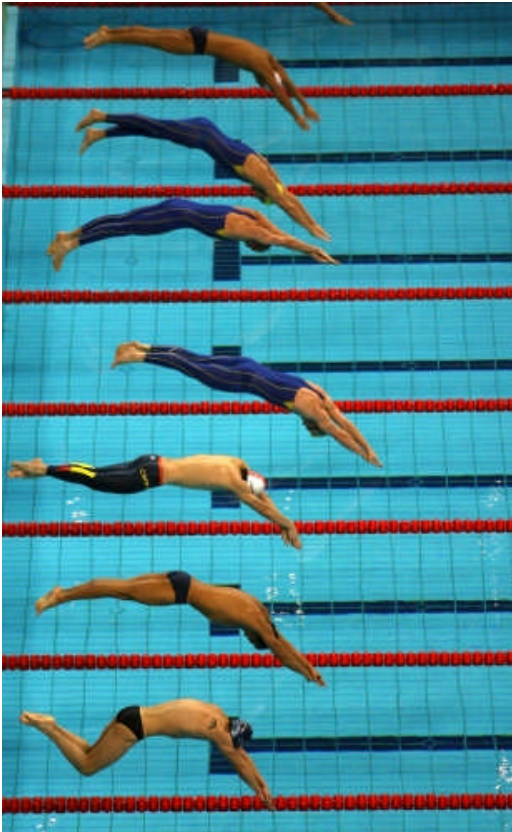


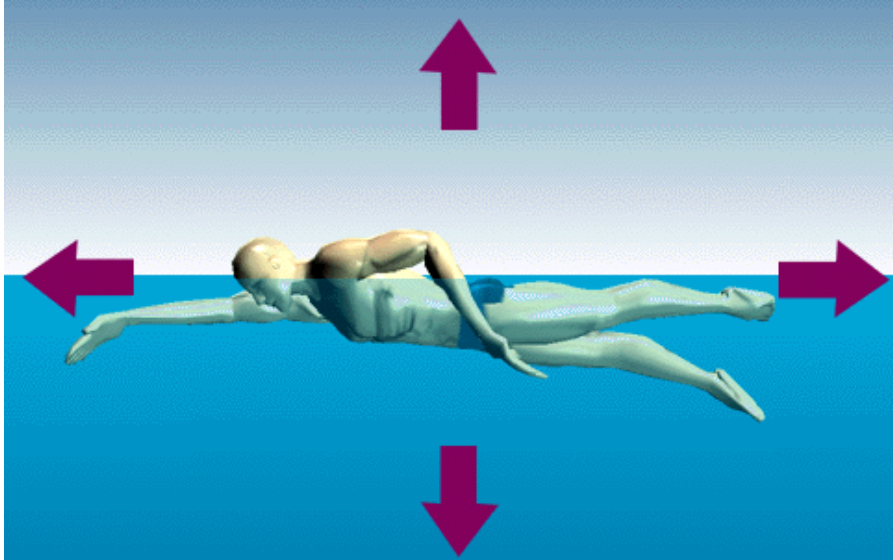
Az úszás biomechanikája



Alapvető összetevők

- Izomerő
- Kondíció – állóképesség
- Mozgáskoordináció – kivitelezés
- + Nem levegő, mint közeg
- + Izmok nem gravitációval szembeni mozgása
- + Levegővétel

Az úszóra ható erők



Külső erők

Gravitációs erő

Felhajtóerő

Közegellenállási erő

Súrlódási erő

Hullámellenállás

Nyomás ellenállás

Az izmok által létrehozott

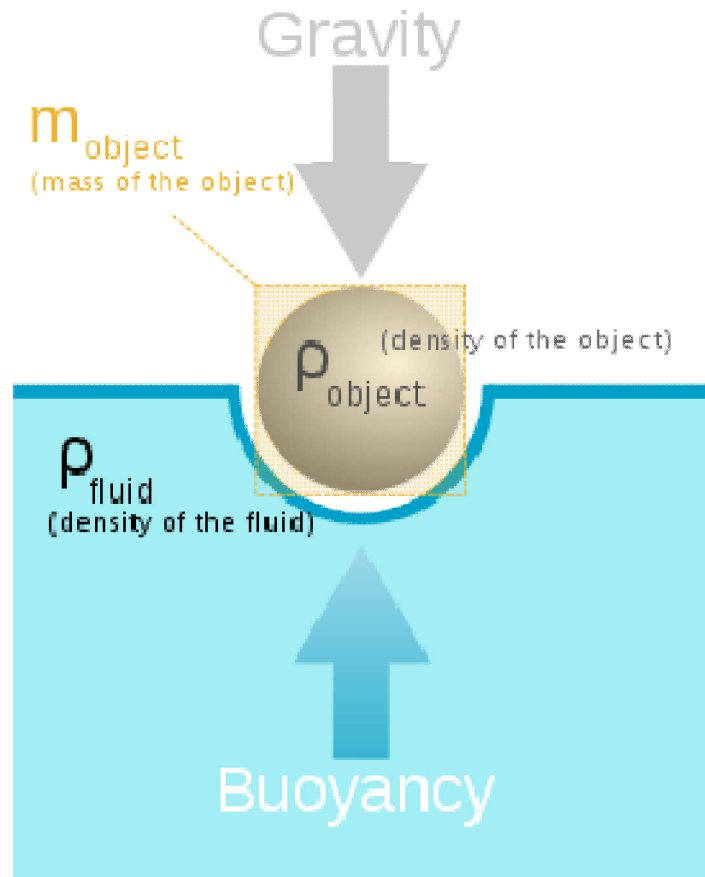
Propulziós erő

Emelőerő

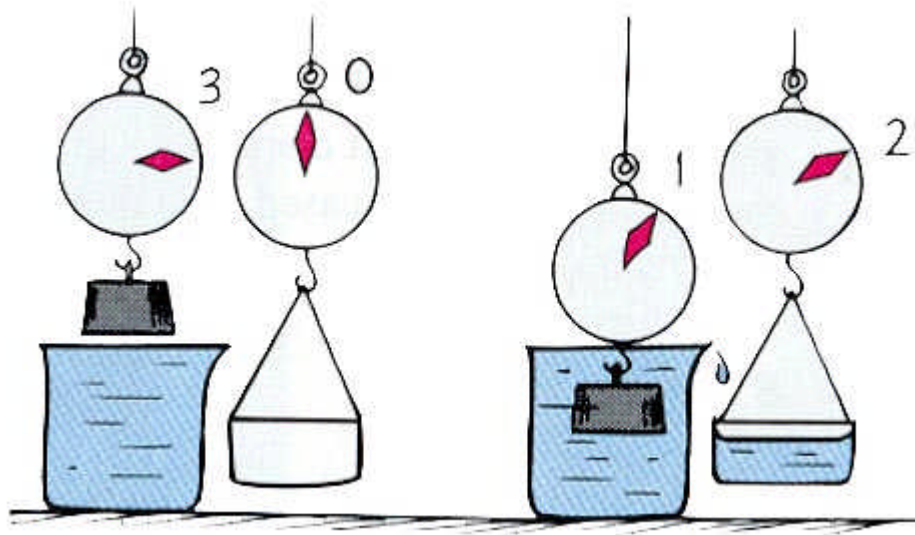
Közegellenállás szerepe kettős

- minimális ellenállás az úszóval szemben: rezisztív erők minimalizálása
- maximális a kézzel és a lábfejjel szemben: Propulzív erők maximalizálása

Felhajtóerő



Felhajtóerő



$$F = A \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

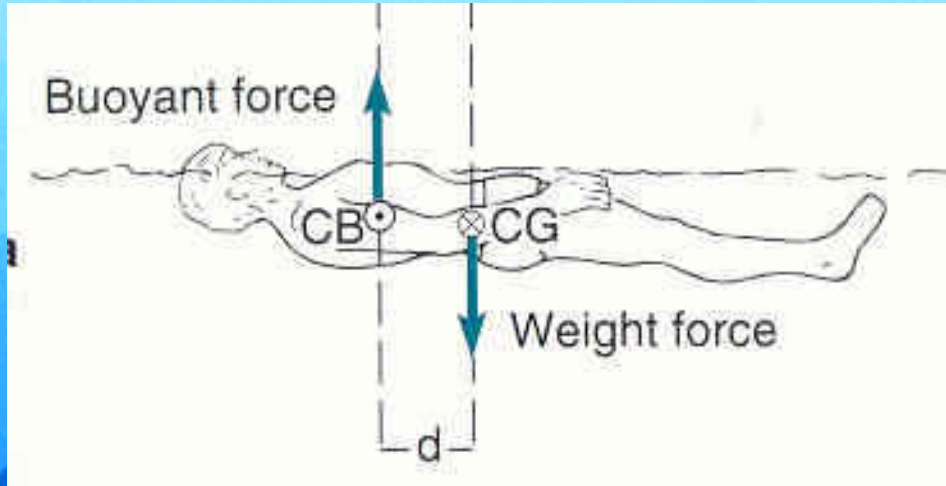
$$A \cdot h = V$$

$$V \cdot \rho = m$$

$$m \cdot g = G$$

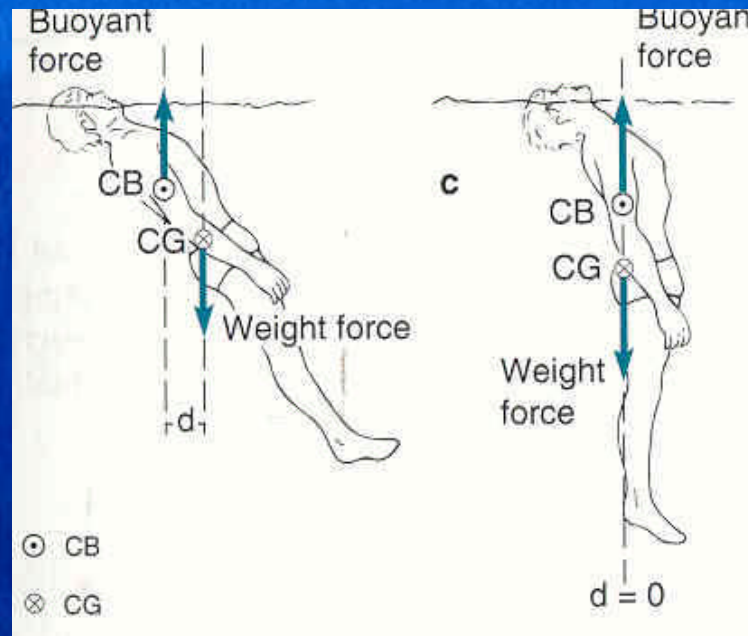
Felhajtóerő központja

labilis

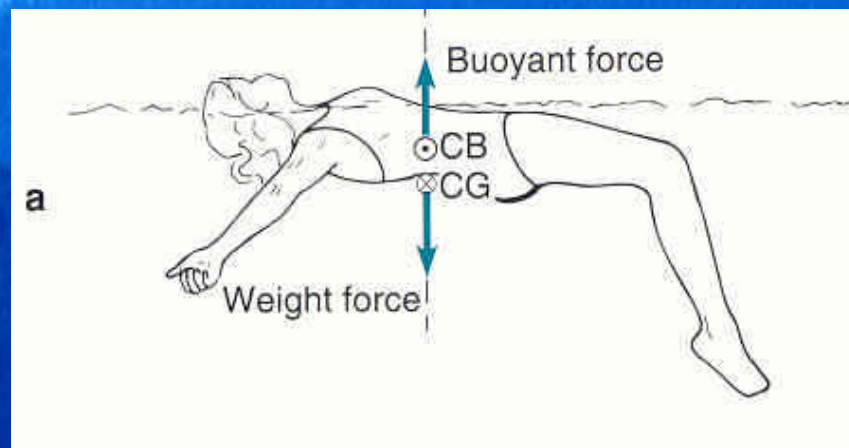
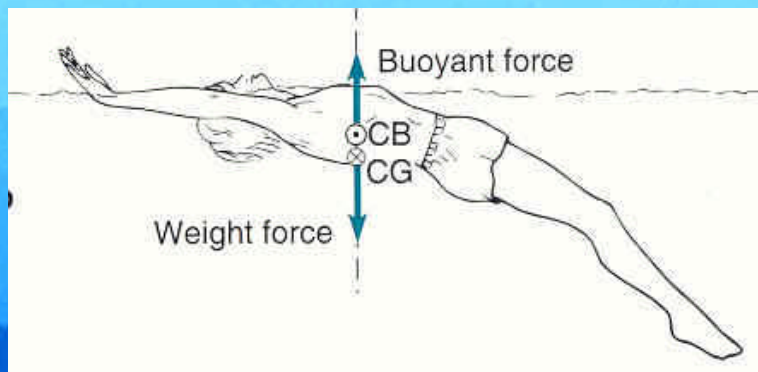


