta verso dietro;
2. l'ampiezza dell'angolazione della mano governa la grandezza della forza di sollevamento (avanzamento), che viene generata con lo stesso principio dell'ala di un aereo e dell'elica di un battello;
3. nell'accelerazione della mano si hanno due picchi di velocità, prima verso l'esterno e poi rapidamente verso l'interno;
4. una bracciata lunga, con gomiti tirati verso i fianchi, sembra che si basi su una inefficiente applicazione dei principi biomeccanici;
5. una bracciata stretta, con mani che spingono in larghezza «solo quanto sono larghi i gomiti», sembra fornire una insufficiente velocità laterale delle mani la quale va a scapito della produzione di una forza di sollevamento (avanzamento) significativamente grande.

Queste conclusioni dovrebbero fornire all'allenatore delle cognizioni generali con le quali egli è in grado di individuare la corretta tecnica della bracciata.

## Bibliografia

- <sup>1</sup> *Counselman, James E.*: Lecture notes from clinic at Paramus, New Jersey, September 1974.
- <sup>2</sup> *Counselman, James E.*: The Application of Bernoulli's Principle to Human Propulsion in Water, First International Symposium of Biomechanics in Swimming, Diving and Water Polo Proceedings, C. D. Lewillie & S. P. Clarys, Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de l'effort, 1971.
- <sup>3</sup> *Counselman, James E.*: The Science of Swimming, film, Counselman Co., Inc., 1972.
- <sup>4</sup> *Counselman, James E.*: The Science of Swimming, Prentice-Hall Inc., 1968.
- <sup>5</sup> *Schleihauf, Robert E.*: A Biomechanical Analysis of Freestyle, Swimming technique, Fall 1974.
- <sup>6</sup> The International Swimmer 1968. Speedo Knitting Mills Inc.
- <sup>7</sup> Breastroke Swimming Films, Sunkist Corp.

