

Ütések biomechanikája

Ember-ember: boks, jégkorong, rögbi

Ember – sportszer: röplabda

Sportszer-sportszer: tenisz, ping-pong, golf

Tenisz

A húrozás szerepe

Labda az ütközési energia 40-45%-át nyeli el

Az ütő húrja az ütközési energia 8-10%-át nyeli el

Ha keményebb a húrozás

Labda deformációja nagyobb

Nagyobb veszteség

Kisebb sebesség az
ütközés után

Rövidebb ütközési idő

Pontosabb irányíthatóság

Ha lágyabb a húrozás

Húr deformációja nagyobb

Labda deformációja kisebb

Kisebb veszteség

Nagyobb sebesség az
ütközés után

Hosszabb ütközési idő

Pontatlanabb irányíthatóság

Szerva



A snapshot of Andy Roddick's record serve (246 km/h), showing the contribution (in percentages) of the involved body segments and partial body movements.

$$m_{\text{teniszlabda}} = 58g$$

$$s_{\text{ütke}} = 30cm$$

$$v_{\text{szerva}} = 210 \frac{km}{h} = 58.3 \frac{m}{s}$$

$$a_{\text{átl}} = \frac{v^2}{2s} = 5671.2 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{\text{átl}} = m * a_{\text{átl}} = \\ 0.058 * 5671.2 = 328.9N$$

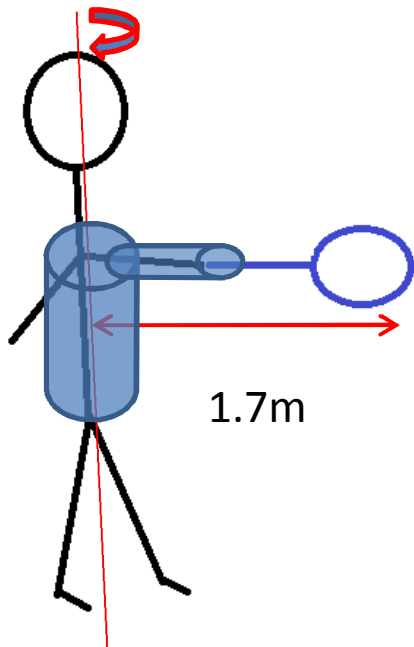
$$F_{\text{max}} = F_{\text{átl}} * \sqrt{2} = 463.8N$$

Ütési sebességek

Table 1 Linear velocities of the hand, tip of the racket and ball velocities prior to and after impact with the ball ($\text{km}\cdot\text{hr}^{-1}$) and the peak racquet angular velocity

Player	Strokes	Hand Prior	Hand After	Tip Prior	Tip After	Ball Prior	Ball After	Peak Racket Ang. Velocity $\text{Rad}\cdot\text{sec}^{-1}$	Translation Phase cm
Agassi	Backhand	22.5	28.3	96.6	27.5	43.6	126.4	46.2	35.6
Clijsters	Backhand	27.4	27.2	83.4	72.6	35.7	123.1	18.6	116.8
Clijsters	Serve	33.0	25.4	72.6	76.3	47.0	141.1	48.1	NA
Federer	Backhand	39.3	42.2	125.2	92.5	44.7	136.1	56.9	78.7
Federer	Serve	37.3	34.3	110.6	108.6	22.3	152.6	61.9	NA

A mozgási energia hány %-a fordítódik a labda gyorsítására?