$$M_{SP} = SP \cdot d$$

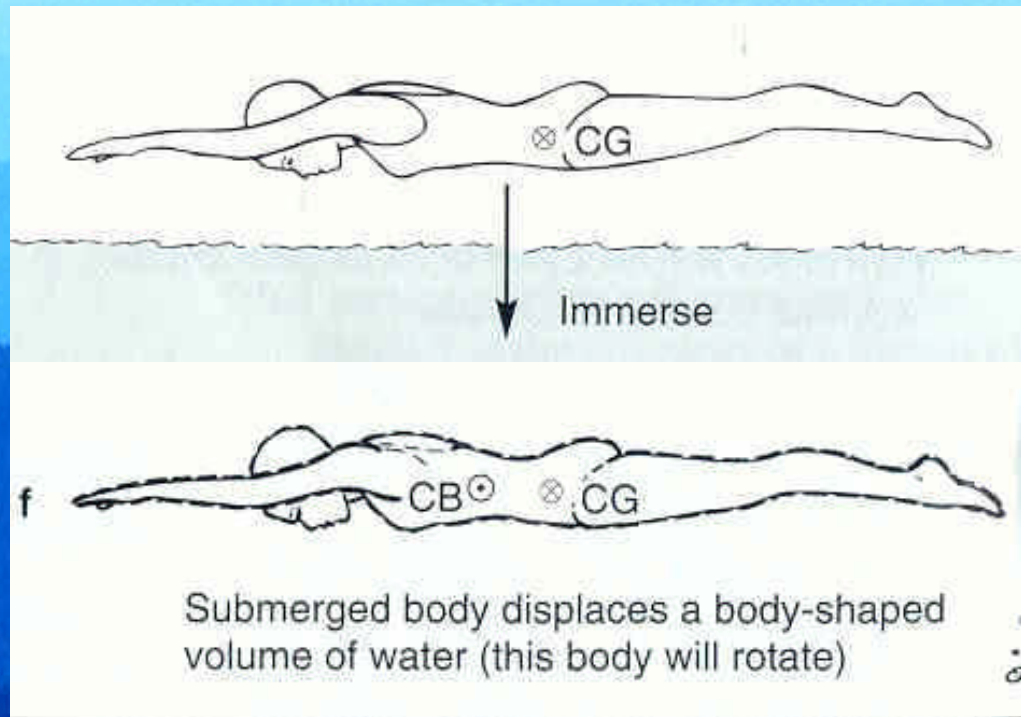
stabil



Manőverek az egyensúlyi helyzet megtartására



A levegőben a forgások a súlypont körül játszódnak le



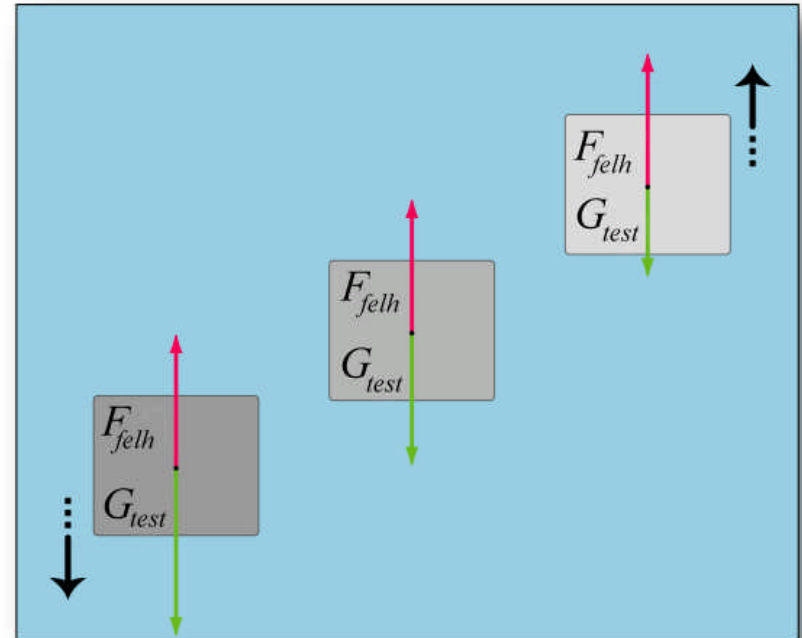
A vízben a forgások a felhajtóerő központja körül játszódnak le

Úszó sűrűségének szerepe

$\rho_{\text{úszó}} < \rho_{\text{víz}} \Rightarrow$ az úszó a felszínen marad

$\rho_{\text{úszó}} = \rho_{\text{víz}} \Rightarrow$ az úszó lebeg

$\rho_{\text{úszó}} > \rho_{\text{víz}} \Rightarrow$ az úszó elsüllyed



$\rho_{\text{úszó}} \approx 0.995 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ ha a tüdő tele van levegővel \Rightarrow úszás

$\rho_{\text{úszó}} \approx 1.005 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ ha a tüdő üres \Rightarrow elsüllyed

Ha $\rho_{\text{úszó}} > \rho_{\text{víz}}$ plusz energia kell a felszínen maradáshoz

Közegellenállás

$$F_k = \frac{1}{2} \rho \cdot u^2 \cdot C_k \cdot A$$

F_k közegellenállás

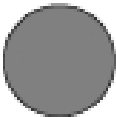


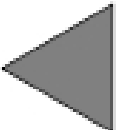



ρ – a folyadék sűrűsége

u – a test haladási sebessége a folyadék sebességéhez képest

A – a haladási irányra merőleges felület területe (homlokfelület)

C_k – közegellenállási koefficiens

Közegellenállási együttható

Gömb		0,47
Gömbhéj (domború)		0,4
Gömbhéj (homorú)		1,4
Kúp		0,5
Kocka		1,05
Kocka (elforgatva)		0,81
Áramvonalas test		0,04

A tapasztalatok szerint **csövekben** lamináris áramlás (réteges áramlás) $Re < 2320$ tartományban alakul ki, $Re > 2320$ esetén az áramlás turbulensé válik, ez utóbbi esetben az áramlási ellenállás ugrásszerűen megnő. Azt a Reynolds-számot, melynél a turbulens áramlás kialakul, **kritikus Reynolds-számnak** nevezik.

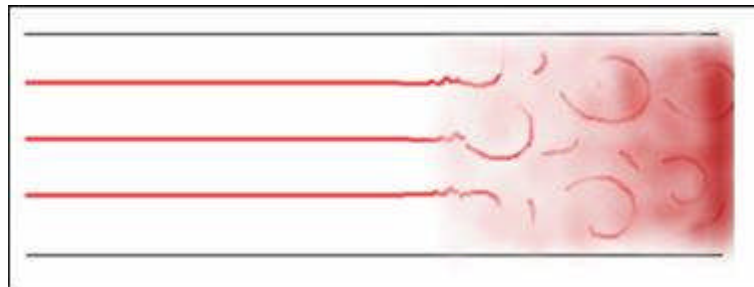
Lamináris és turbulens áramlás



Lamináris
vonalas



Turbulens
örvénylő
Nagyobb az ellenállás



Laminar - Turbulent

Nagyobb az ellenállás,
az örvények
energiájukat az
úszótól veszik el

Súrlódási ellenállás

A határréteg a turbulens áramlással együtt hozza létre a legnagyobb súrlódási ellenállást. Az, hogy melyik sebességnél és a test melyik részén keletkezik először az úszó sebességétől (v) és méretétől (L), valamint a víz sűrűségétől (ρ) és viszkozitásától (μ) függ. A turbulencia kezdete gyakran váratlan és az ún. Reynolds szám kritikus értékénél következik be. Reynolds szám az említett paraméterek interakcióját fejezi ki, és egy dimenzió nélküli szám.

$$Re = \frac{vL\rho}{\mu} \quad \longrightarrow \quad Re \sim v_{\text{úszó}}$$

Kritikus érték úszóknál: 500 000 \Rightarrow turbulens áramlás

Reynolds szám

Versenyúszóknál

$$v = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1},$$

$$L = 2 \text{ m},$$

$$\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3},$$

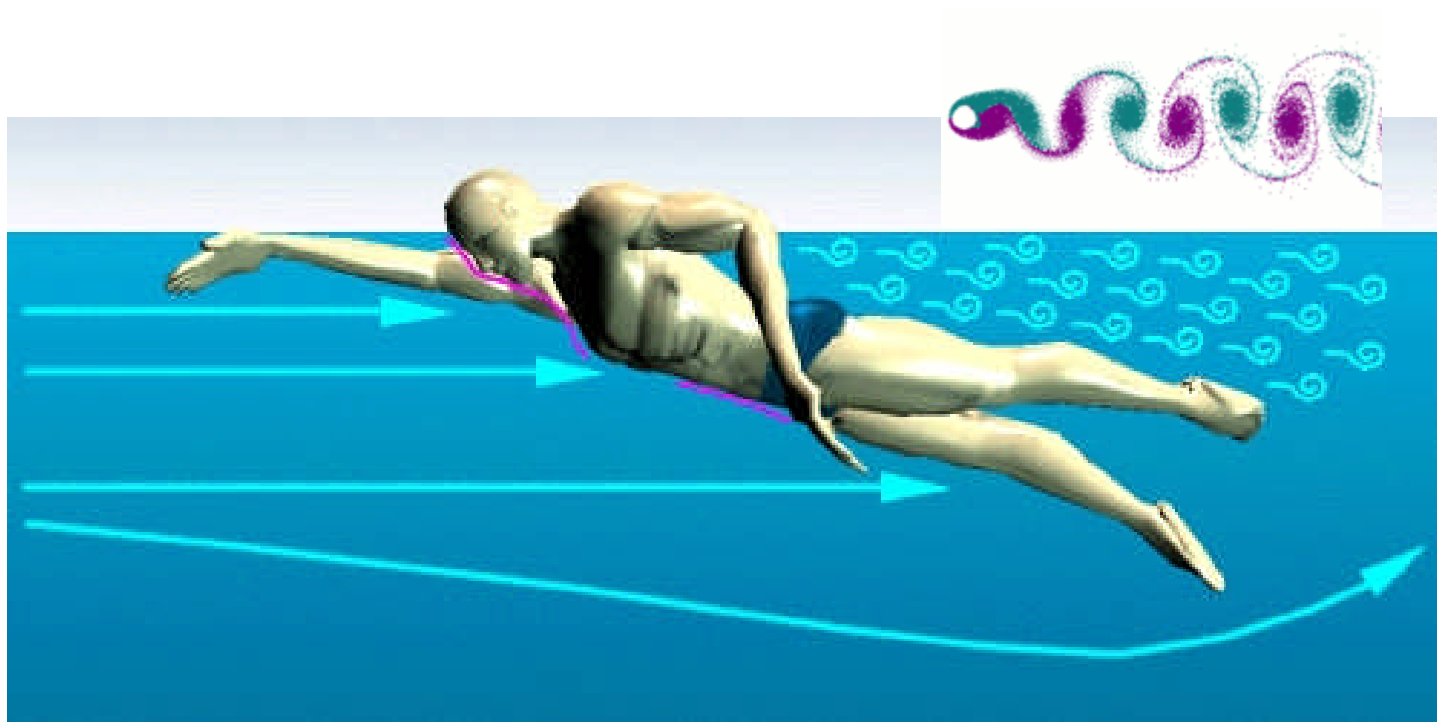
$$\mu = 0.897 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2},$$

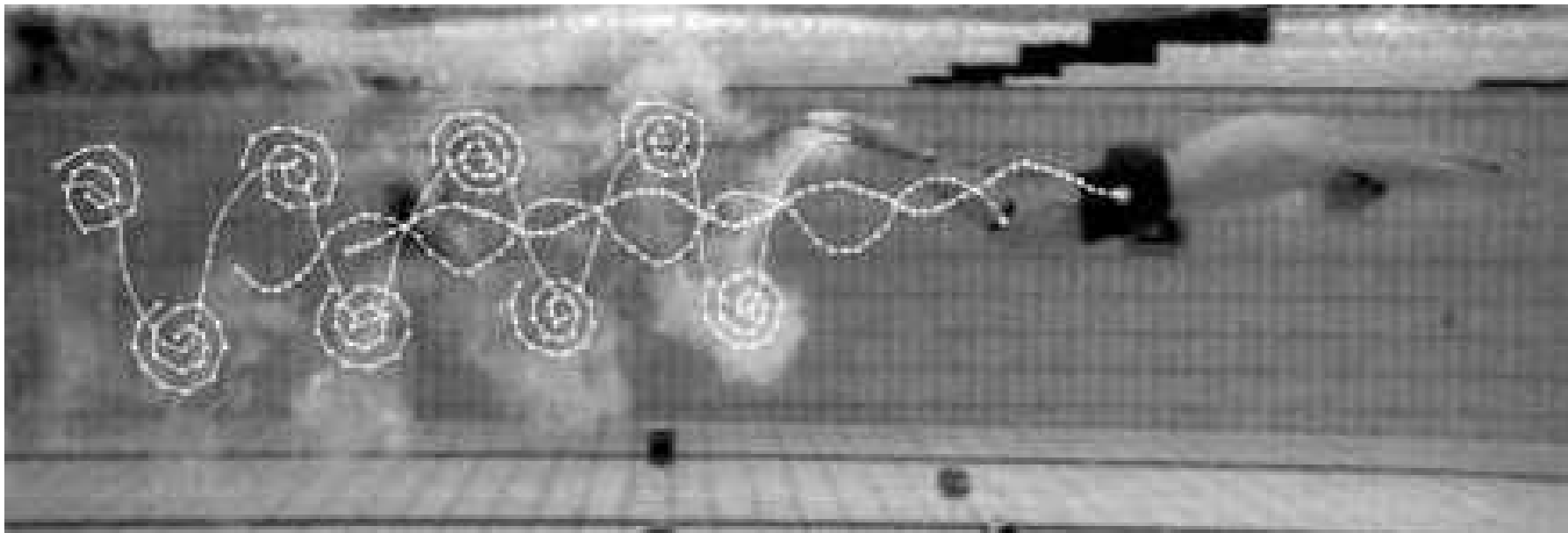
$$Re \text{ kb. } 4.5 \times 10^6 .$$



Turbulens áramlás jön létre úszáskor

Úszó mögött turbulens áramlás alakul ki





A spirálok az örvények méretét és forgás irányát reprezentálják a láb mindenegyres rugómozdulata után. Egyes kutatók szerint a sajtoló impulzus a sugár áramlás reakciójának következménye távolodva a testtől, az ellentétes irányban forgó örvények között.

A pályagörbék a csípő, a térd és a z öregujj útját. A berajzolt örvények az a pillanatot reprezentálják, amikor az öregujj mozgásának iránya megváltozik.

