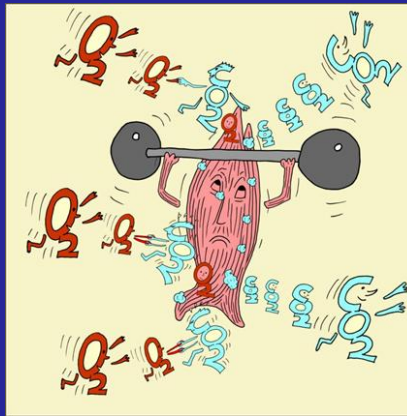




Az állóképesség élettani háttere és mérésének lehetőségei

Dr. Györe István

Testnevelési Egyetem

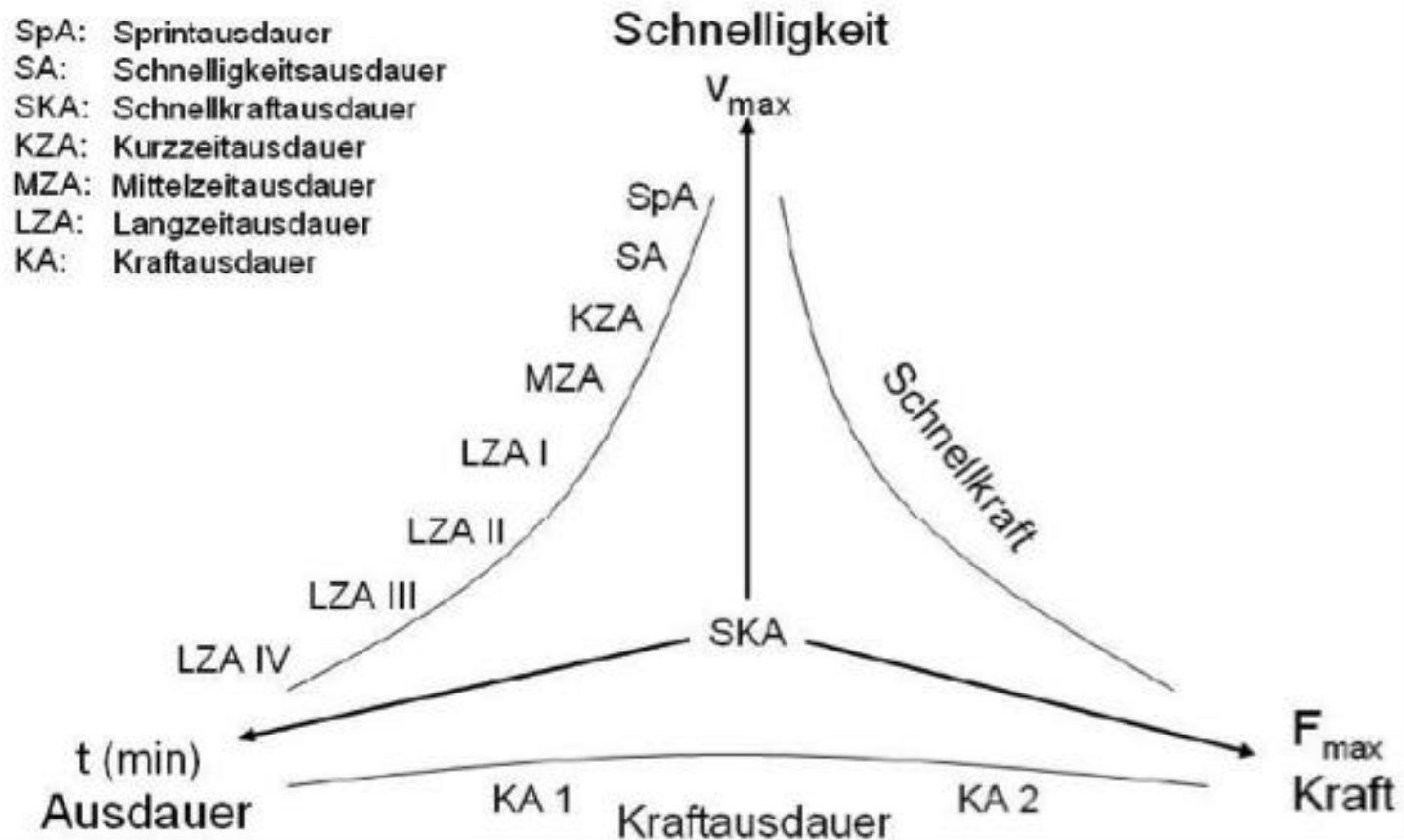
Sporttudományi és Diagnosztikai Laboratórium