$$v_r = 71 * 1.6 = 114 \frac{km}{h} = 31.5 \frac{m}{s}$$

$$\omega = \frac{v}{r} = 18.6 s^{-1}$$

$$\theta_{törzs} = 0.3938 kgm^2 \quad \theta_{kar} = 0.9687 kgm^2$$

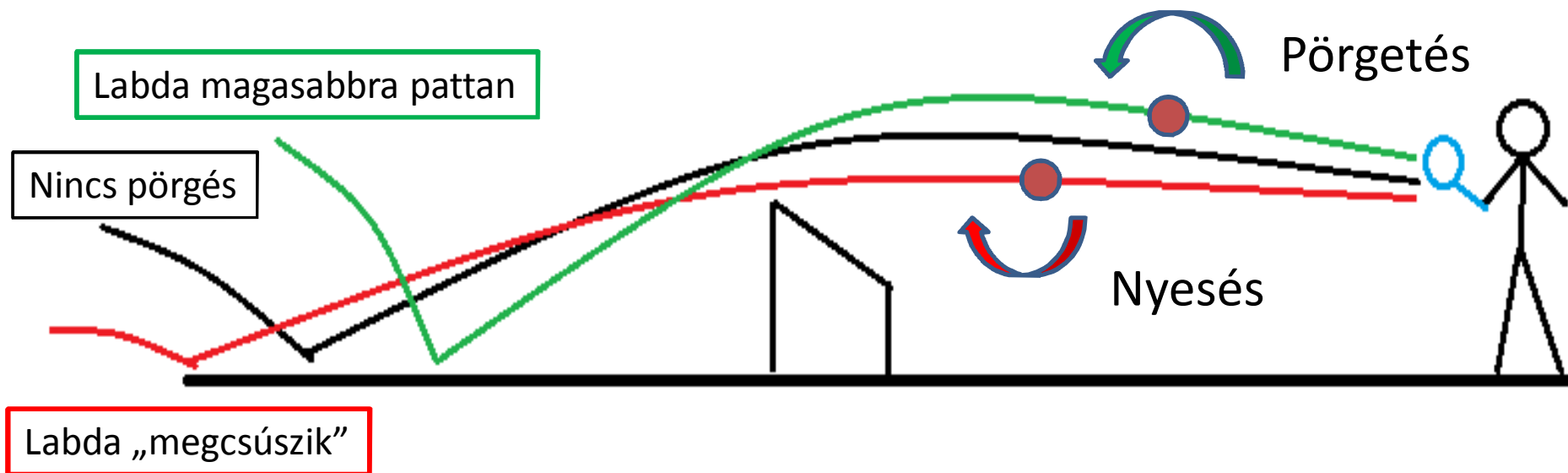
$$E_{forg} = \frac{1}{2} \theta \omega^2$$

$$E_{forg} = \frac{1}{2} 0.9687 * 18.6^2 + \frac{1}{2} 0.3938 * 18.6^2 = 235 J$$

$$E_{mozglabda} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 0.058 * 34^2 = 32.2 J$$