Nyomás ellenállás (F_p)

$$F_p = \frac{1}{2} \rho A_p v^2 C_{Db}$$

C_{Db} – közegellenállási koefficiens

A_p – keresztmetszet (homlok felület)

Hullámmellenállás (Fr)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$$

v – az úszó sebessége, L- az úszó testmagassága

Két hullámcsúcs közötti távolság

$$\lambda = \frac{2\pi \cdot v^2}{g}$$



Az úszó által keltett hullámrendszer hossza (λ)

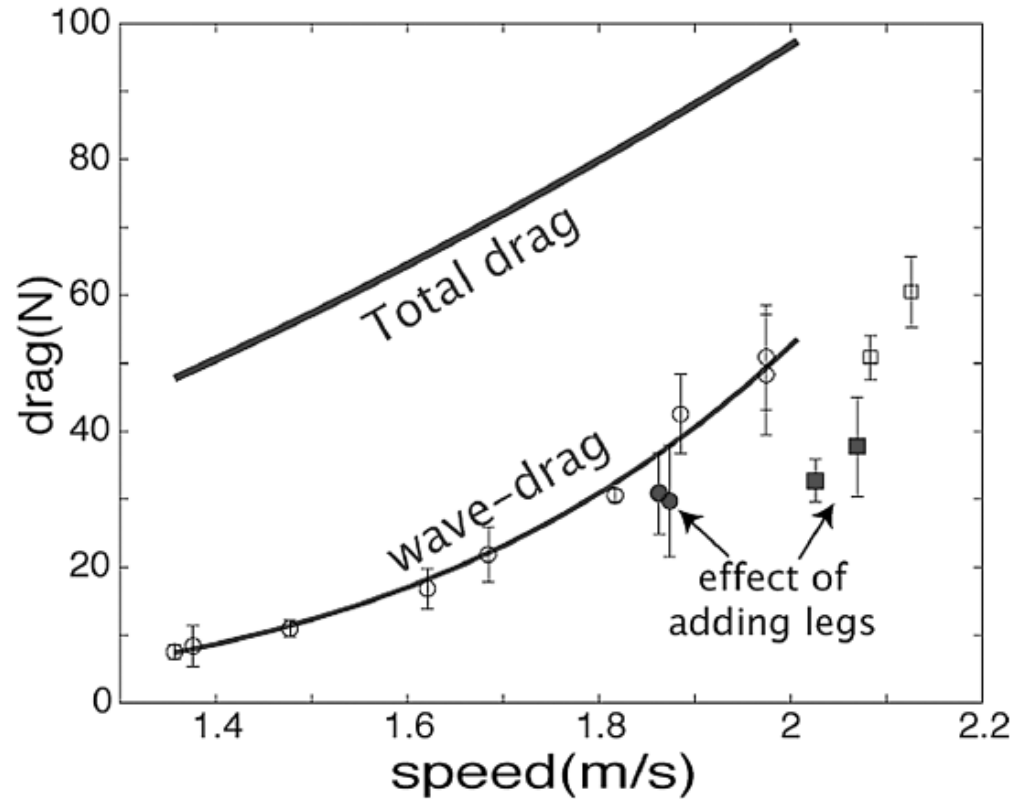
Hasonlóan a hajók törzssebességének kiszámításakor a hullámhossz (λ) és a hullám amplitúdó növekszik az úszó sebességének növekedésével. A keltett hullám akkora sebességgel halad a víz felszínén, mint amekkora az úszó sebessége. A hullám hossza a sebességtől az alábbi egyenlet értelmében

$$\lambda = \frac{2\pi \cdot v^2}{g}$$

Test haladási sebessége (v_h) akkor lesz optimális, amikor λ egyenlő lesz a vízvonal hosszával l_w . (Prange and Schmidt-Nielsen, 1970).

$$v_h = \sqrt{\frac{gl_w}{2\pi}}$$

Hullámellenállás csökkentése



Az ábra szerint a lábmunka csökkenti a hullámellenállást.
(Hout, 2003).

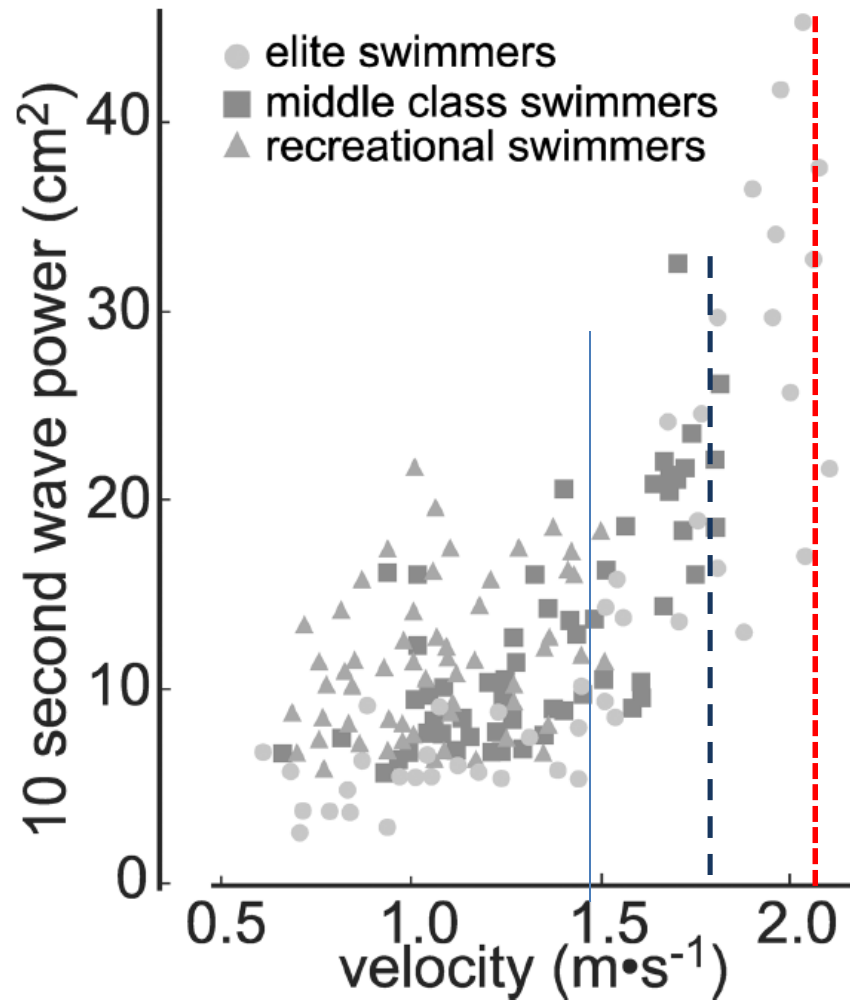
Az összes közegellenállási erő

$$F_d = F_f + F_p + F_w$$

F_f – súrlódási (viszkózus) ellenállás

F_p – nyomás ellenállás

F_w – hullámellenállás



A hullám magassága (amplitúdó) az úzás sebességétől és a technikai tudástól függ. - A hullám energiát vesz el. (Takamoto, Ohmichi and Miyashita, 1985).

Az előrehajtó erő hatékonysága (hatásfoka - efficiency)

$$e_p = \frac{P_k}{P_0} = \frac{P_k}{P_k + P_{ke}}$$

e_p – az előrehajtó erő hatékonysága

P_k – közegellenállás legyőzésére használt erő

P_0 – összes mechanikai erő

P_{ke} – elvesztett erő, amely a víz kinetikai energiájának növelésére fordítódik

Az úszás maximális sebessége:

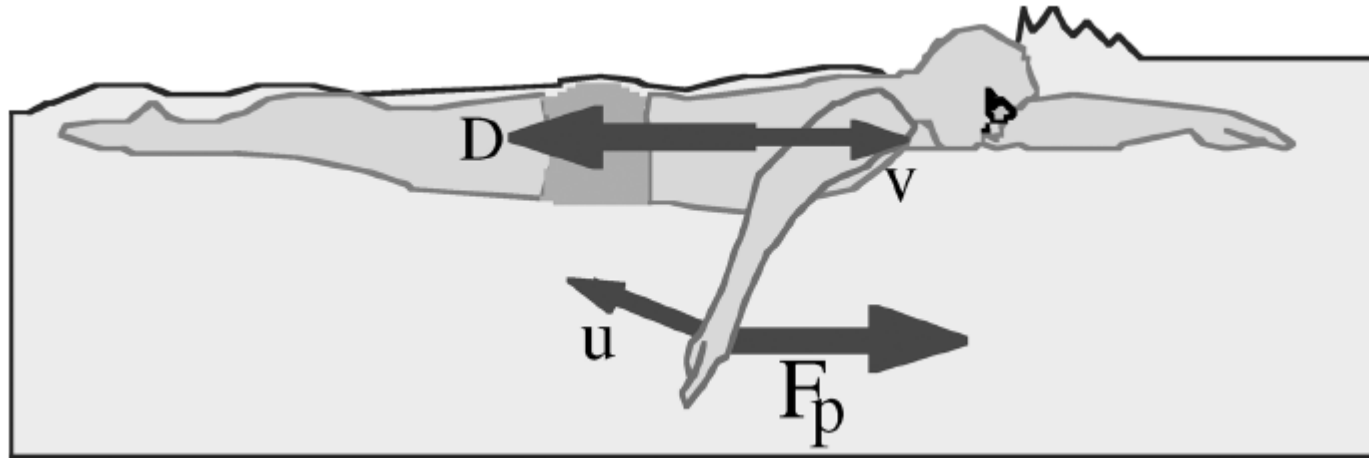
2,0 m/s

(100m gyorsúszás WR: 46.91s Cesar Cielo 2009 Róma. $v=2.132$ m/s)

Függ:

- 1. Az izmok kémiai energiájának mechanikai energiává (munkává alakításának fokától.***
- 2. Az energia előrehajtó erőként használatától.***
- 3. A testre ható ellenállási erők minimalizálása adott sebesség alatt.***

Vízszintes erőkomponensek



Állandó sebesség.

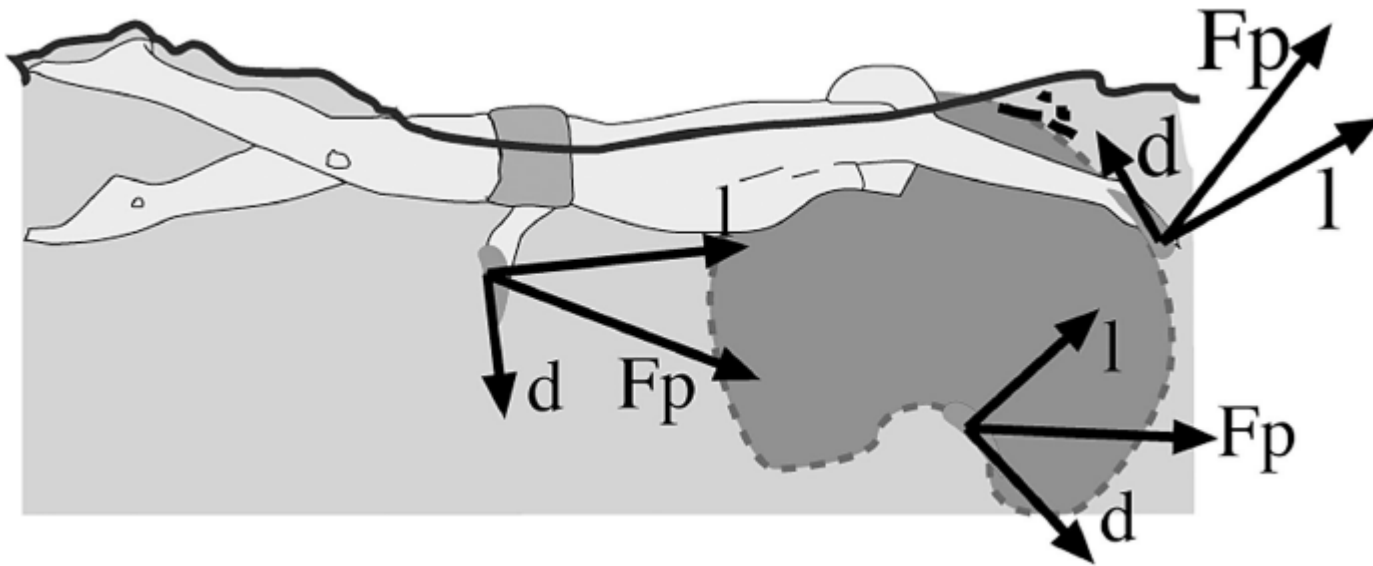
Átlag előrehajtó erő (F_p)

Átlag közegellenállási erő (D)

A kar sebessége (u)

A test sebessége (v)

