

Mètode d'anàlisi de la tècnica del nedador

Andreu Roig
Ventura Ferrer
Xavier Balias
Carles Turró
Xantal Borràs

Llicenciats en Educació Física - INEFC Barcelona
Departament de Biomecànica
del Centre d'Alt Rendiment Esportiu (CAR), Sant Cugat

Paraules clau

anàlisi de la tècnica, suport a l'entrenador, *feedback*,
velocímetre intracicle, videografia

Abstract

As a means of getting over the difficulties encountered by trainers and swimmers in bettering technique, a method of analysis and correction of errors as applied in training has been designed. The swimmer was filmed with a video camera and simultaneously the speed of displacement of the swimmer was registered with a speedometer intracycle. As a result the trainer and swimmer can see in the swimming pool itself the curve of velocity superimposed on the swimmer's image. A double project, both in the laboratory and field, was undertaken, to demonstrate the validity and reliability of the method.

Resum

Per tal de superar les dificultats d'entrenadors i nedadors en la millora de la tècnica, s'ha dissenyat un mètode d'anàlisi i correcció d'errors, que s'aplica en l'entrenament.

S'enregistra el nedador amb una càmera de vídeo i simultàniament es recull la velocitat de desplaçament del nedador amb un velocímetre intracicle.

Això provoca que entrenador i nedador puguin veure, a la mateixa piscina, la corba de velocitat superposada a la imatge del nedador.

S'ha realitzat un projecte doble, de laboratori i de camp, per demostrar la validesa i fiabilitat del mètode.

Plantejament del problema i objectius

L'experiència acumulada al departament de Biomecànica durant aquests anys sembla indicar que a mesura que el nedador creix i evoluciona en el món de la natació (com també en altres esports), les deficiències tècniques són més difícils de corregir. D'una banda, els errors són més subtils i s'ha de filar més prim. D'altra banda, aquests errors es perpetuen i repeteixen durant molts anys i molts metres. Es produeix un "estancament", i modificar aquests petits "vicis" realitzats tantes vegades representa una major dificultat.

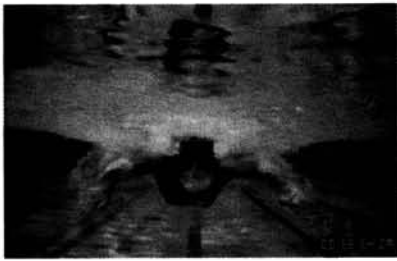
Per tal de superar les dificultats que d'entrenadors i nedadors en la millora de la tècnica, s'ha dissenyat un mètode d'anàlisi i correcció d'errors, que s'aplica en l'entrenament.

S'enregistra el nedador amb una càmera de vídeo i, simultàniament, es recull la velocitat de desplaçament del nedador amb un velocímetre.

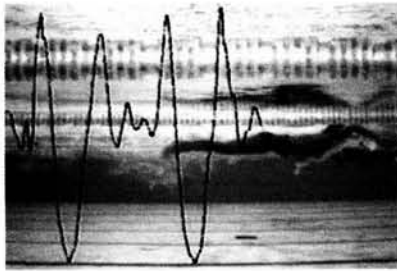
Com a resultat l'entrenador i el nedador reben un *feedback* en temps real (mentre el nedador és a l'aigua), de la corba de velocitat intracicle superposada a la imatge del nedador.

La videografia (supraaquàtica i subaquàtica) permet reconèixer errors comesos pel nedador, analitzar models de realització "correcta" i observar modificacions/millores obtingudes amb les correccions tècniques.

Al treballar amb imatges enregistrades, podem alentir, aturar i accelerar l'acció del nedador i així fer un estudi més acurat i precís.



Imatge 1. Imatge frontal d'una nedadora de papallona.



Imatge 2. Braça. Corba de velocitat superposada a la imatge del nedador.

El velocímetre intracicle és un dispositiu que, per mitjà d'un fil lligat a la cintura, avalua la velocitat de desplaçament del nedador dins l'aigua i, d'aquesta manera, ens permet corroborar i quantificar l'error o modificació / millora.

Superposant la corba de velocitat a l'imatge de video, relacionem directament les accions del nedador i la velocitat resultant.