Magyar Edzők Társasága Konferencia

Budapest

2017.12.07.

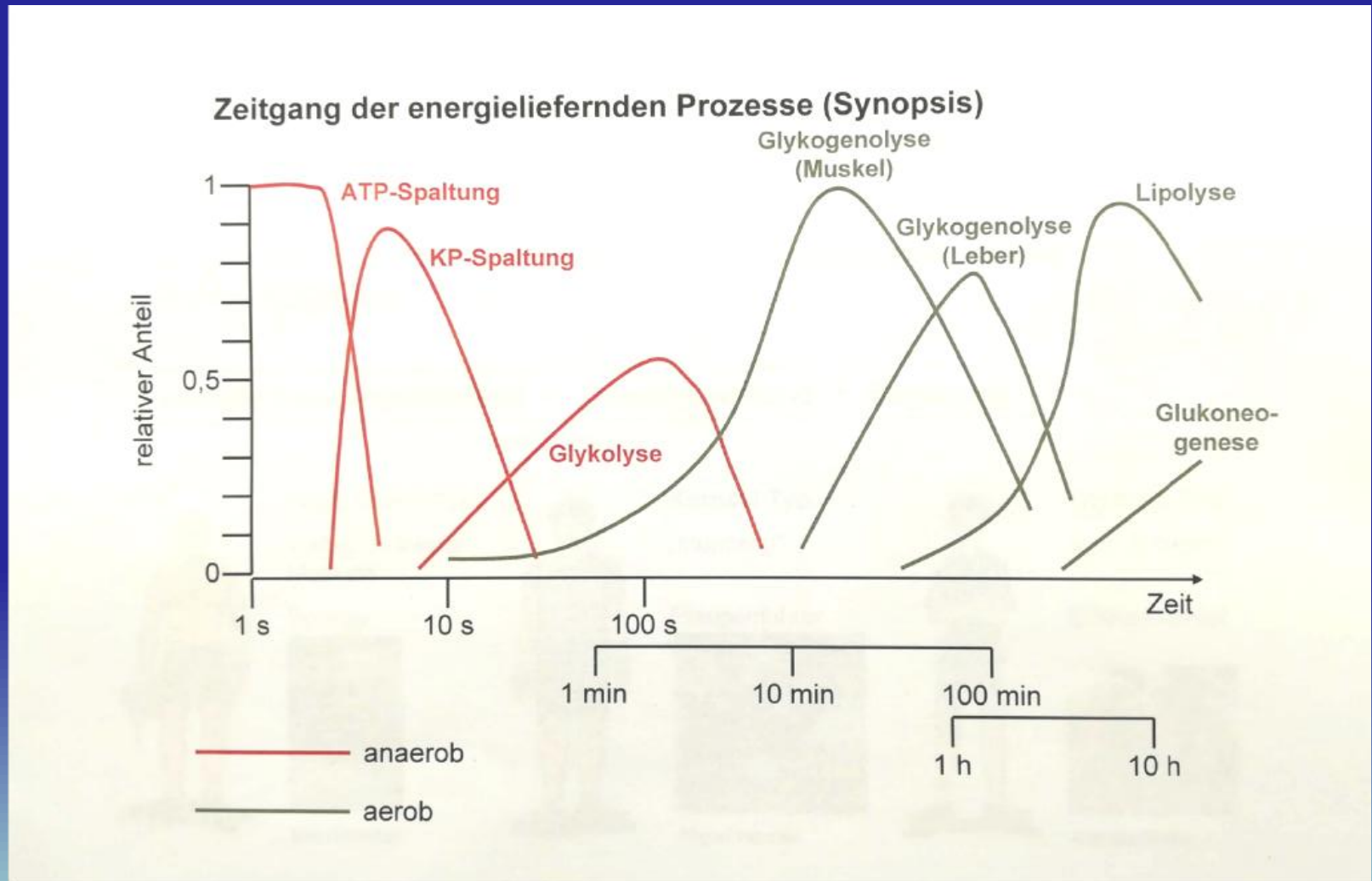
Teljesítményt meghatározó tényezők



Állóképesség felosztása

	KZA	MZA	LZA I	LZA II	LZA III	LZA IV
Terhelési idő	35" - 2'	2' - 10'	10' - 30'	30' - 90'	90' - 6 óra	6 - 48 óra
Pulzusszám (ütés/perc)	185 - 205	190 - 210	180 - 190	170 - 190	150 - 180	120 - 170
%VO2max	100	95 - 100	90 - 95	80 - 95	60 - 90	50 - 60
Tejsav (mmol/l)	(10-) 18	(12-) 20	(10-) 14	(6-) 8	4-5	<3
Energia felhasználás (kcal/perc)	60	45	28	25	20	18
Energia szükséglet (kcal)	50-100	100-300	400-800	> 800-1200	> 1200-6500	7500-13000
Anaerob/aerob	80 : 20 65 : 35	60 : 40 40 : 60	30 : 70 20 : 80	20 : 80 10 : 90	5: 95	1 : 99
Alactacid (%)	15 - 30	0 - 5	-	-	-	-
Laktacid (%)	50	40 - 55	20 - 30	5 - 10	<5	<1
Aerob (glikogén) (%)	20 - 35	40 - 60	60 - 70	70 -75	50 - 60	<40
Aerob (zsír) (%)	-	-	10	20	40 - 50	> 60 - 90
Szubsztrát felhasználás	glikogén, foszfát	glikogén	glikogén	glikogén, zsír	zsír, glikogén, aminosav	zsír, glikogén, aminosav (8-10%)