A végtagok által vízre kifejtett erőhatásai



F_p – előrehajtó erő

d – közegellenállási erő

l - emelőerő

A kéz emelőereje

$$L = \frac{1}{2} \rho u^2 C_l S$$

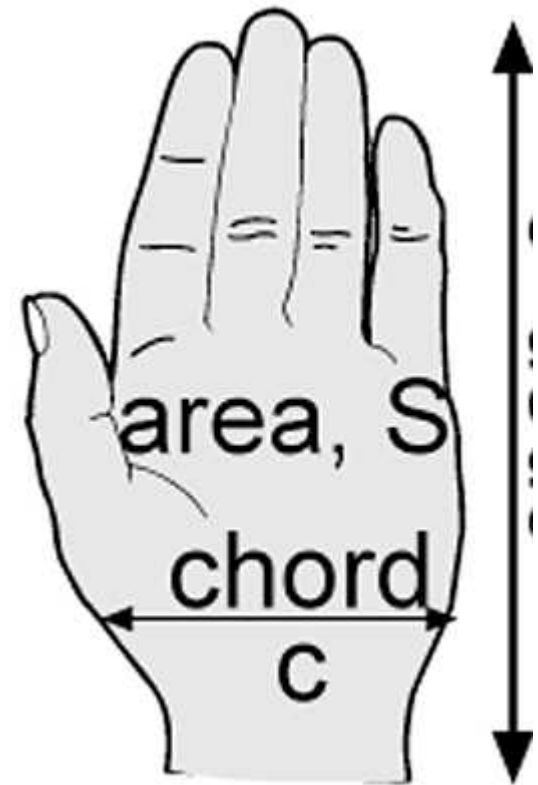
L - emelőerő

ρ - a víz sűrűsége

u - a test folyadékhoz viszonyított sebessége

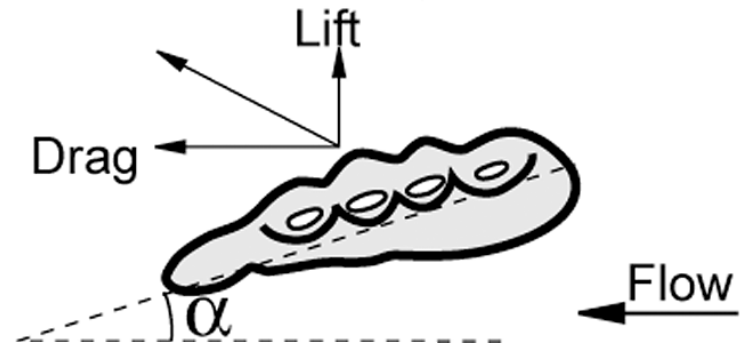
C_l - emelőerő koefficiens

S - kézfelületi terület



A közegellenállás

C_l és C_d koefficiens a támadási (α) és hátrahajlítási szög (ψ) jellemzője



$$D = \frac{1}{2} \rho u^2 C_d S$$

D - közegellenállás

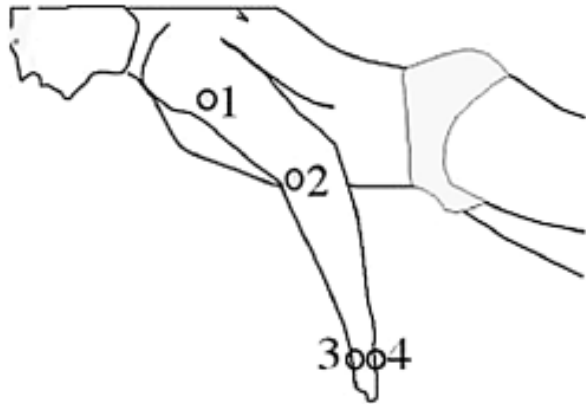
ρ - a víz sűrűsége

u - a test folyadékhoz viszonyított sebessége

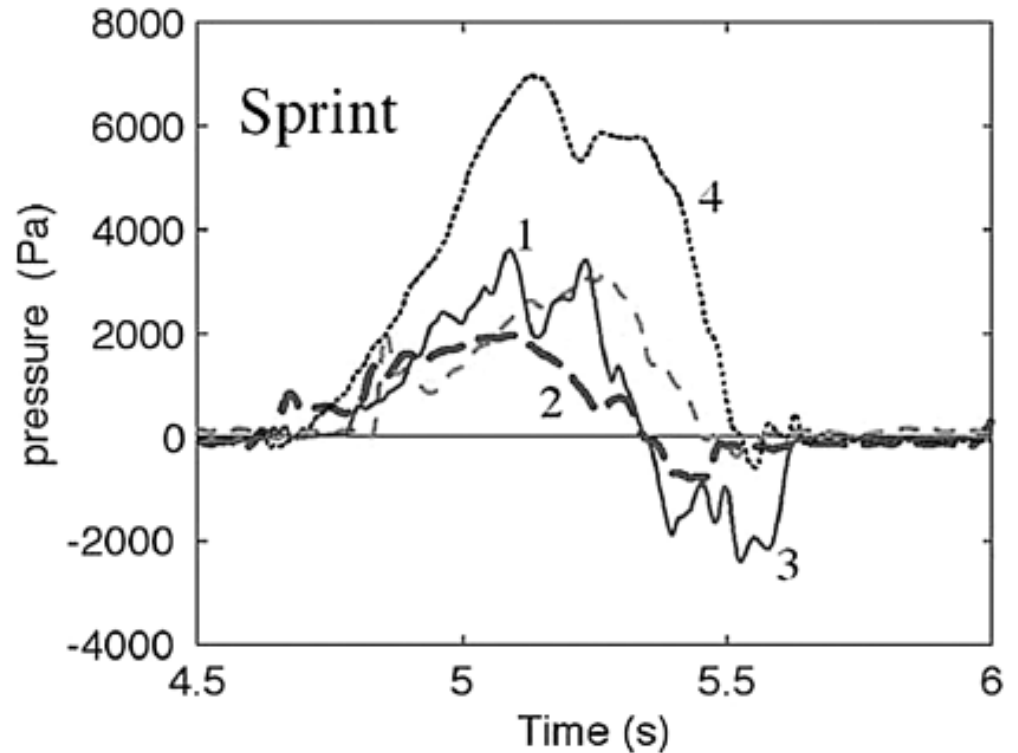
C_d - közegellenállási koefficiens

S - kézfelületi terület

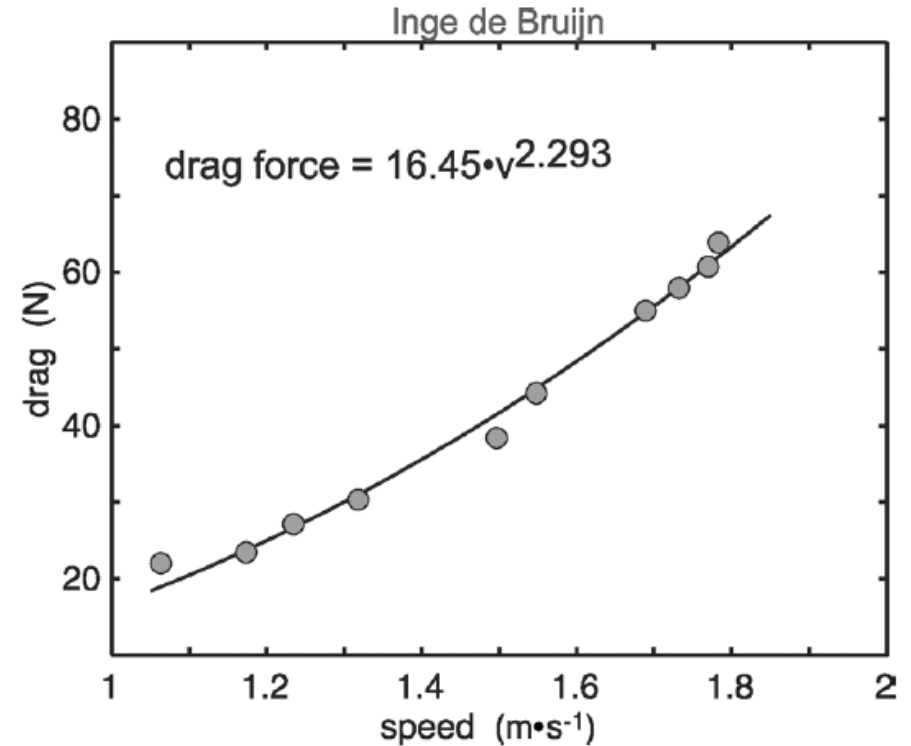
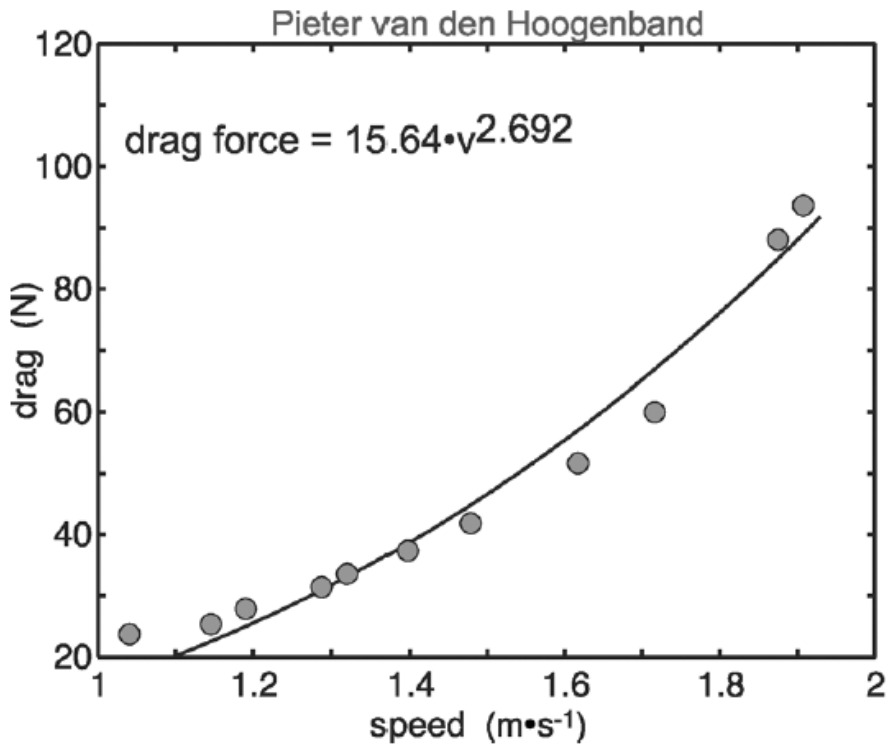
Nyomásértékek a kar különböző részein



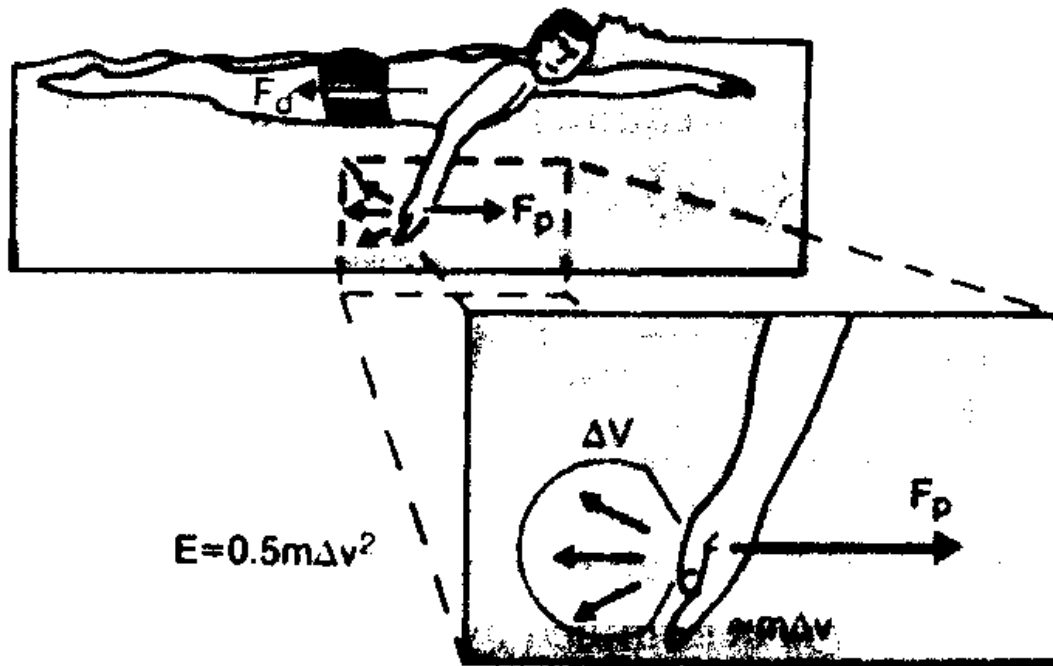
- pressure recorded at
- 1 - - - - - shoulder
 - 2 - - - . elbow
 - 3 ——— back of hand
 - 4 palm of hand



Közegellenállás változása a sebesség függvényében



2 m/s sebességnél az összes ellenállási erő 110 N és ezért 220 Watt mechanikai teljesítményre van szükség ennek legyőzésére. ($P=F \cdot v$)



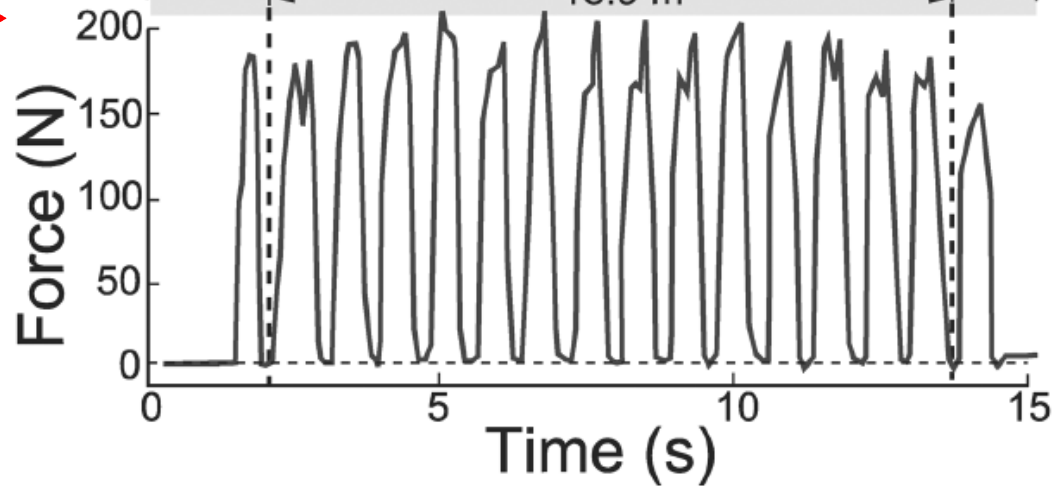
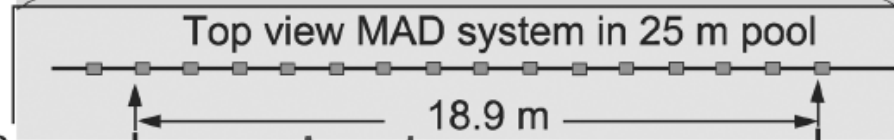
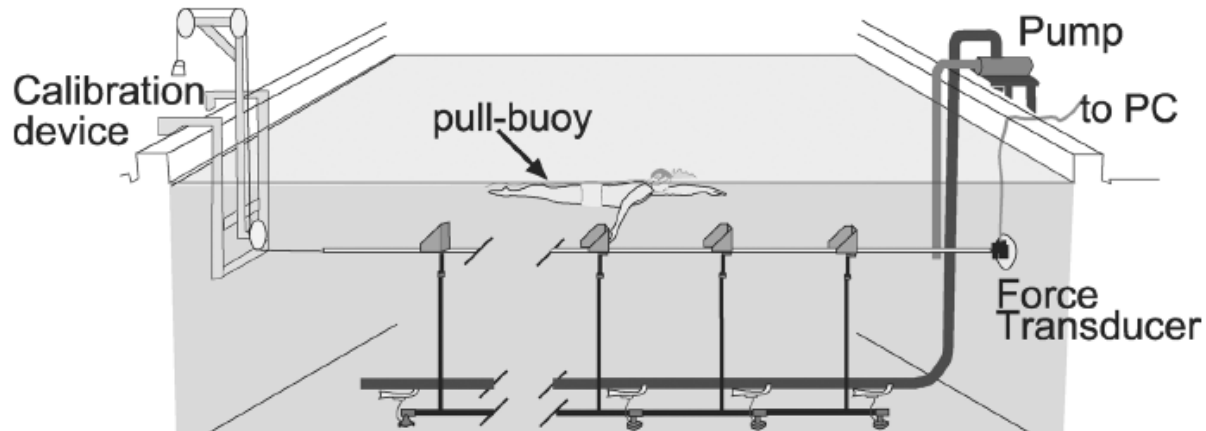
Az úszásban nincs olyan fix pont, amelyre a kezekkel nyomást gyakorolhatunk.