$$\frac{E_{mozglabda}}{E_{forg}} = \frac{32.2}{235} = 0.13 \Rightarrow 13\%$$

A pörgetés

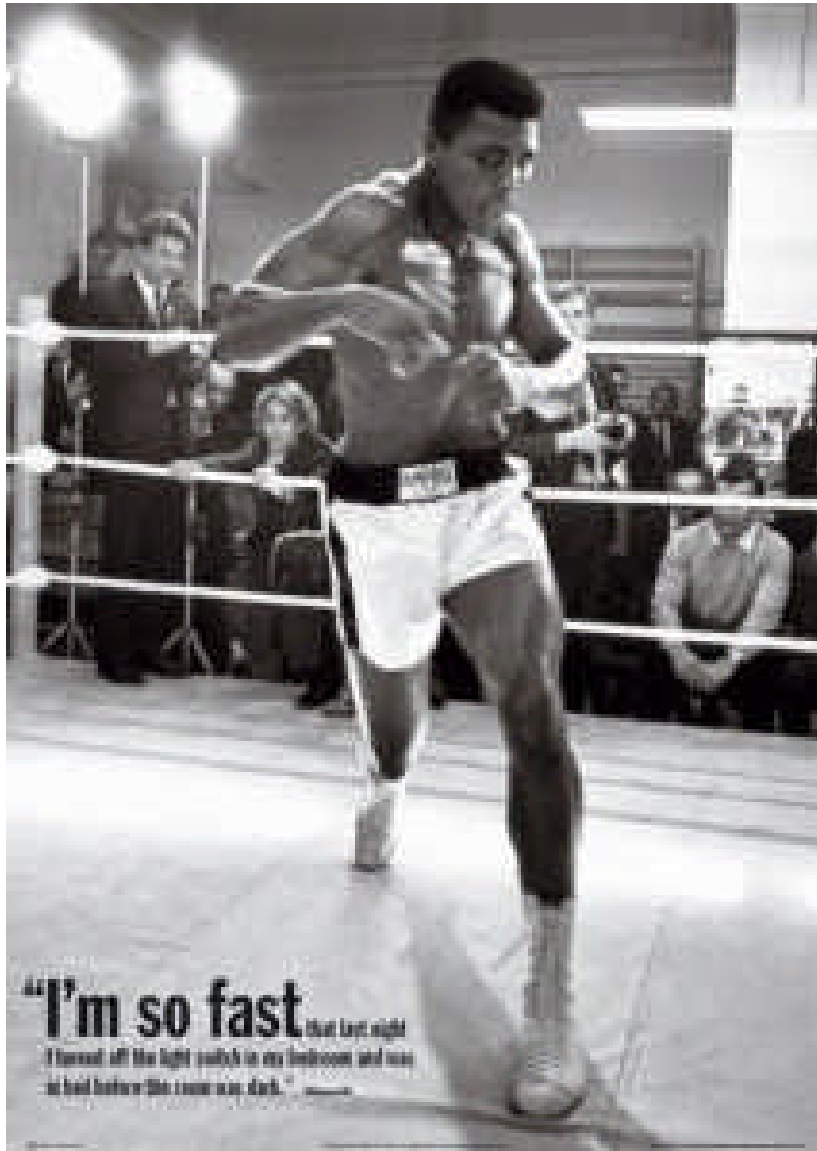


A labda forgása miatt transzlációs mellett rotációs energiával is rendelkezik

FOREHAND SPIN RATES

PLAYER	RANGE	AVERAGE
RAFAEL NADAL	1,800–4,900 r.p.m.	3,200 r.p.m.
ROGER FEDERER	1,400–4,500 r.p.m.	2,700 r.p.m.
ANDY RODDICK	1,400–4,200 r.p.m.	2,700 r.p.m.
MARAT SAFIN	900–3,300 r.p.m.	2,200 r.p.m.
LLEYTON HEWITT	1,300–3,700 r.p.m.	2,200 r.p.m.
ANDRE AGASSI	1,200–3,300 r.p.m.	1,900 r.p.m.
PETE SAMPRAS	1,000–3,400 r.p.m.	1,800 r.p.m.

Source: Advanced Tennis Research



Az ütés erejének:

27%-a a kar izmaitól

73%-a a törzs és láb izmaiból
származik

Performance Boxing

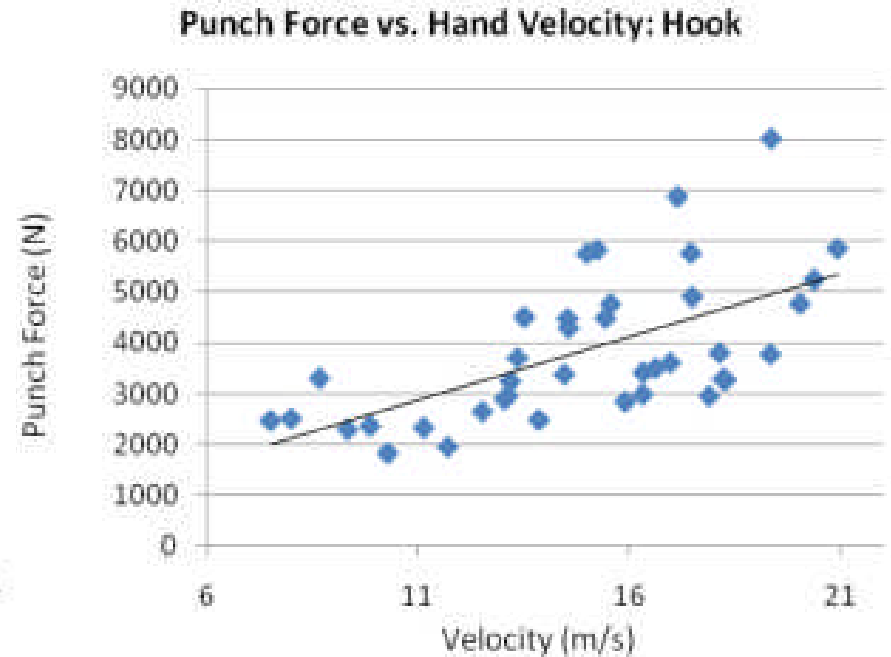
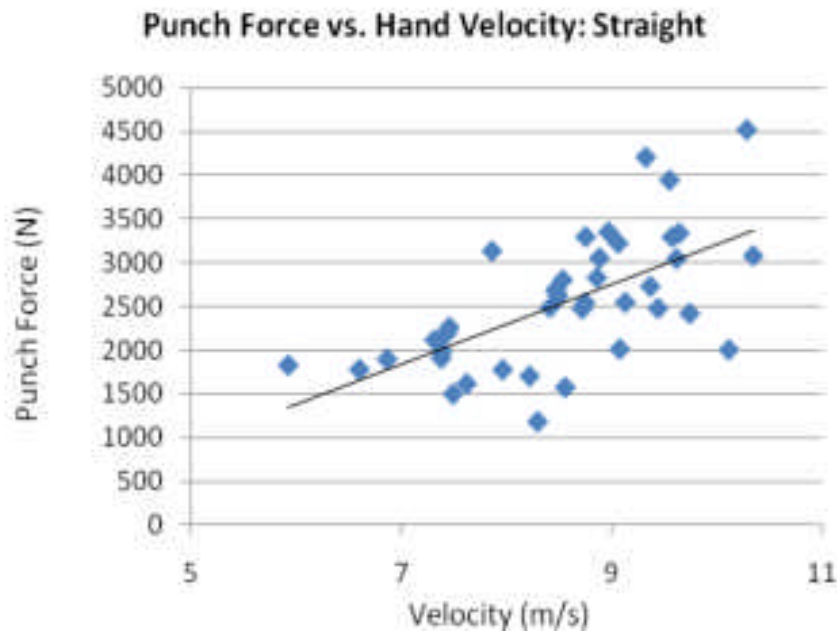
Támasztó (hátsó) láb: 38.46%