ATP reszintézis folyamatai a terhelési idő függvényében



Energiaszolgáltató rendszerek sebessége

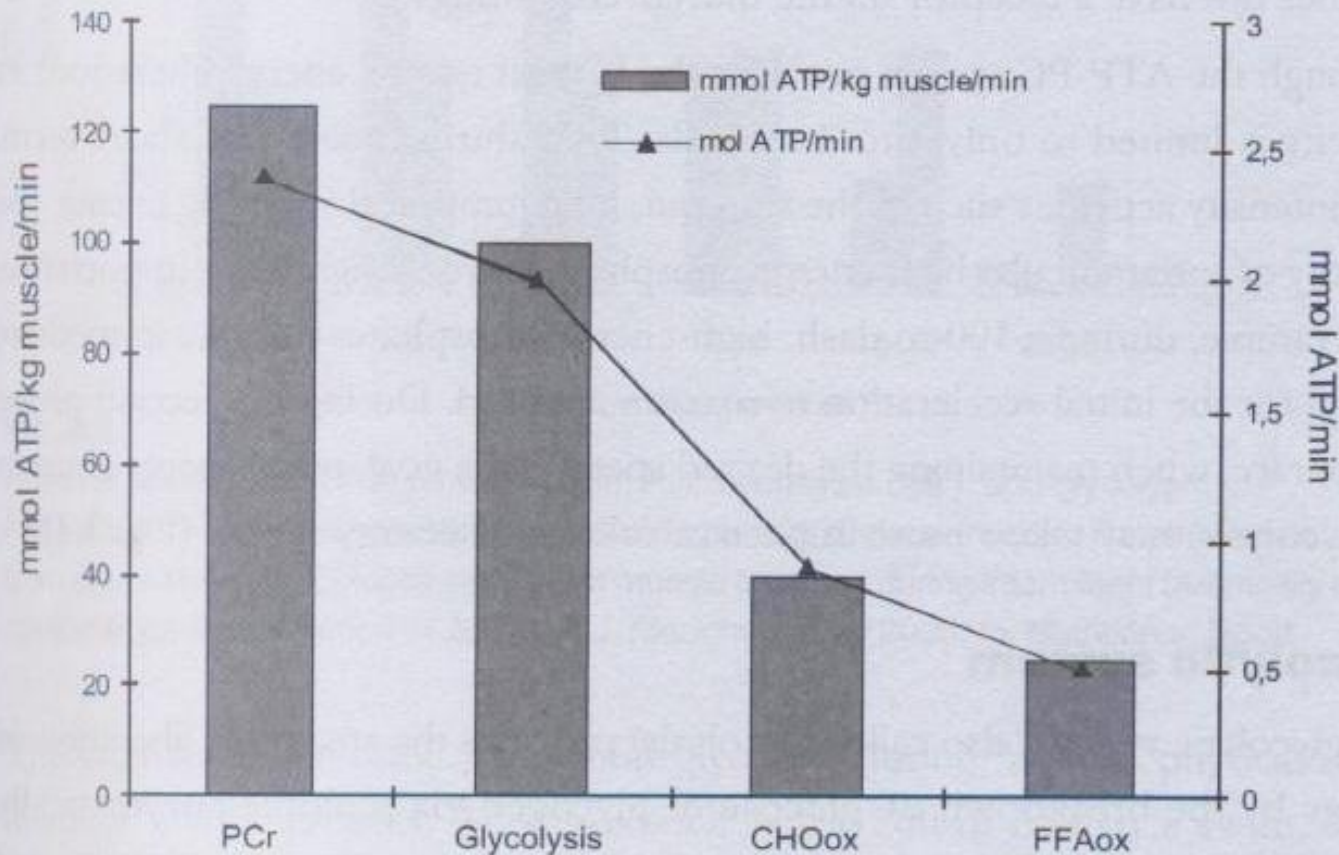
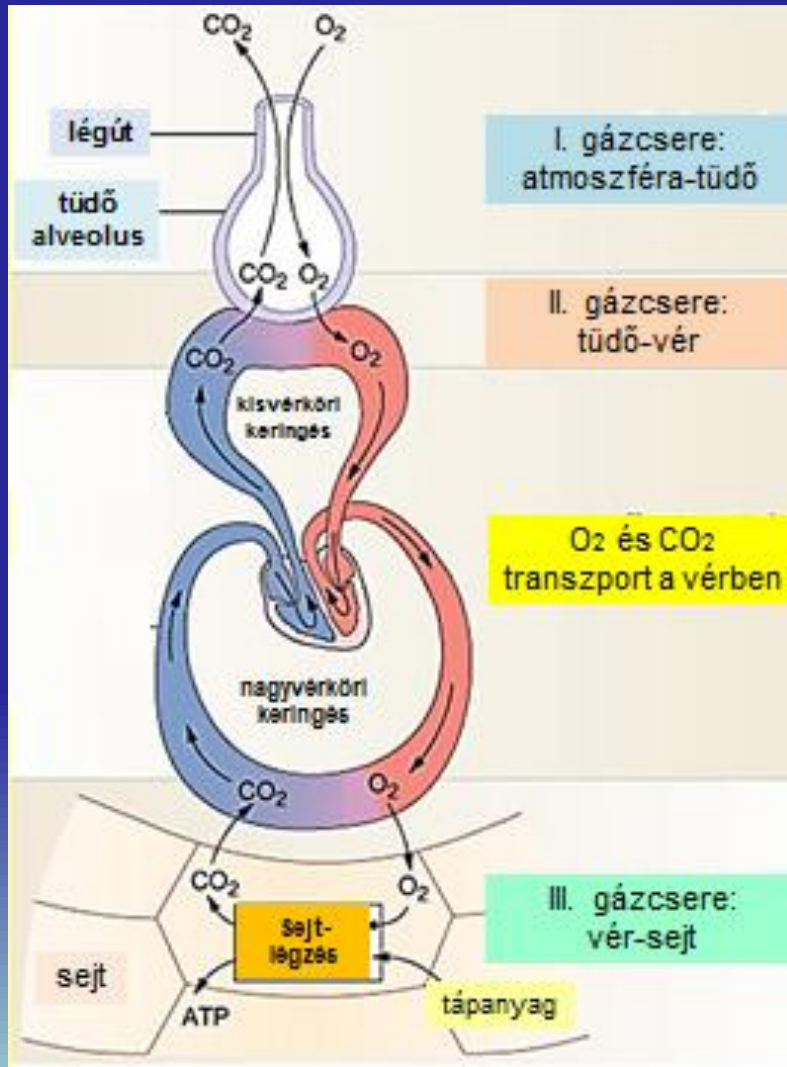