Az előrehajtó erő által létrejövő impulzus, amelyet a vízre gyakorolt nyomó (lökő) erő hoz létre egyenlő a hátra taszított víz tömegének impulzusával ($m\Delta v$).

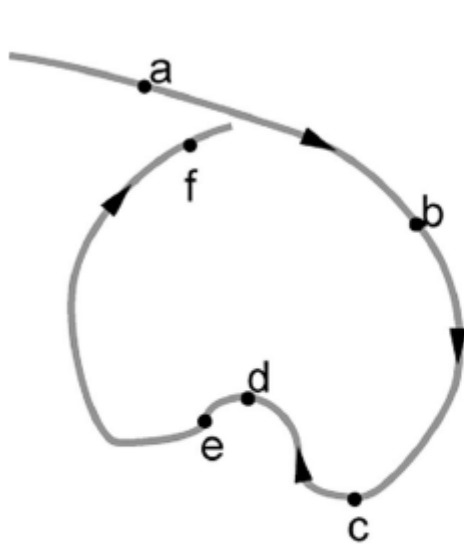
A karmozgás alatt az energia ($1/2 m\Delta v^2$) az úszóról a vízre tevődik át.

Az úszót a hátrafelé elmozdított víztömeg által rá ható reakcióerő hajtja előre

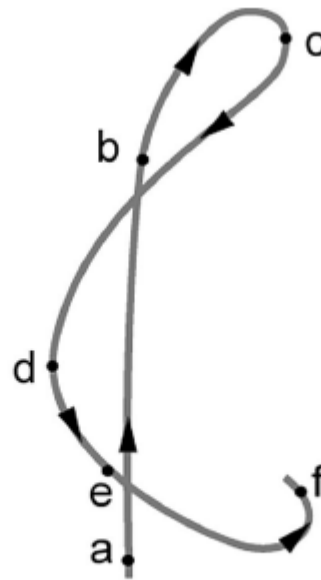
Gyorsúszás elemzés



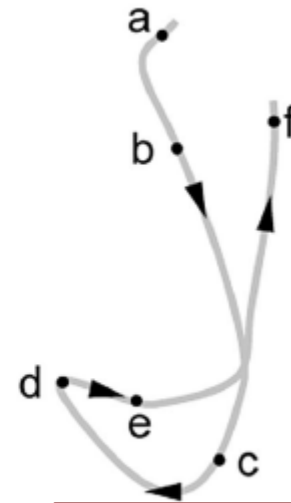
A gyorsúszó karmozdulata



Oldal nézet



Alul nézet



Előlnézet

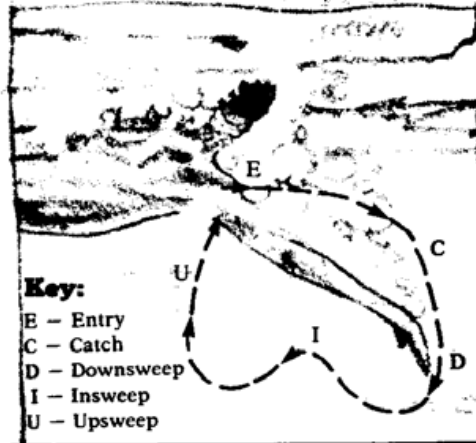
A kar mozgás gyorsúszásnál- (Svec, 1982)

a-b: vízfogás, b-c: lefelé húzás, c-d: befelé húzás, d-e: kifelé húzás, e-f: a víz elhagyása

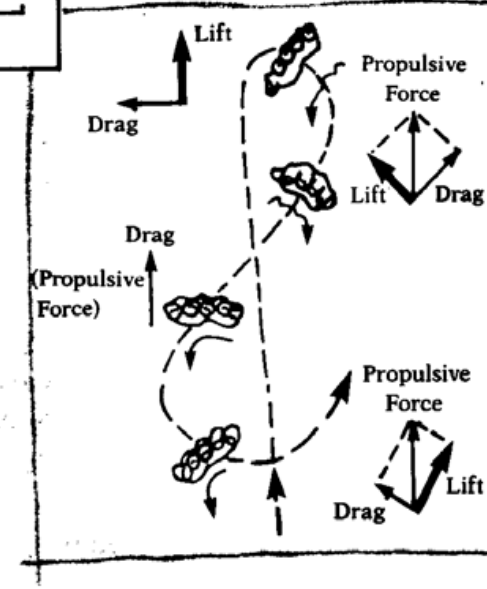
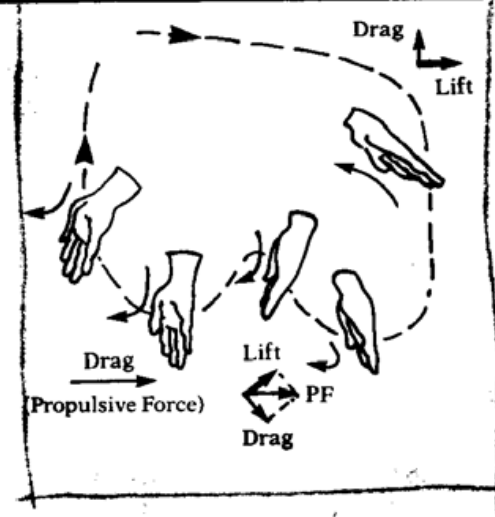
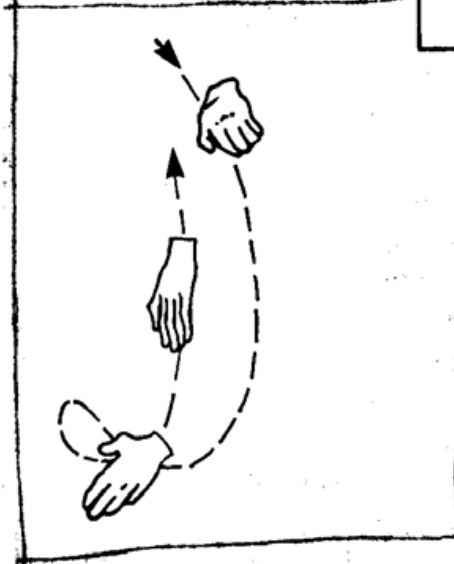
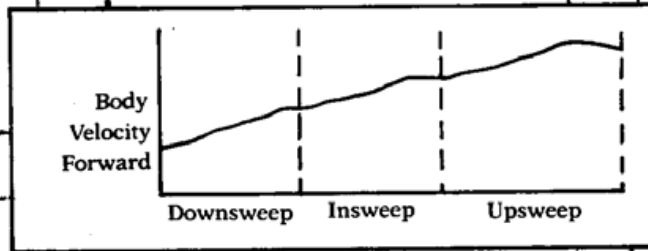
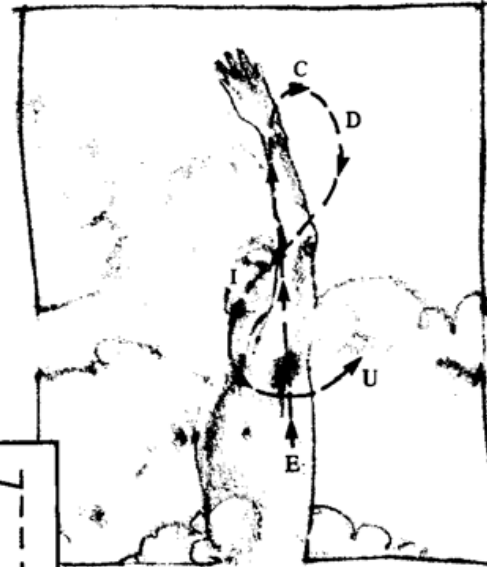
A. Front View