kar és vállizmok: 24.12%

Törzs rotáció és transzláció: 37.42%

John Cooper BBA, CSCS

Ütőerő és ütési sebesség kapcsolata

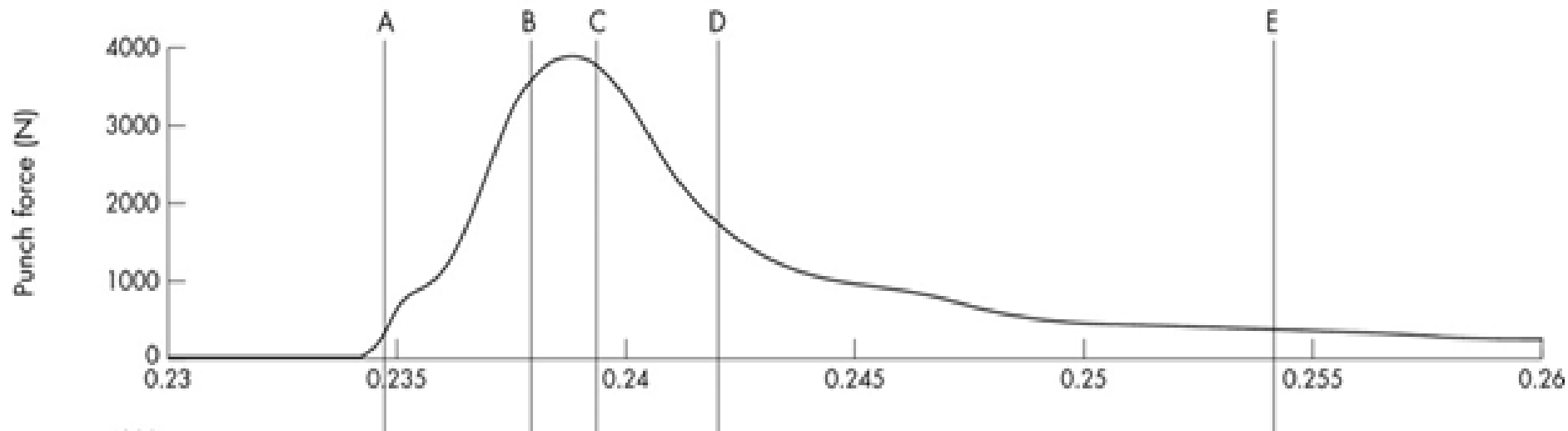


AMATEUR BOXER BIOMECHANICS AND PUNCH FORCE Jacob Mack, Wayne State University, Michigan, USA 2010



Ütési erő – idő görbe

Punch dynamics showing time history of impact responses.