Fig. 3.3 Power of energy-yielding processes in human skeletal muscle; for further details see Henriksson & Sahlin 2002

A gázcsere szintjei



VO₂ és VCO₂ mennyiségi meghatározás (STPD)

$$VCO_2 = (VE * FECO_2) - (Vi * FiCO_2)$$

A szervezet 1 perc alatt hány liter CO₂-t távolít el (liter/perc)

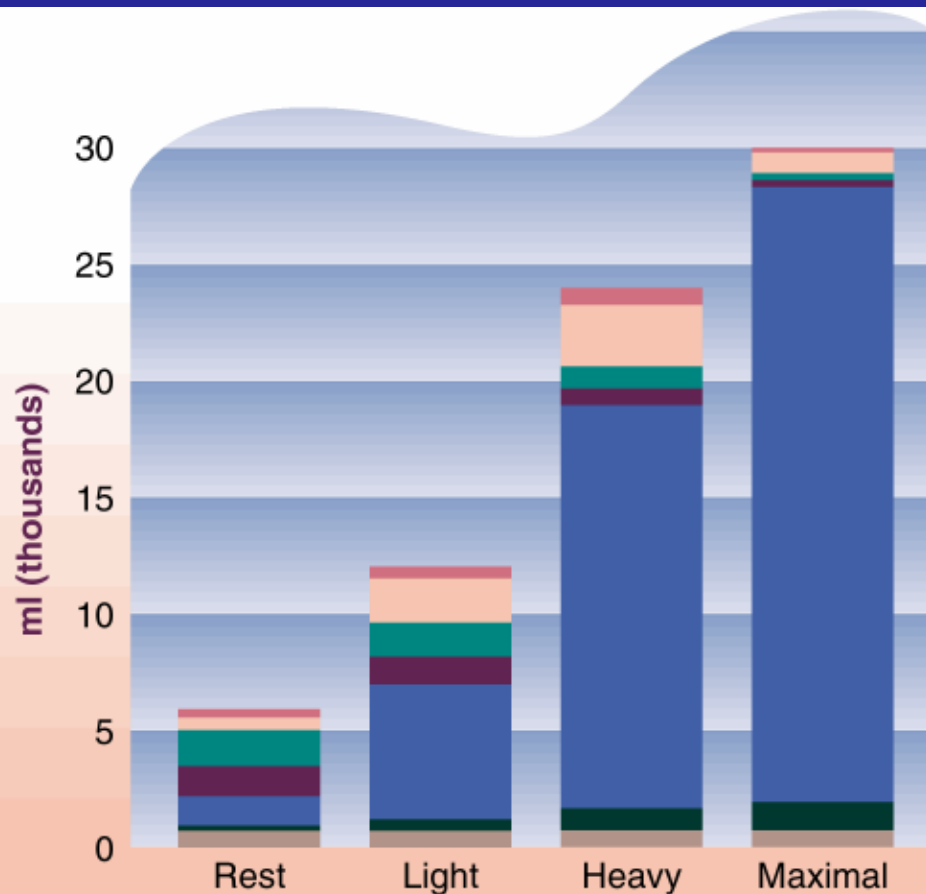