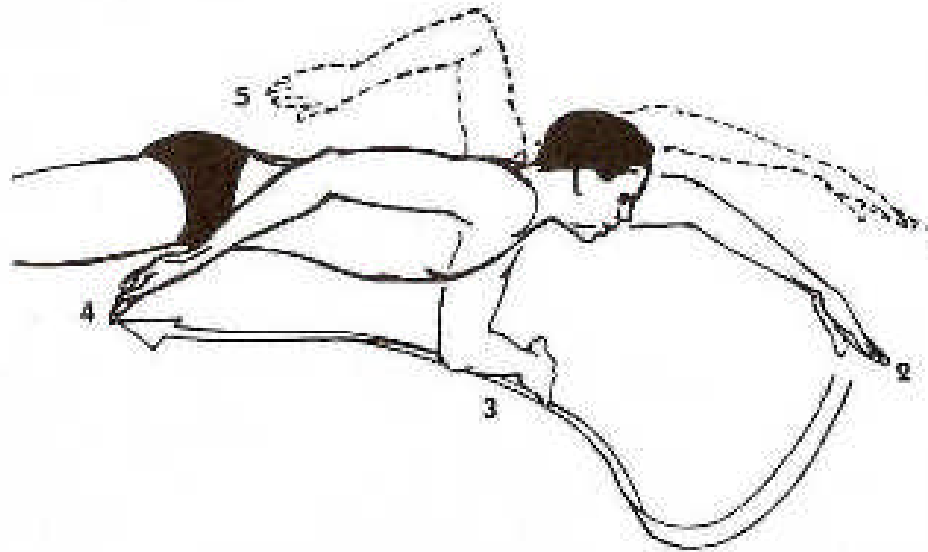
B. Side View



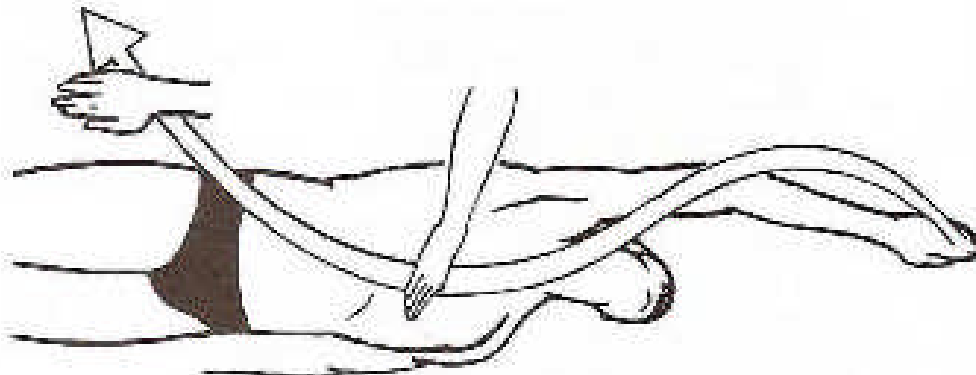
C. Underneath View



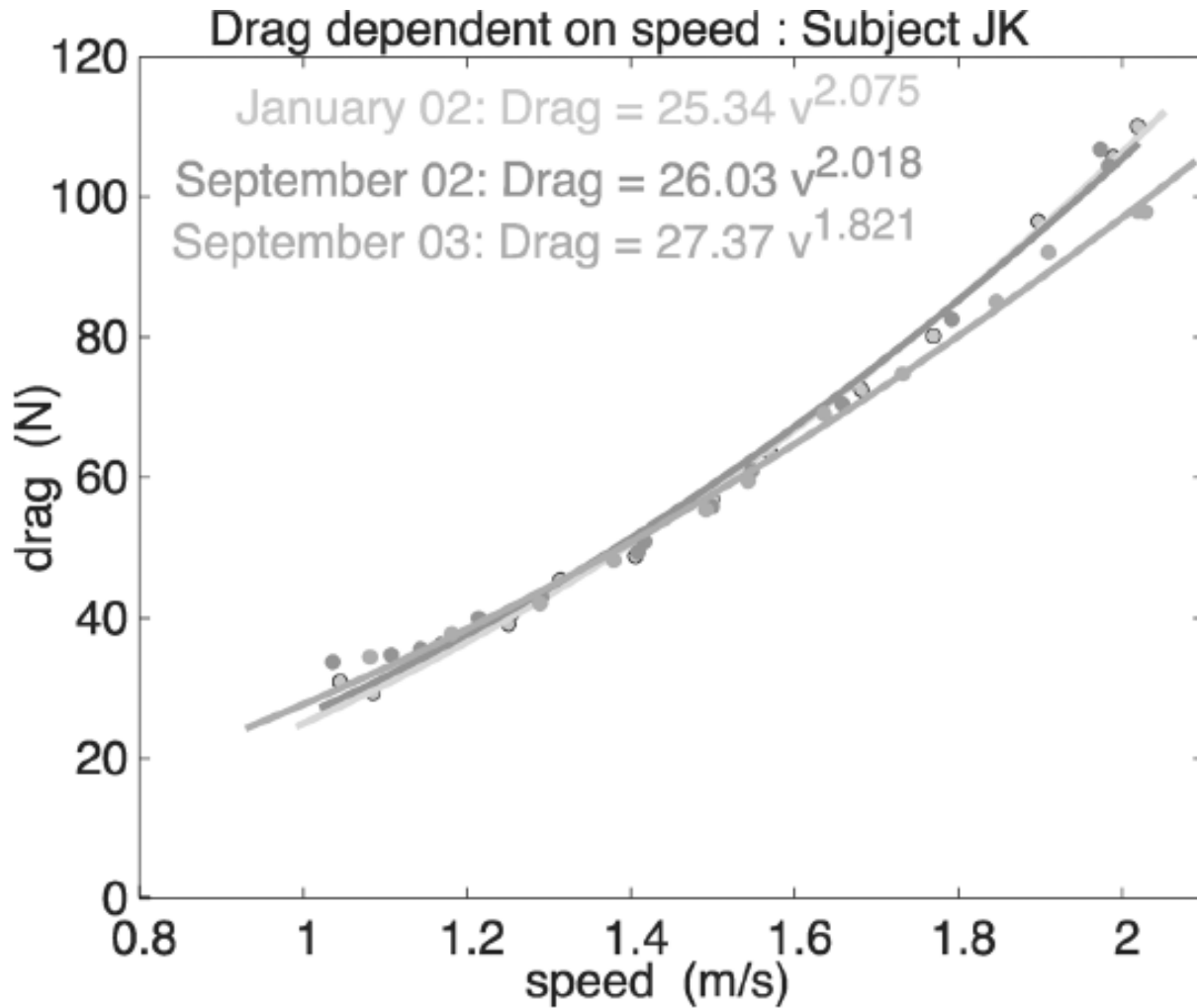
Kartempó fázisai



1. Input faze,
2. carry faze,
3. Pull faze,
4. Push-out faze,
5. Pull-over faze,

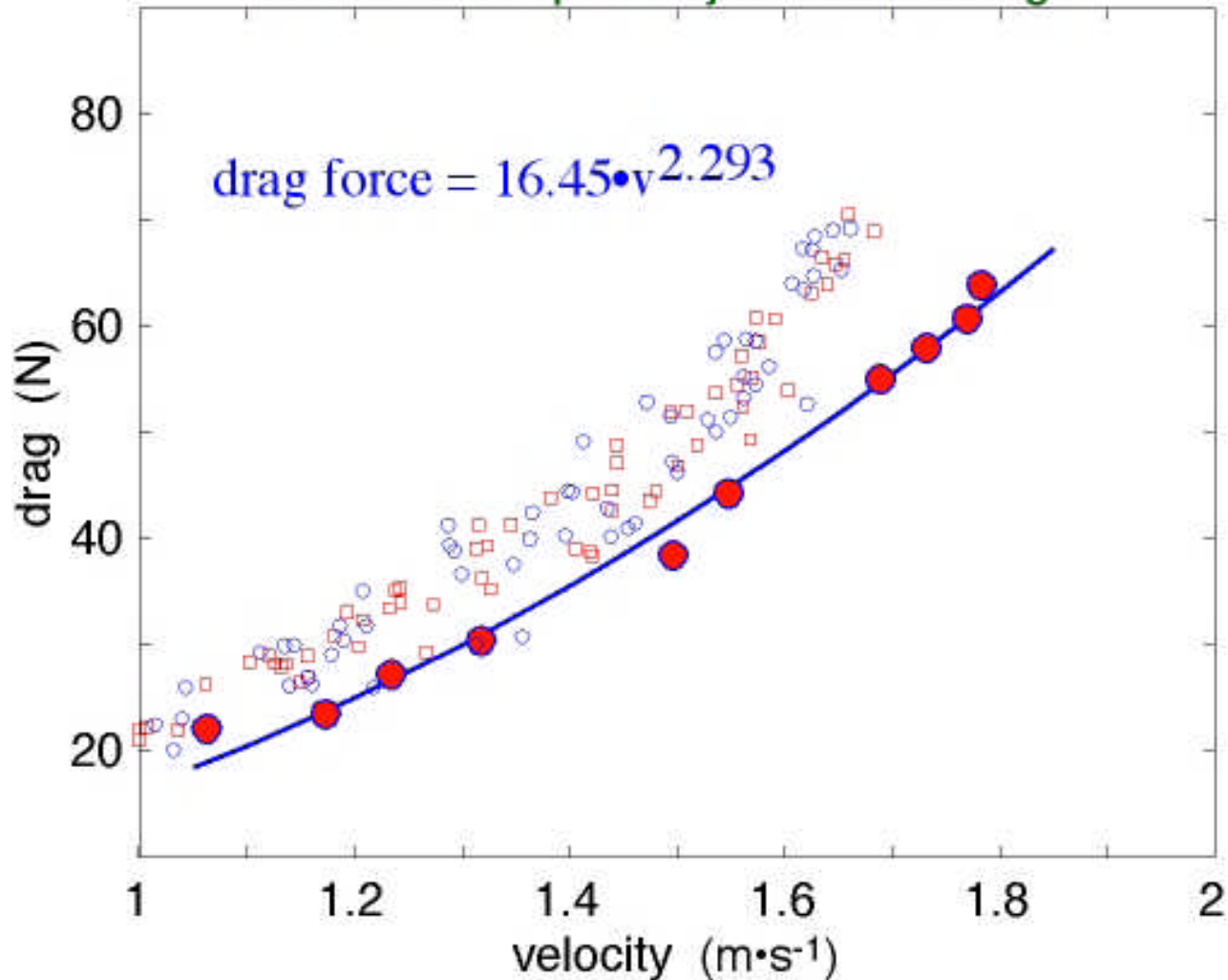


A közegellenállás változása és sebesség függvényében (gyorsítás)



A közegellenállás változása és sebesség függvényében (gyorsúszás)

Jan Douwe op zoek januari 2001 inge



Közegellenállási erő $\sim A v^2$

A = a test vízre merőleges felülete

Élvonalbeli női úszók: $A=24$

Élvonalbeli férfi úszók : $A=30.5$

Élvonalbeli férfi triatlonisták: $A=41.6$

(Toussaint and Beek, 1992)



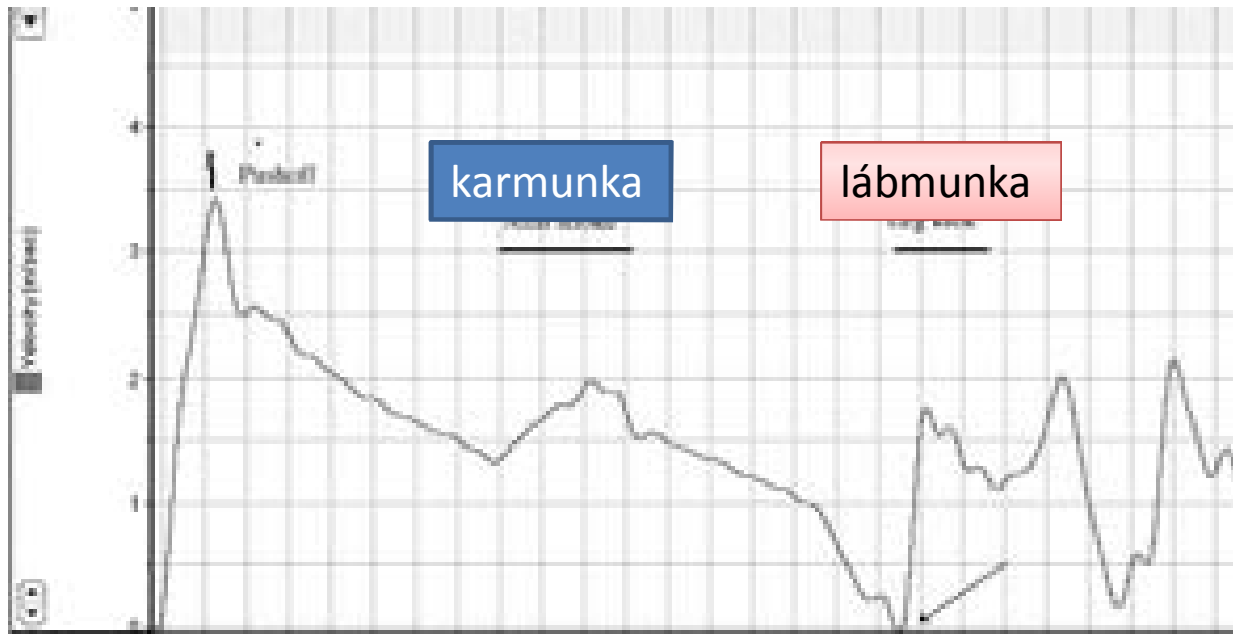
Sebesség változás gyorsúszásnál





Mellúszás

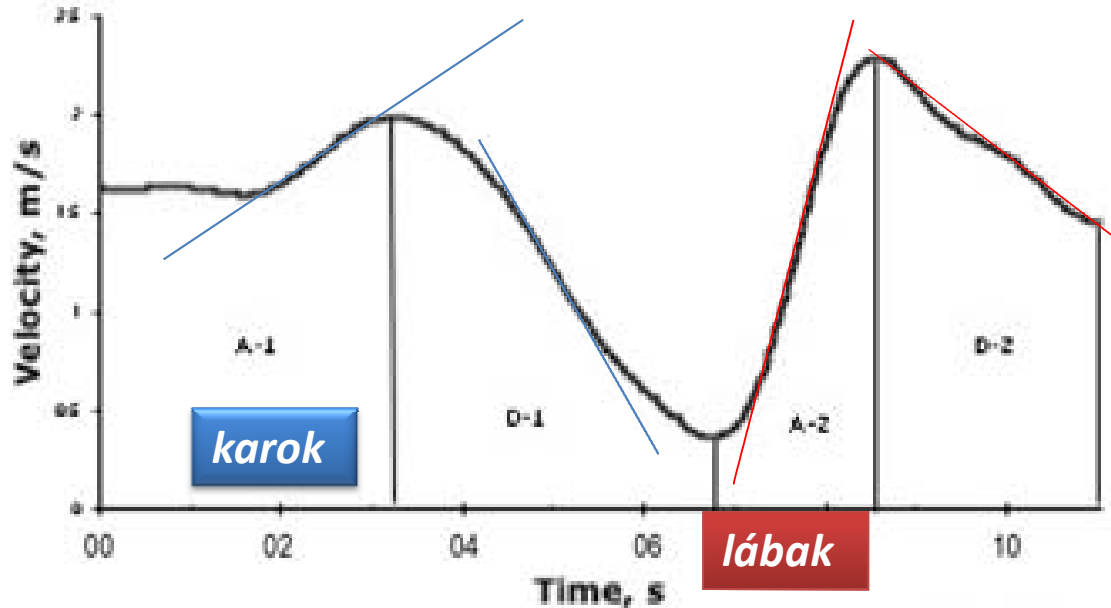
Sebesség változás mellúszásnál



Mellúszó ciklus

dy/dx

dv/dt

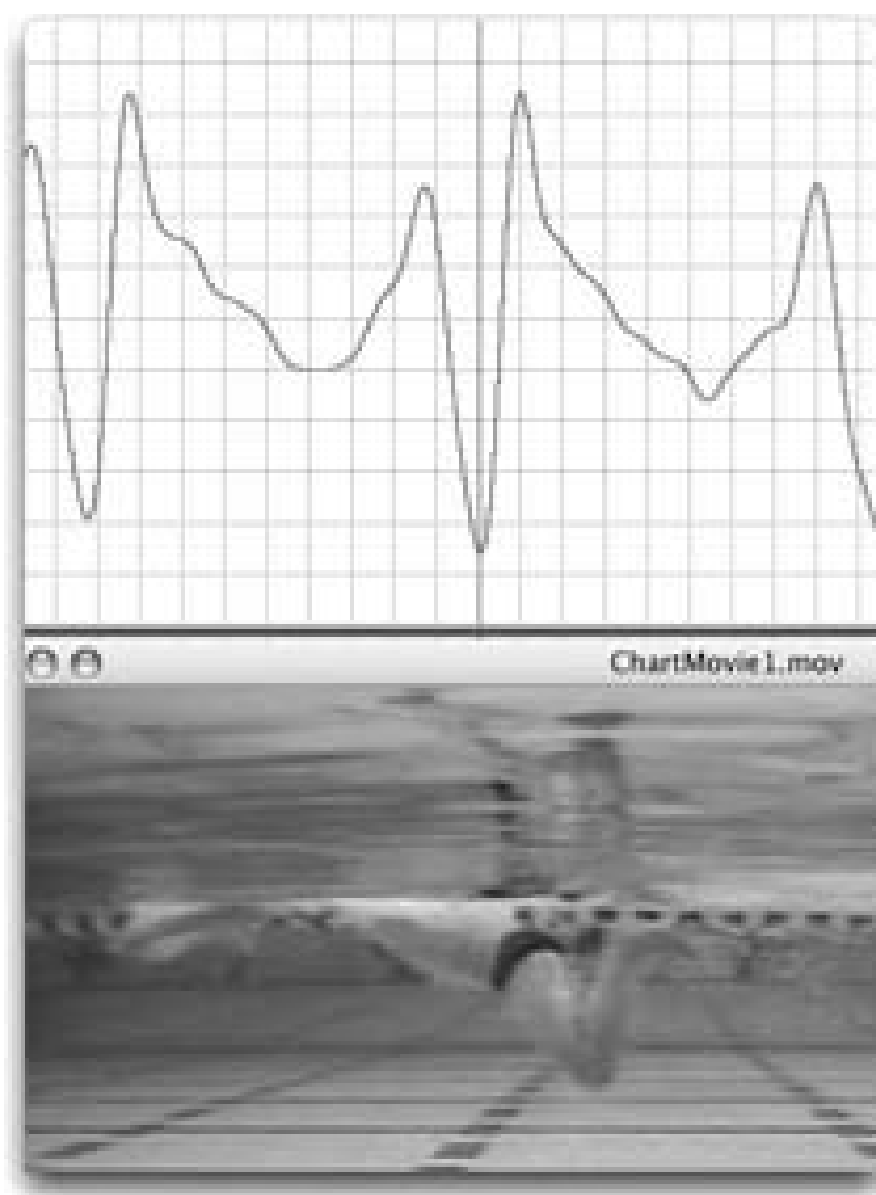


A-1 A kar húzómozgása kezdeti gyorsulást eredményez

D-1 Ezt követi a lassulás (negatív gyorsulás) ami a lábak behajlítása alatt következik be.