Walilko T J et al. Br J Sports Med 2005;39:710-719

Erőhatás ha az alkar szabadon mozog

Erőhatás ha az ütés pillanatában az izmok feszesek

$m_{\text{alkar+kesztyű}}=5\text{kg}$

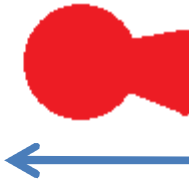
$m_{\text{fej}}=6\text{kg}$

$m_{\text{testmozog}}=40\text{kg}$

Ütés előtt

Ütés

Ütés után



$v_2=0$

v_1

u_2

u_1

$$u_2 = \frac{(m_2 - km_1)v_2 + (1 + k)m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

$$u_2 = 7,27 \frac{m}{s}$$

$$u_2 = 58,18 \frac{m}{s}$$

$$a_2 = \frac{v}{t} = \frac{7,27}{0,2} = 36,35 \frac{m}{s^2}$$

$$a_2 = \frac{v}{t} = \frac{58,18}{0,2} = 290,9 \frac{m}{s^2}$$

$F=181.75\text{N}$

$F=1454.5\text{N}$

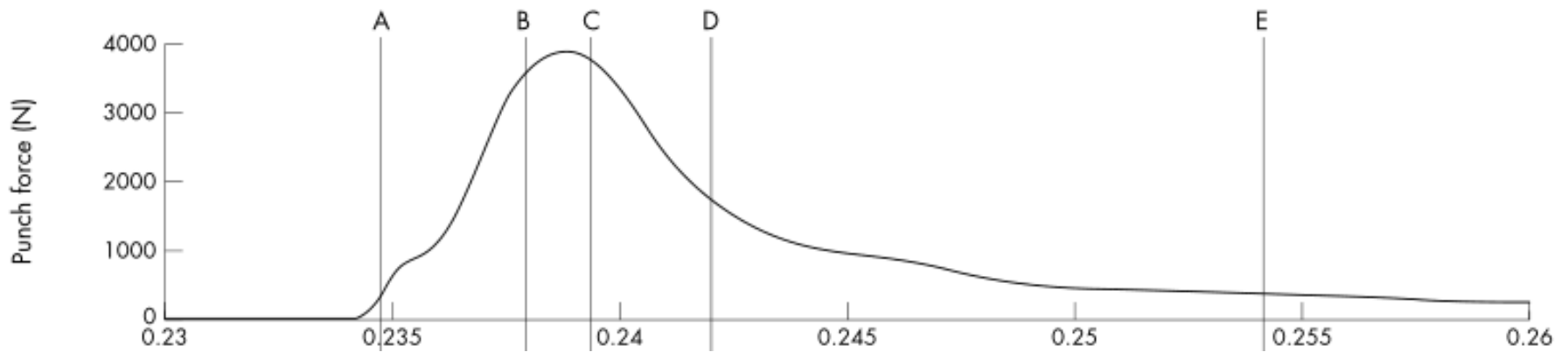
Ütéseknél fellépő erők – különböző testsúly esetén

Table 1 Measured testing of Olympic boxers

Class	ID	Wgt, lb	Force, N	Hand vel., m/s
Light welterweight	us019-1	139	2021	13.4
	us019-2	139	2782	10.7
	us019-3	139	3072	11.7
	Avg.		2625	11.9
	SD		543	1.4
Middleweight	us033-1	165	1990	10.8
	us033-2	165	3119	11.5
	us033-3	165	3621	9.4
	Avg.		2910	9.2
	SD		835	1.8
Super heavyweight	us020-2	201	4082	8.9
	us020-3	201	4274	6.1
	us035-1	240	4113	8.7
	us035-2	240	4516	10.6
	us035-3	240	4741	7.0
	Avg.		4345	8.3
	SD		280	1.8