$$VO_2 = (Vi * FiO_2) - (VE * FEO_2)$$

A szervezet 1 perc alatt hány liter O₂-t vesz fel (liter/perc)

$$VE = V_{Tex} * BF$$

$$VE = \text{kilégzési térfogat} * \text{légzésszám}$$

Szívperctérfogat változása a terhelés intenzitás függvényében



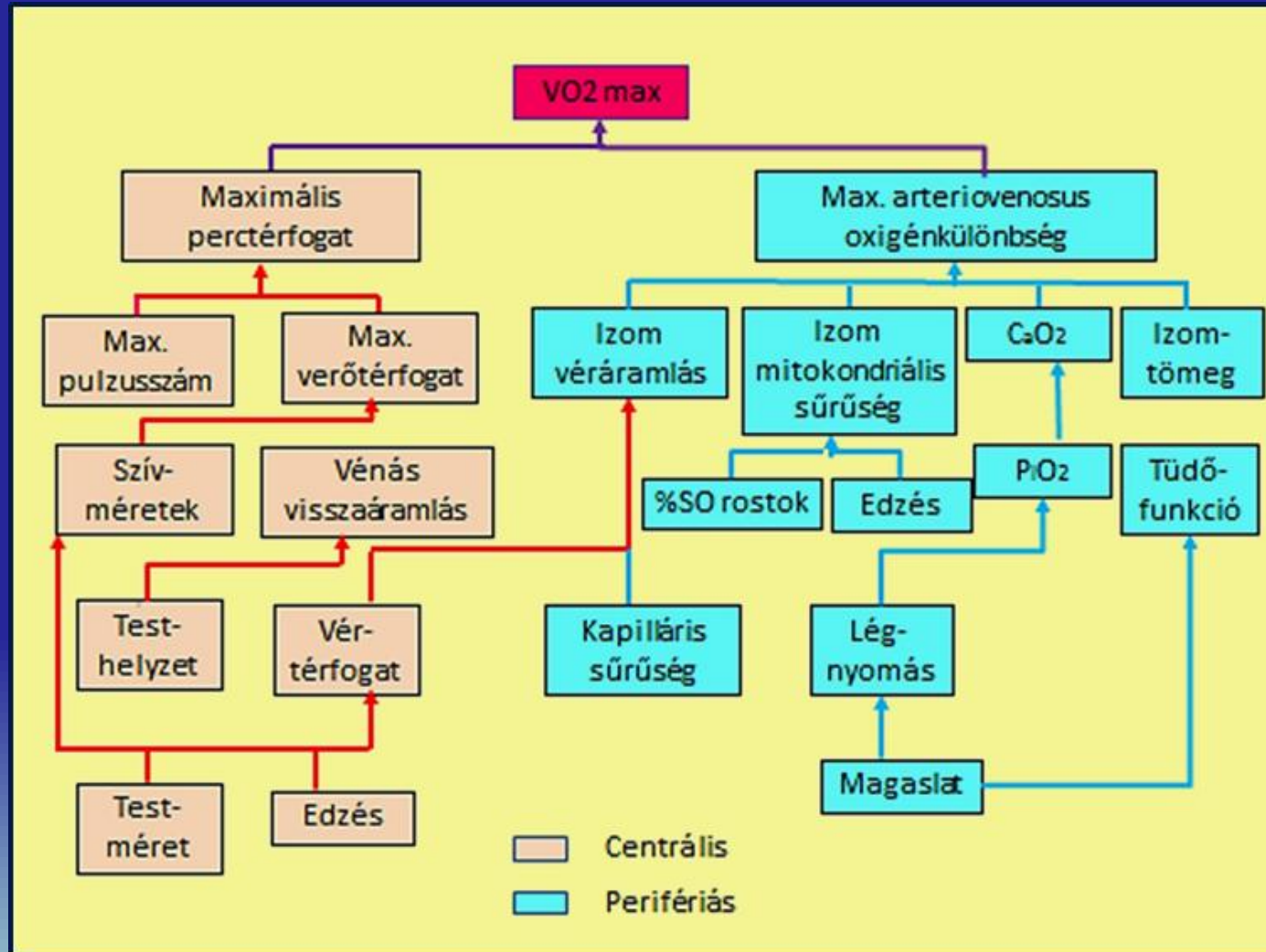
Absolute distribution of cardiac output during exercise