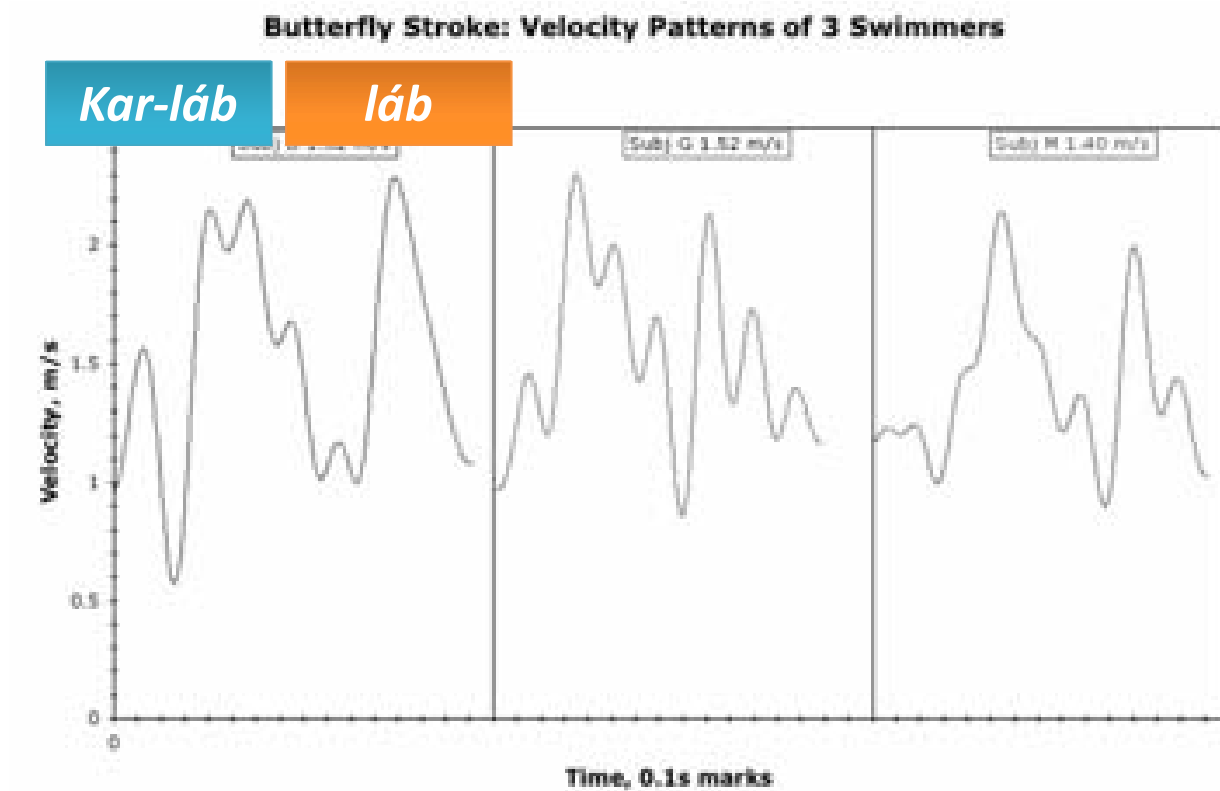
A-2 A lábak rúgóereje gyorsulást eredményez.

D-2 A lábak munkájának befejeztével a kicsúszás alatt ismét csökken az úszó sebessége (negatív gyorsulás)



Mellúszó helyzete a legkisebb sebességnél

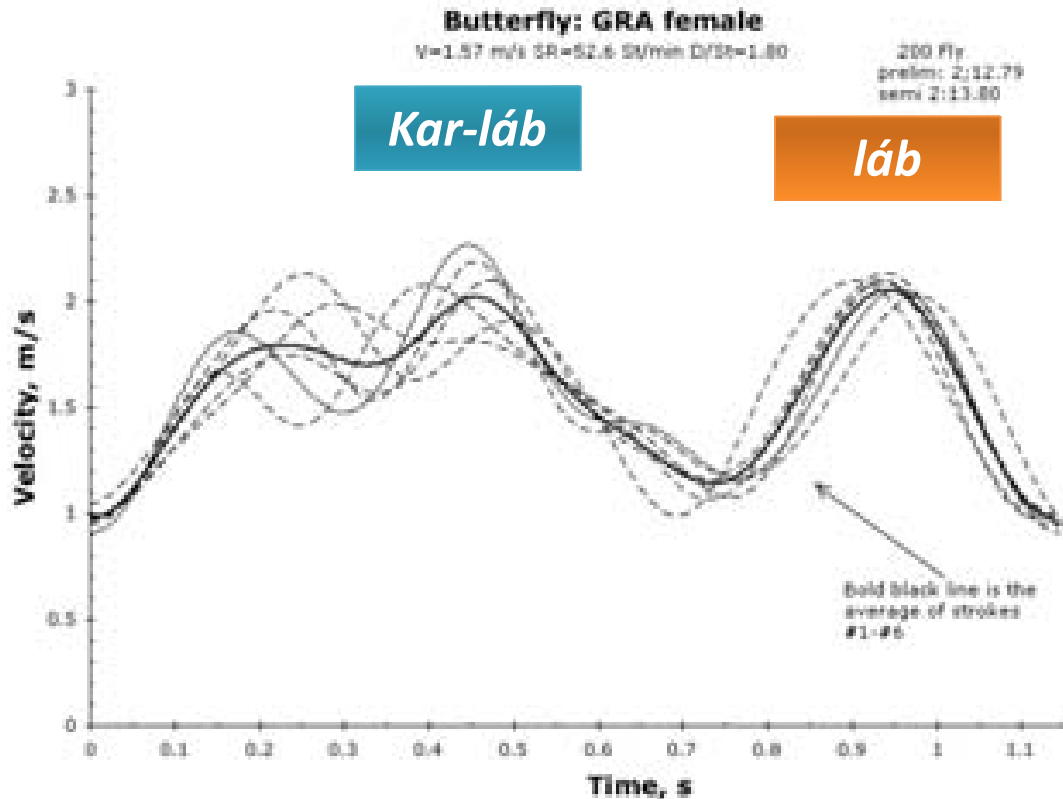
Pillangó úszás



Három úszónál

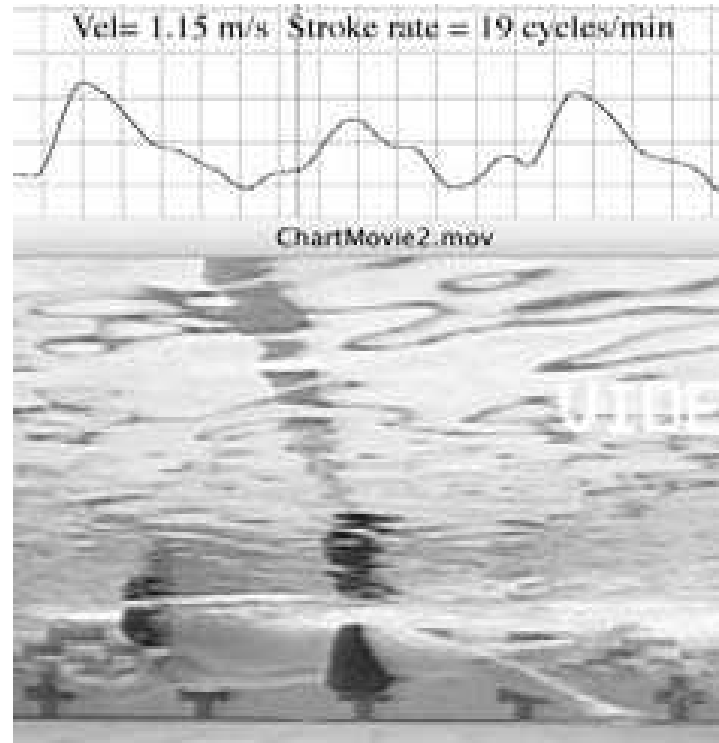
Pillangó úszás

Vízszintes sebesség hat mozgásciklusnál. A folyamatos vonal a hat ciklus átlagát mutatja.



Nagy sebesség érhető el abban a szakaszban, amikor a felsőtest kiemelkedik a vízből, mivel levegő közegellenállása 800-szor kisebb. De a törzs függőleges elmozdítása energiát emészt fel, vízbeérkezéskor a fékezési hatás jelentős.

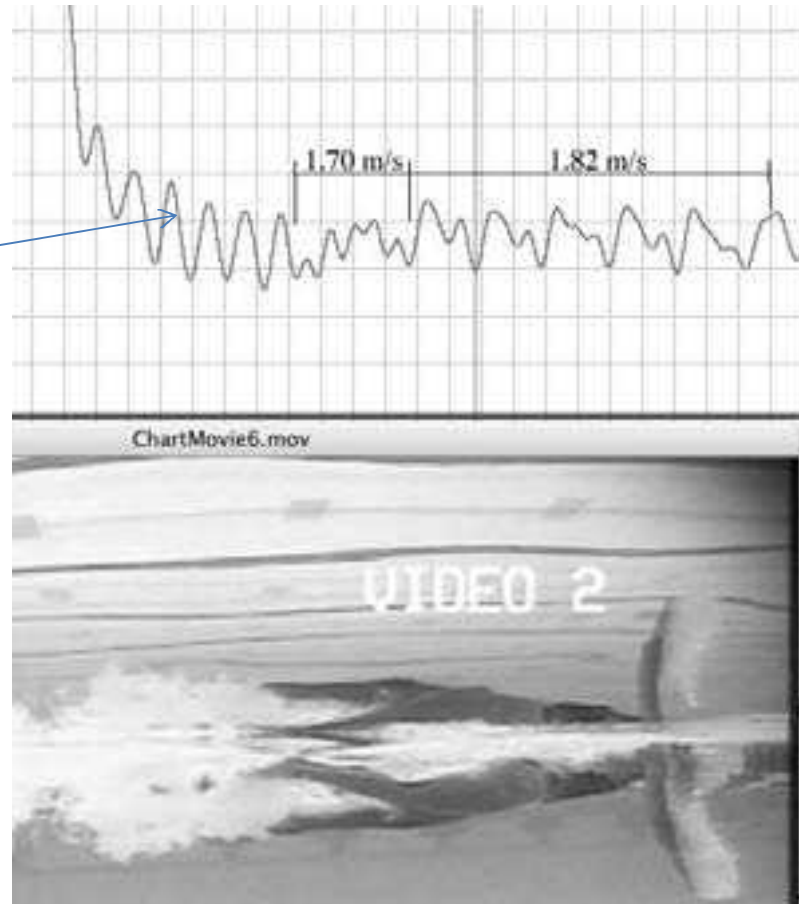
Hátúszás



Lassú sebesség, kis csapásszám

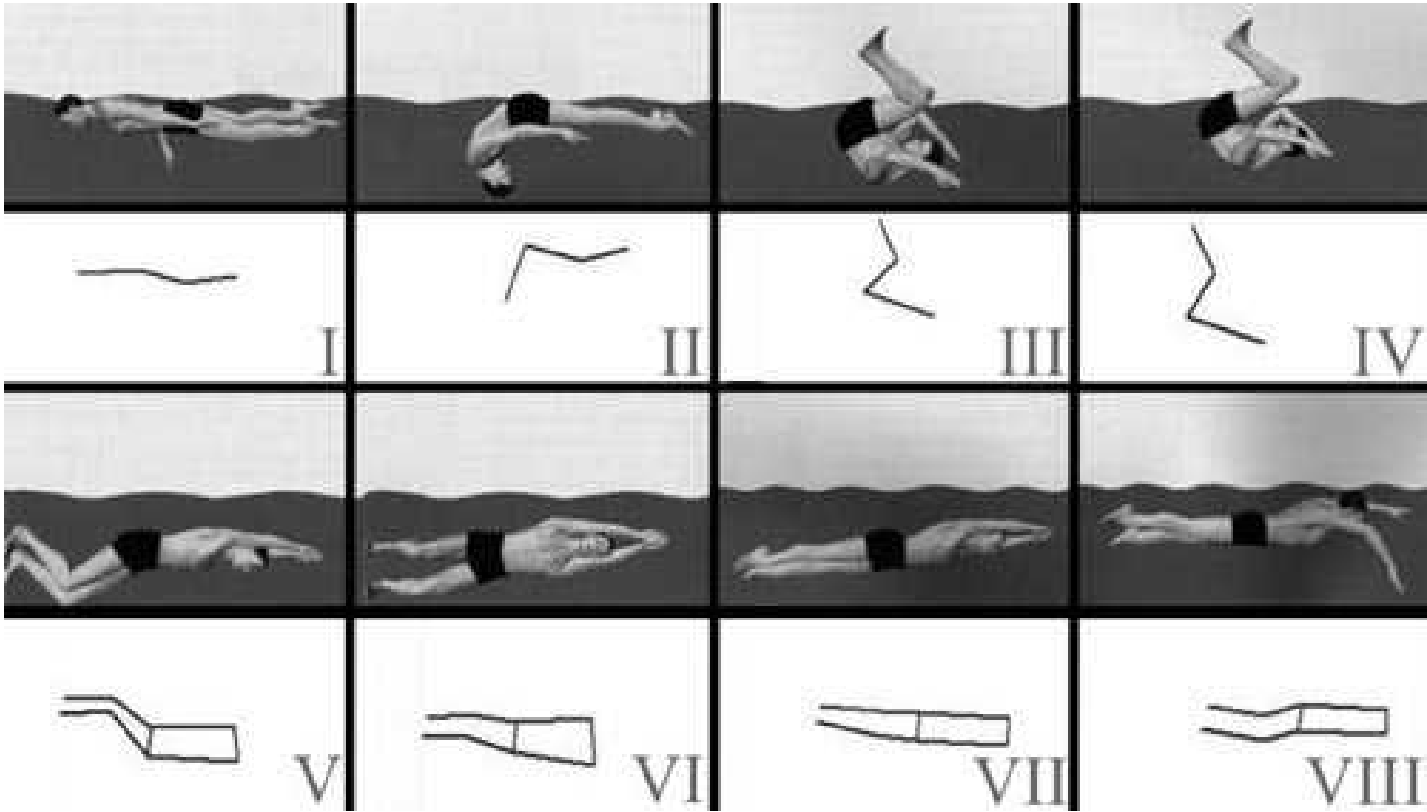
Gyorsúszás rajt után

Delfin mozgás



After the swimmer entered the water from a diving start the velocity decreased rapidly and then showed fluctuations related to the repeated leg flexions and extensions known as dolphining (Figure 13). In this section the mean velocity of was 1.70 m/s. During swimming the crawlstroke the velocity was 1.82 m/s. It is apparent that this swimmer should limit dolphining to three cycles and then begin swimming.