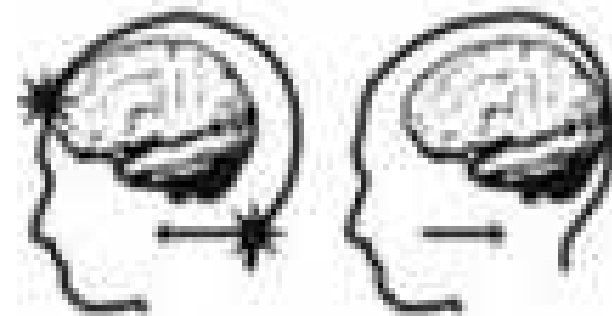
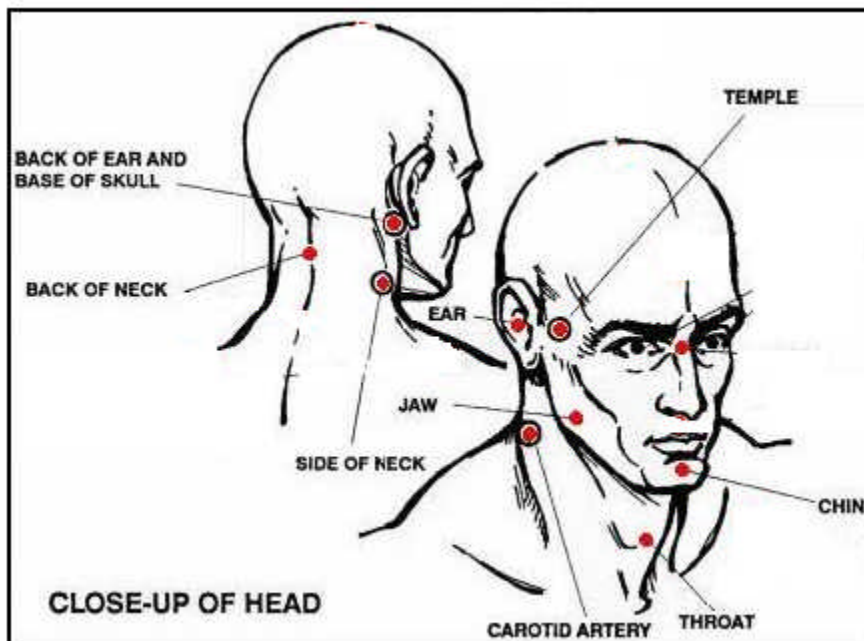
Fej lineáris, és nyak körüli rotációs gyorsulása

Class	ID	Wgt, lb	Linear accel, g	Rot. accel, rad/s ²
Light welterweight				
	us019-1	139	33	4479
	us019-2	139	47	6826
	us019-3	139	51	5401
	Avg.		44	5569
	SD		9	1182
Middleweight				
	us033-1	165	37	4894
	us033-2	165	50	6634
	us033-3	165	59	8298
	Avg.		49	6609
	SD		11	1702
Super heavyweight				
	us020-2	201	70	6318
	us020-3	201	71	8953
	us035-1	240	68	6431
	us035-2	240	78	8844
	us035-3	240	67	8145
	Avg.		71	7738
	SD		4	1284



Biomechanics of the head for Olympic boxer punches to the face
T J Walilko, D C Viano, C A Bir. J. Sports Med. 2005.

Kiütés – kiütési pontok



Az agy tehetetlensége miatt nekipréselődik a koponyának
lokálisan oxigénhiány lép fel

A törzs edzhető az ütésekkel szemben, a fej nem
Magasabb súlycsoportokban gyakoribb a kiütés

Milyen tényezőkön múlik az ütés „ereje”

- Ütközés
- sebessége
 - időtartama
 - tömeg
 - ütközési felület
 - ütközési szám

$$F = m * \frac{\Delta v}{\Delta t} = m * a$$

$$E = \frac{1}{2} m * v^2$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$u_2 = \frac{(m_2 - km_1)v_2 + (1 + k)m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

Röplabda



Spike Approach Footwork
LEFT, RIGHT- LEFT APPROACH (For Right Handed Hitters)