D'aquesta manera, el nedador pot veure que:

- Una col·locació deficient del cos produeix un fre i dificulta el lliscament del cos dins l'aigua. **Les valls de la corba de velocitat són massa baixes o profundes, tenen una durada excessiva...** S'observen normalment a la/es fase/s de recobrament.
- La deficient aplicació de les forces en durada, direcció, sentit i intensitat, provoca una propulsió defectuosa. **Els pics de la corba de velocitat no són prou alts o no duren prou (tenen poca amplitud).**

A diferència d'una fotografia, el fet que sigui una pel·lícula permet estudiar la coordinació entre els diferents segments corporals i veure com els uns afecten els altres.

Objectius

1. Validar el mètode proposat per a l'anàlisi de la tècnica del nedador, mitjançant un estudi comparatiu de la fiabilitat en la mesura de la velocitat entre videografia i velocímetre.
2. Usar la videografia i el velocímetre intracicle per a l'estudi de la tècnica; en l'observació d'errors tècnics del nedador i la seva correcció.
3. Càlcul de dades cinemàtiques: Velocitats instantànies i mitjanes, longitud i freqüència de cicle del nedador a cada braçada.

Material i Mètode

Material

- 2 Videocàmeres, supra i subaquàtica
- 2 Magnetoscòpis 50 Hz (50 imatges / segon)
- 1 Velocímetre 260 Hz (260 dades / segon). Swim-Speedo-Meter (Fahnenmann)
- 1 Ordinador Personal
- 1 Programa informàtic SwimItEz
- 1 VineGen. Dispositiu per superposar la imatge de l'ordinador (corbes de velocitat) a la imatge de video.
- 1 Tarja conversora de senyal analògica a digital, per passar les dades de velocitat a l'ordinador.

Mètode

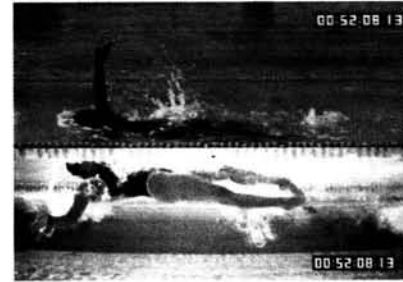
S'han realitzat dos projectes de forma paral·lela.

El **primer**, en condicions de laboratori, serveix només per comprovar la validesa i fiabilitat de les dades obtingudes amb el velocímetre, comparant-les amb les velocitats extretes amb fotometria (videografia 50 Hz); es demostra, així, el primer objectiu plantejat.

El testador ha realitzat 15 traccions del fil del velocímetre, que han estat agrupades en 3 grups de velocitat creixent: a) 1 m/s aprox.; b) 2 m/s aprox.; i c) 3 m/s aprox. De cada velocitat s'han realitzat 5 repeticions d'una durada de dos segons.



Imatge 3. Crol. Deficient aplicació de la força al final de la braçada.



Imatge 4. esquena. Superposició de cambres supra i subaquàtica sincronitzades en el temps.

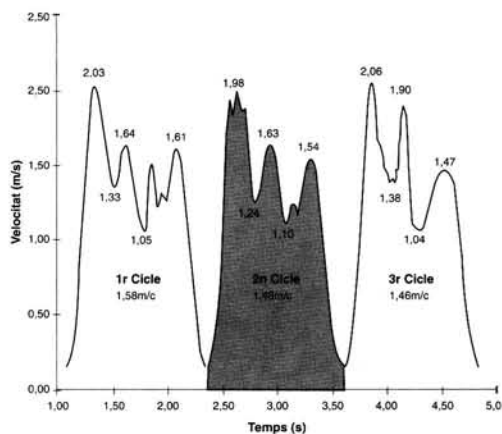
Aquestes han estat enregistrades en ambdós sistemes de mesura de la velocitat.

- Velocímetre:
 1. Recull dels valors de velocitat "verges", sense suavitzador (Raw Data)
 2. Aplicació de diferents tipus de suavitzadors (mitjana mòbil, mínims quadrats lineals i cúbics, *butterworth*) i amb diferent càrrega de filtrat o "ordre".
- Videografia: Una càmera disposada lateralment permet:
 1. Captura de pel·lícules
 2. Calibratge de l'espai estudiat
 3. Digitalització de la trajectòria d'un punt
 4. Càlcul de la velocitat realitzada. Velocitat (m/s) = Posició (m) / Temps entre fotogrames (0,02 s)