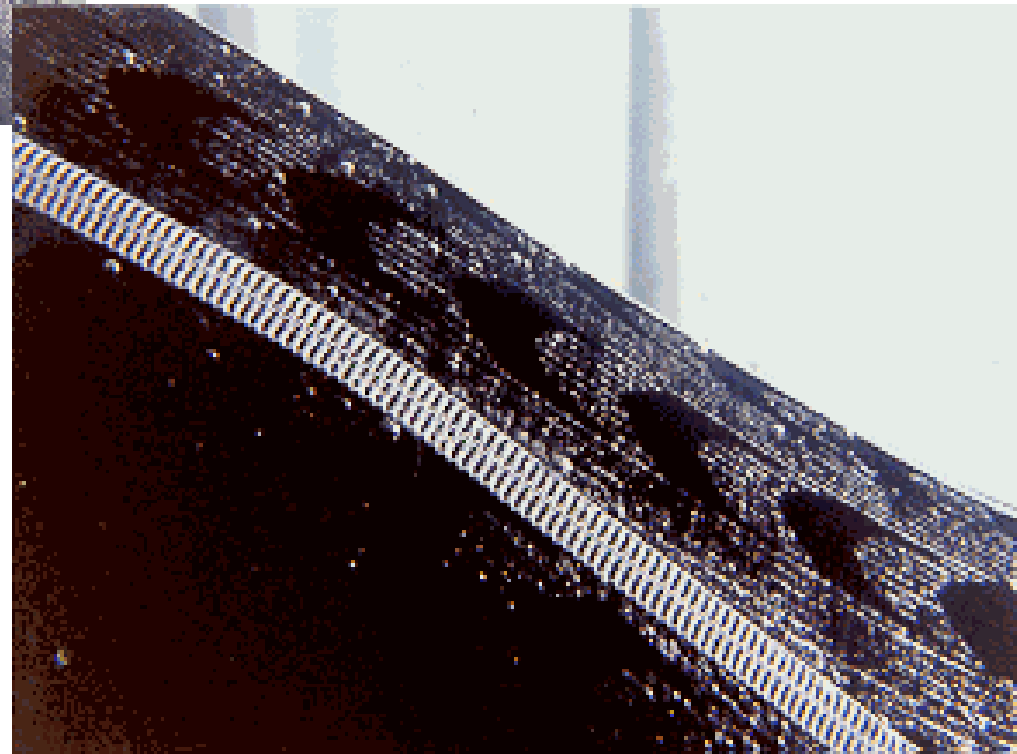
Forduló fázisai



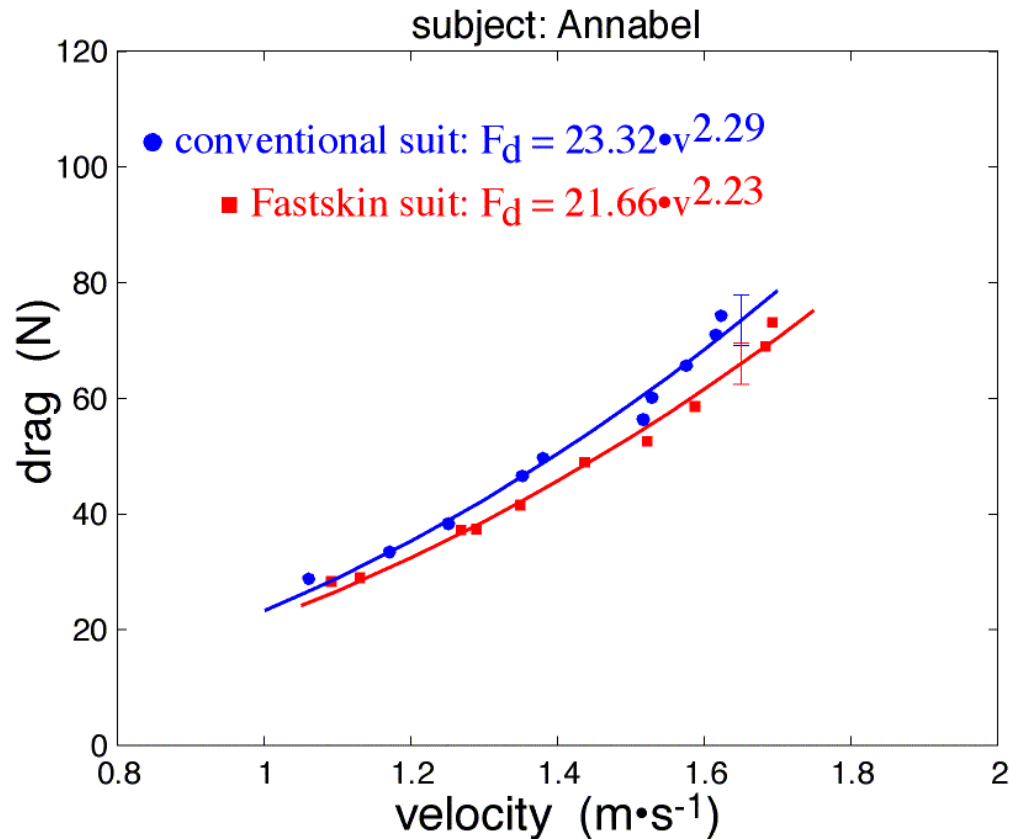
III-IV fázisban legkisebb tehetetlenségi nyomaték elérése a cél a lehető legnagyobb fordulási szögsebesség elérésének érdekében



Buborékok a ruhán

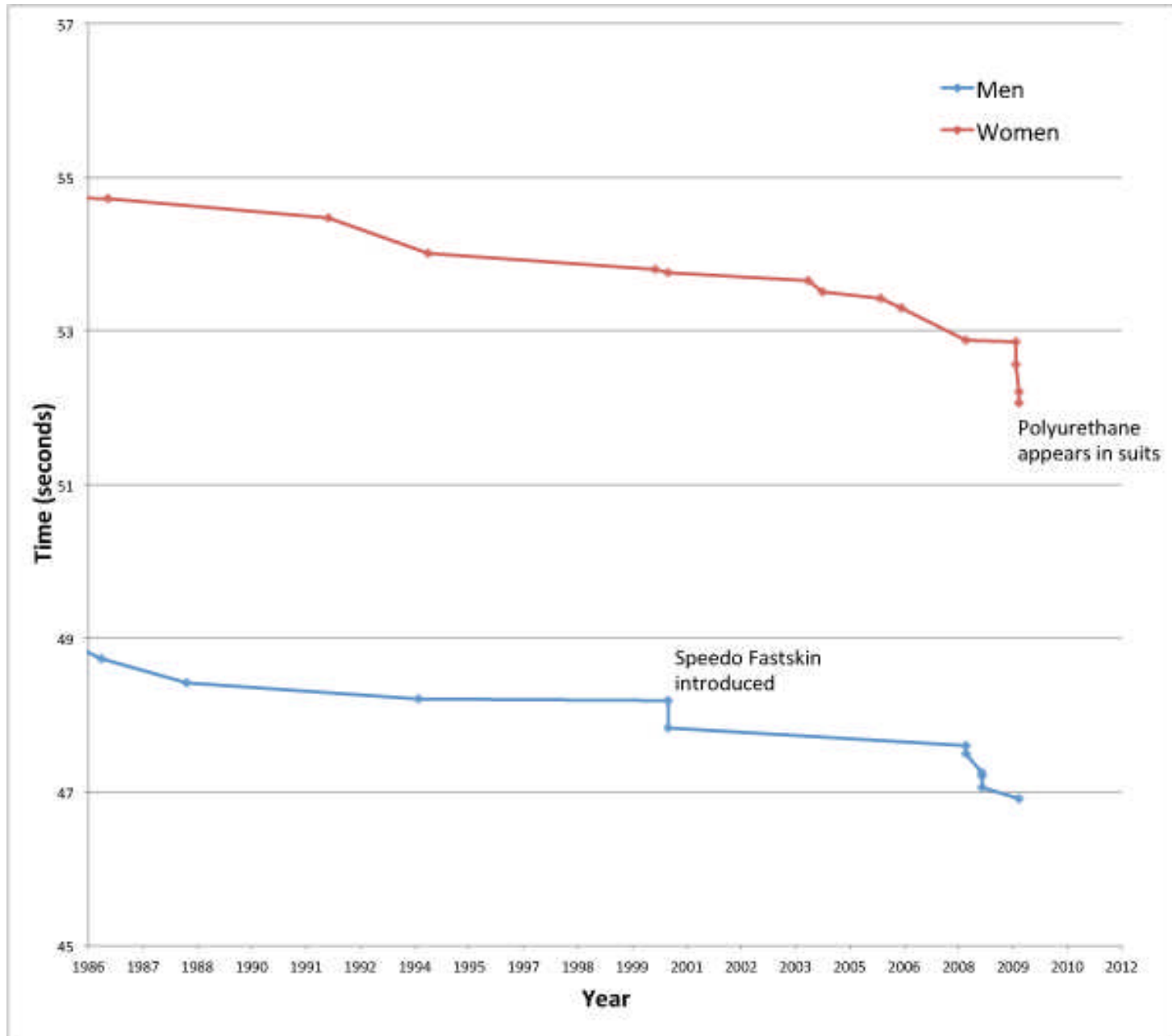


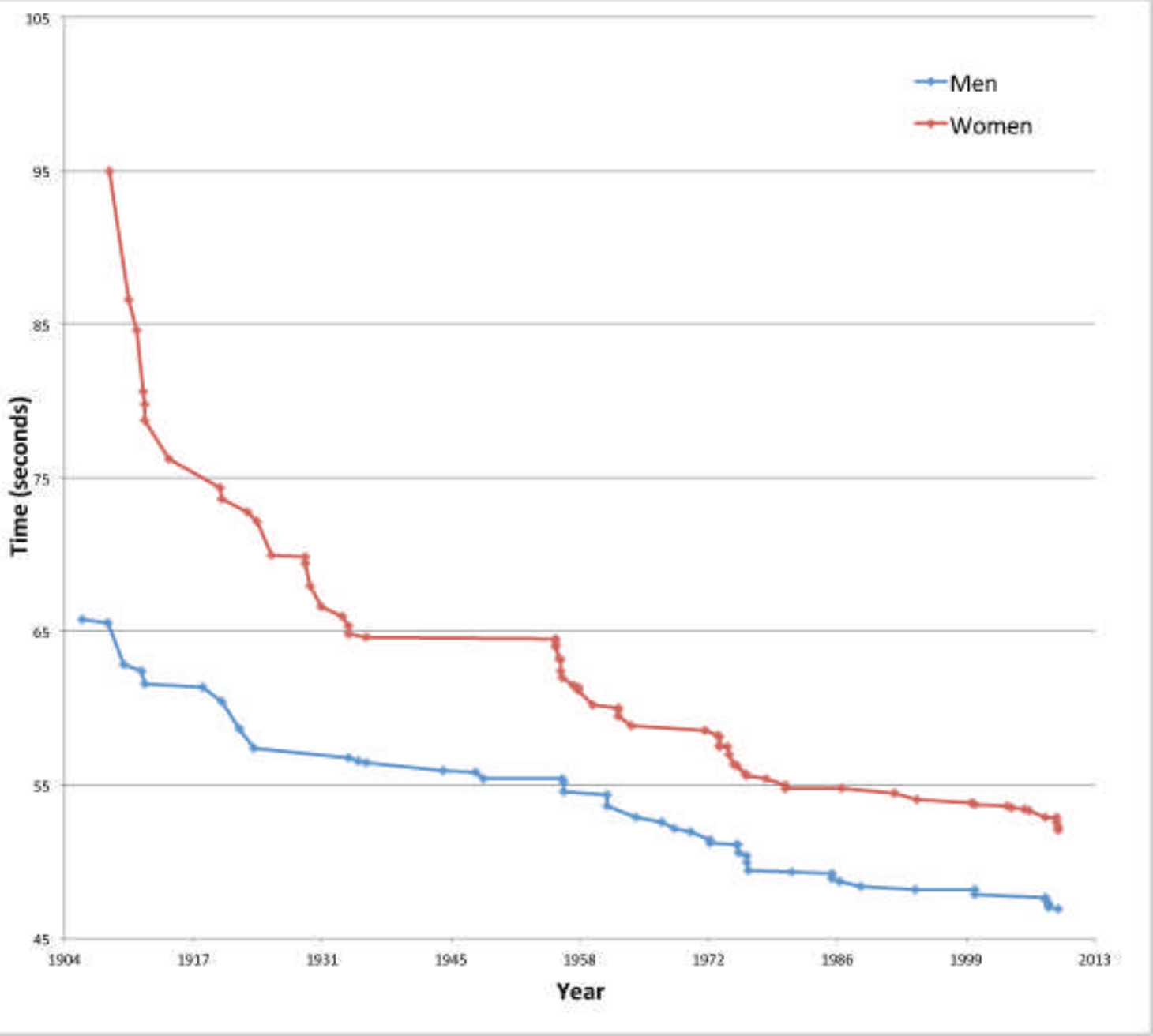
A közegellenállás és az úzás sebességének kapcsolata hagyományos és fastskin öltözékekben egy élvonali úszónál.



Nagy sebességnél jelentős különbség a két féle öltözék között. Ugyanazon sebességnél kisebb a közegellenállás fastskin öltözékekben.

Világcsúcsok





V
i
l
á
g
c
s
ú
c
s
o
k

Fastskin ruhák előnyei

1. Kis buborékok megtapadnak – nagyobb felhajtóerő, vízszintesebb testhelyzet, kisebb homlokfelület
2. Kisebb közegellenállás
3. Kevésbé turbulens áramlás