Horizontal Momentum → **Control Your Feet**

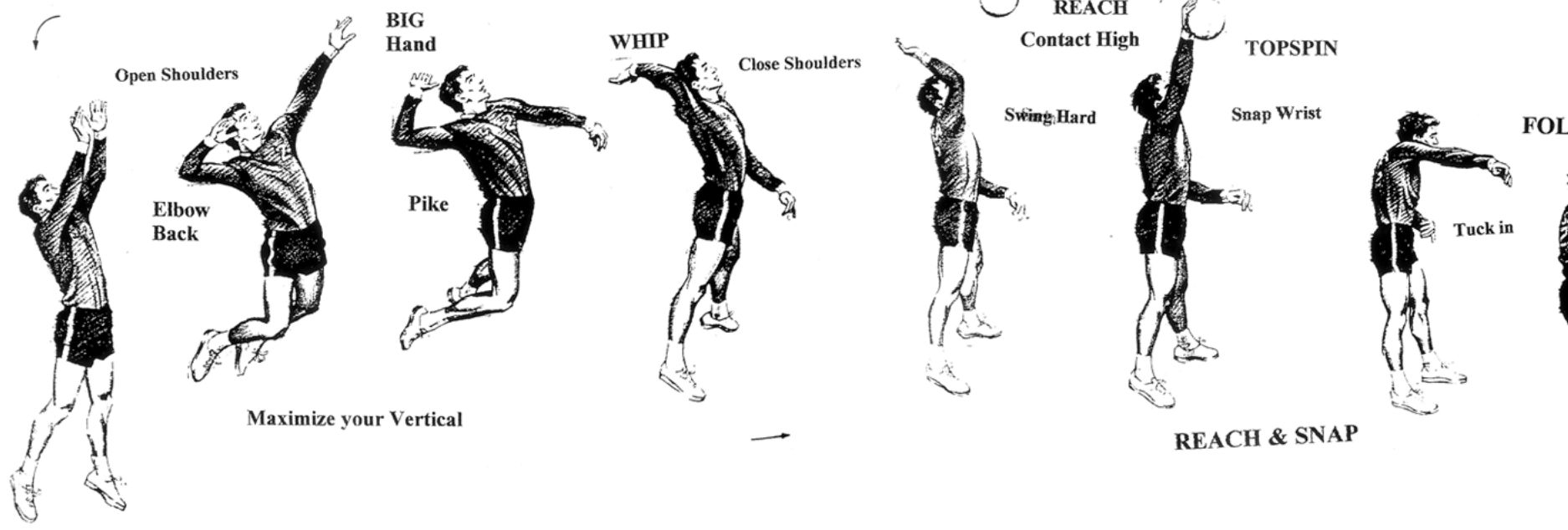
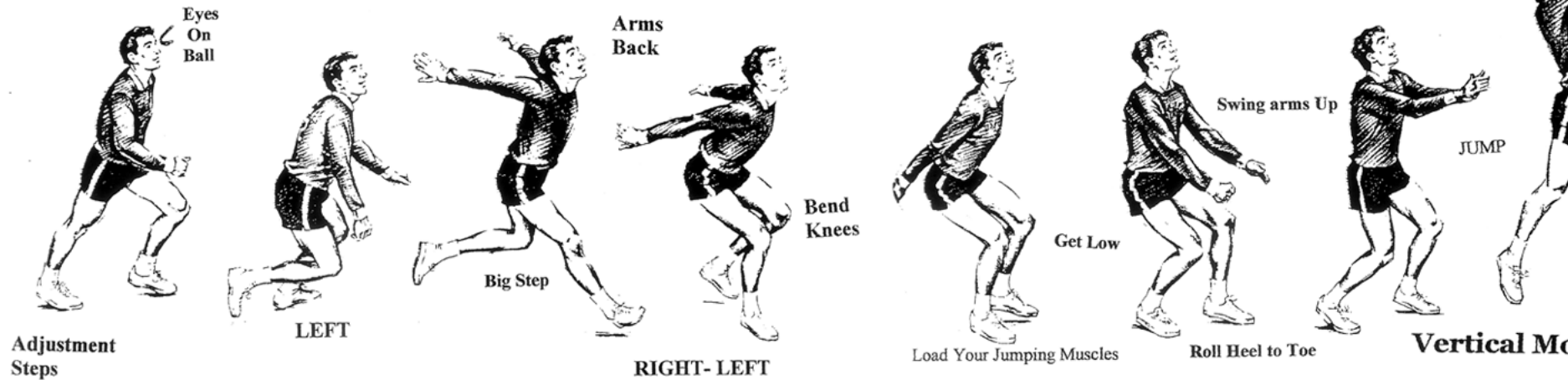
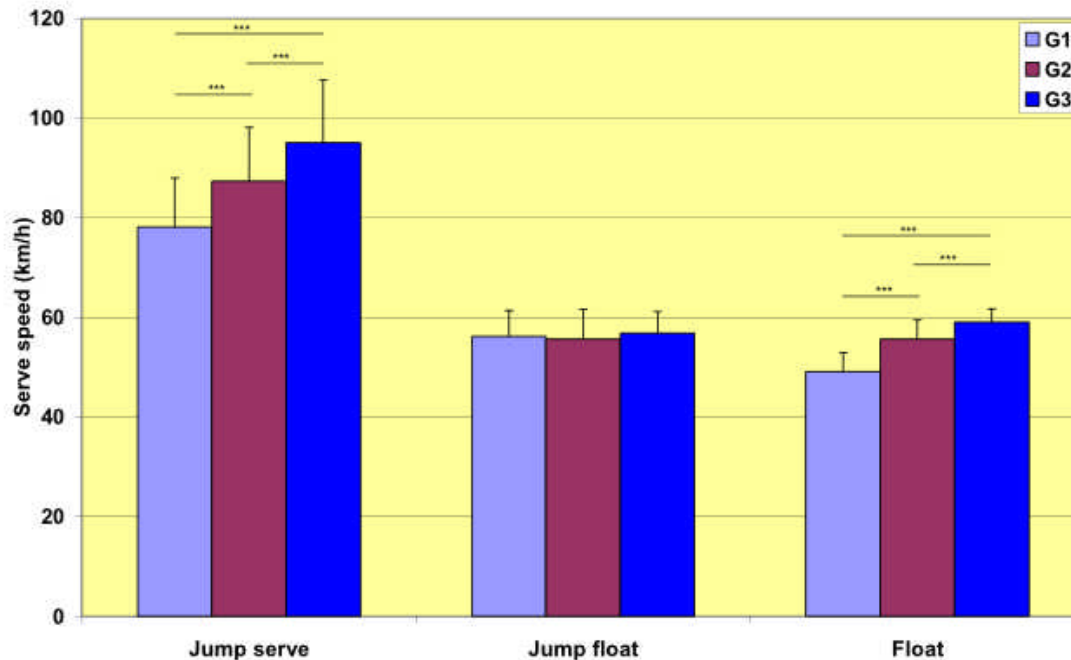