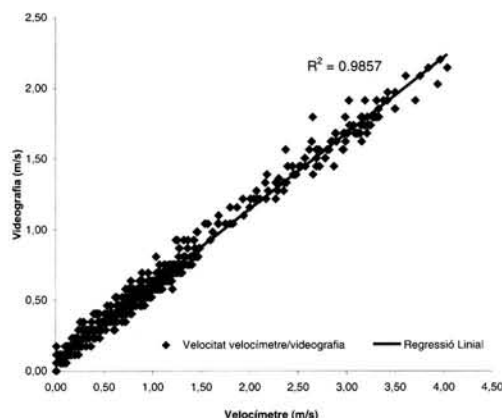
Finalment, s'ha fet un estudi comparatiu de la correlació existent entre les dades d'un i altre sistema.

Les dades directes obtingudes del velocímetre han estat finalment suavitzades per Mínims Quadrats Lineals, d'ordre 5.

S'ha col·locat un marcador-reflectors a la zona de fixació del fil del velocímetre per facilitar la digitalització. En prendre totes aquestes mesures de precaució, hem millorat la precisió en la digitalització de la imatge i disminuït l'error al mínim.



Imatge 5. Càlcul de la longitud de cicle d'un braçista.



Imatge 6. Correlació entre velocitats obtingudes amb videografia i velocímetre.

S'haurà de tenir en compte que la videografia únicament enregistra 50 imatges / segon, mentre que amb el velocímetre intracicle es recullen 260 dades/segon.

En el cas del braçista de la imatge núm. 5, per exemple, la durada de la braçada és d'uns 1,4 segons. Amb videografia es recolliran unes 70 dades/braçada, i unes 364 dades / braçada amb velocímetre.

Aquesta elevada freqüència de mesura, ens permet indentificar molt acuradament les petites modificacions de la velocitat durant el cicle.

El segon mètode es realitza a la piscina, per tal d'observar les imatges i les corbes de ve-

locitat dutes a terme per l'esportista mentre neda.

Cada nedador ha recorregut una distància de 25 metres. Entre els 15 i 20 metres, coincidint amb la posició de la càmera subaquàtica, s'ha enregistrat la velocitat durant 5 segons.

També, de forma simultània, han estat gravades les imatges del nedador.

Les corbes de velocitat han estat superposades en temps real a les imatges gravades.

La càmera subaquàtica i/o exterior, ha estat disposada lateralment (perpendicular a la direcció de desplaçament del nedador) o frontalment (a un extrem del carrer ocupat pel nedador) segons el que volem observar. Una correcta col·locació de la càmera ens permetrà una millor observació del que volem estudiar.

Posteriorment, s'ha realitzat el càlcul de dades cinemàtiques a partir dels valors del velocímetre.

En conèixer la durada dels cicles de braçada, obtenim la freqüència.

$$\text{Freqüència de cicle (m)} = 60 (\text{s} / \text{min}) / \text{Durada (s)}$$

La longitud de cicle per a cada braçada s'obté en mesurar l'àrea descrita per sota de la corba de velocitat.

$$\text{Longitud de cicle (m)} = \sum \text{Velocitat (m / s)} * \text{Temps (s)}$$

Resultats i discussió

Resultats

L'anàlisi de les dades obtingudes en l'estudi comparatiu de la mesura de la velocitat, indica que el mètode és un instrument vàlid perquè valora realment aquesta velocitat i, en comparar-los amb els de la videografia, els valors obtinguts són correctes.

S'ha trobat un elevat coeficient de correlació R^2 entre els valors de velocitat obtinguts en ambdós sistemes, videografia i velocímetre, de 0,9857. Un coeficient tan alt indica que els dos sistemes mesuren igual i que per tant el nostre instrument de mesura de la velocitat és acurat.

D'altra banda, aquesta alta correlació i una gran amplitud de la mostra (15 traccions x 517 dades per tracció), permeten assegurar la **fiabilitat** del mètode.

Els gràfics 7 i 8 demostren l'alta correlació entre ambdós sistemes de mesura a dos nivells diferents de velocitat.

Per tant, **els valors de velocitat obtinguts amb velocímetre són comparables amb els obtinguts amb videografia**, que és el primer objectiu de l'apartat "Plantejament del problema i objectius".

Una vegada provada la validesa i fiabilitat de l'eina d'anàlisi ens plantejarem les següents qüestions:

Serà més capaç, el nedador i/o entrenador, d'identificar com està realitzant el gest i els errors tècnics?

Els permetrà d'observar que les millores tècniques produeixen una millora de la velocitat de desplaçament?

La segona part de l'estudi pretén portar el mètode a la pràctica, a la piscina.

L'experiència obtinguda amb entrenadors i, sobretot, nedadors, sembla indicar que són capaços de reconèixer millor l'error tècnic que realitzen quan naden, cosa que fa més fàcil la seva correcció.

Els valors de les dades cinemàtiques calculades són comparables amb les realitzades en competició. A diferència d'altres mètodes de valoració, obtenim:

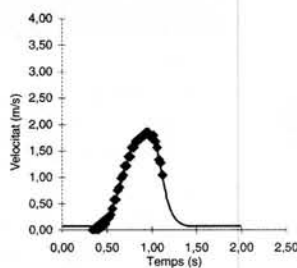
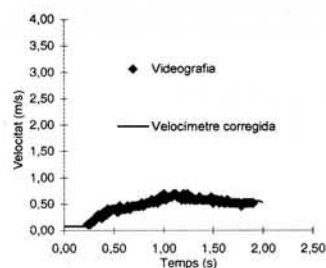
- Durada de la braçada, o de les diferents fases que la formen.
- Velocitats instantànies (valors màxims i mínims) de la braçada.
- Velocitats mitjanes d'un o diversos cicles.
- Freqüències de braçada.
- Longitud per a cada braçada.

Finalment, caldria destacar la gran predisposició i l'interès dels nedadors i entrenadors amb els quals hem col·laborat.

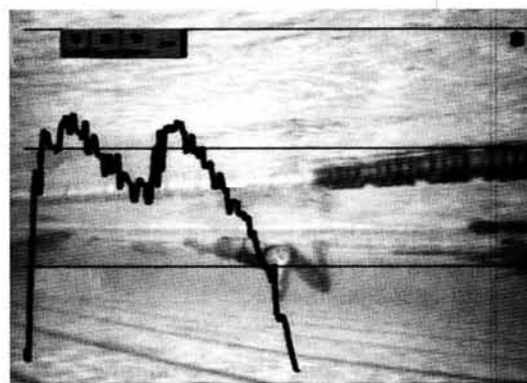
Agraïm, també, a BIOMECAÑICS scp la cessió del material.

D'ara endavant, el nostre treball se centrarà en:

1. L'aplicació del mètode en la sessió d'entrenament. L'entrenament de la



Imatges 7 i 8. Exemple de corbes de velocitat obtingudes amb videografia i velocímetre.



Imatge 9. Viratge de braça.

tècnica ha de ser un objectiu prou important per dedicar una part del temps d'entrenament a aquest únic fi.

Durant aquest espai de temps, el nedador haurà de revisar, provar i fixar-se en aspectes concrets que el tècnic (entrenador, biomecànic) li haurà proposat.

El suport biomecànic-tècnic permetrà a l'entrenador confirmar i quantificar un error que ja coneix, i veure quin efecte produeix sobre la velocitat de desplaçament dins l'aigua (augmentant la propulsió, disminuint la resistència del lliscament dins l'aigua ...)

2. Descripció de les corbes obtingudes en els diferents estils o "CORBA TIPUS"
3. Identificació d'errors típics mitjançant l'observació del gest tècnic que realitza el nedador i les oscil·lacions de la velocitat superposades a la imatge enregistrada.

Bibliografia

- WINTER, D. (1979), *Biomechanics of Human Movement*. Canadà: John Wiley & Sons.
- KREIGHBAUM, E. i BARTHELS, K. (1985), *Biomechanics. A qualitative approach for stud-*

ying Human Movement. USA: Burgess Publishing Company.

COSTILL, D.; RAYFIELD, F.; KIRWAN, J. i THOMAS, R. (1986), "A Computer Based System for The Measurement of Force and Power During Front Crawl Swimming", *Journal Swimming Research*, vol. 2, núm. 1, pàg. 16-19.

COSTILL, D.; LEE G. i D'ACQUISTO, L. (1987), "Video-Computer assisted Analysis of Swimming Technique", *Journal Swimming Research*, vol. 3, núm. 2, pàg. 5-9.

AGUADO, X.; IZQUIERDO, M. i GONZÁLEZ, J. L. (1997), *Biomecánica fuera y dentro del Laboratorio*. Lleó: Ed. Universidad de León.