Table 2 Variables of the one-foot and two foot back row jump spike

	One-foot spike (N=4)		Two-foot spike (N=4)		Effect size
	Mean	S.D	Mean	S.D	
$V_{X_{max}}$ of CM (m/s)	5.31	0.09	4.28	0.33 *	1.72
$V_{X_{takeoff}}$ of CM (m/s)	3.23	0.42	2.21	0.33 *	1.18
$V_{Y_{takeoff}}$ of CM (m/s)	3.55	0.39	3.79	0.43	
Spike time (ms)	342	14	403	8*	4.62
Jump height (cm)	49.5	6.6	59.5	5.4	
Hand V at impact (m/s)	19.75	1.42	19.55	1.65	
Elbow angular V at impact (rad/s)	25.9	4.8	23.7	5.7	
Initial ball V (m/s)	27.6	3.3	26.7	1.2	
CM horizontal displacement during flight phase (m)	1.13	0.2	0.87	0.26	
* p< .05					

Röplabda nyitás



pörgetett felugrásos

felugrásos
lebegő

lebegő

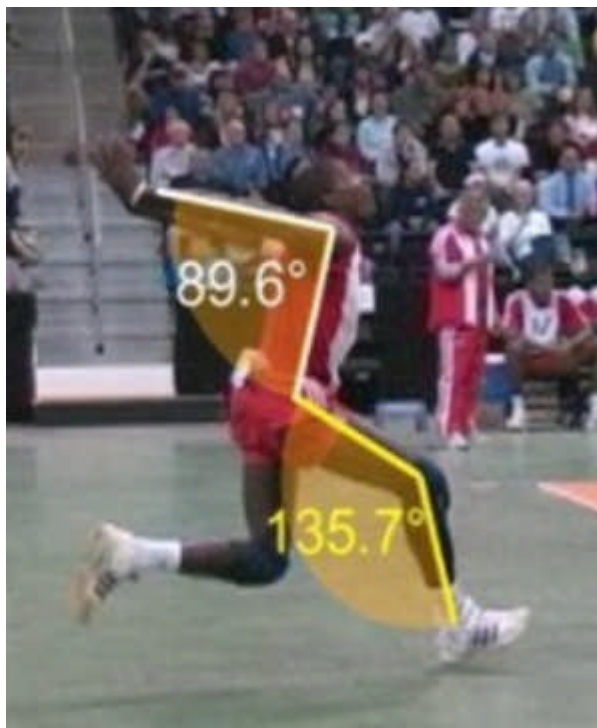


Table 1 Lower limb maximum angular velocities and timing (prior to take-off)

		Hip		Knee		Ankle	
		Dom	Non-Dom	Dom	Non-Dom	Dom	Non-Dom
Maximum Angular Velocity ($^{\circ} \cdot s^{-1}$)	Mean	441	637	565	612	770	625
	S.D.	153	148	161	188	232	200
Time prior to Take-off at which Max Angular Velocity occurs (s)	Mean	0.15	0.07	0.11	0.07	0.09	0.05
	S.D.	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02

Centre of mass horizontal and vertical velocities at take-off were 2.76 ± 0.35 m/s and 2.77 ± 0.35 m/s respectively