	Rest	Light	Heavy	Maximal
Others	0.36	0.48	0.72	0.18
Skin	0.54	1.9	2.64	0.9
Hepatosplanchnic	1.56	1.44	0.96	0.3
Renal	1.33	1.2	0.72	0.3
Muscle	1.26	5.76	17.28	26.4
Myocardial	0.24	0.48	0.96	1.2
Cerebral	0.72	0.72	0.72	0.72

Állóképességi teljesítmény mutatók

	Normál	Edzett	Normál	Állóképes	Csúcs	
	nyugalom	nyugalom	terhelés	terhelés	terhelés	
VO ₂	3,5	3,5	50	70	85	ml/perc/kg
VE	6	6	120-130	180-200	220-230	liter/perc
Q	5	5	25	35	40	liter vér/perc
Pulzus	72	50	190	190	200	1/perc
SV	70	100	140	180	200	ml
AnT	-	-	65%	75%	85%	

A maximális oxigénfelvételt meghatározó centrális és perifériás tényezők



Roberts, R.A., Roberts, S.O.: Exercise Physiology. Exercise, Performance, and Clinical Applications. Mosby-Year Book, inc.; 1977

Az aerob ventilációs küszöb meghatározása (VT1)

- $\dot{V}CO_2$ - $\dot{V}O_2$ (V-Slope)

$\dot{V}CO_2$ gyorsabban nő a $\dot{V}O_2$ -hez képest

- $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ – terhelési idő, teljesítmény

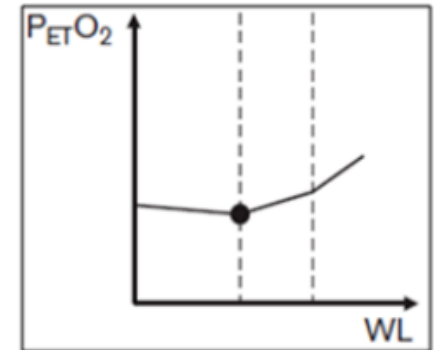
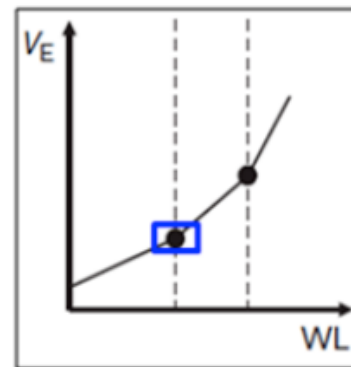
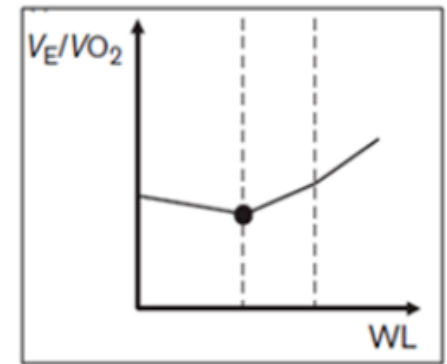
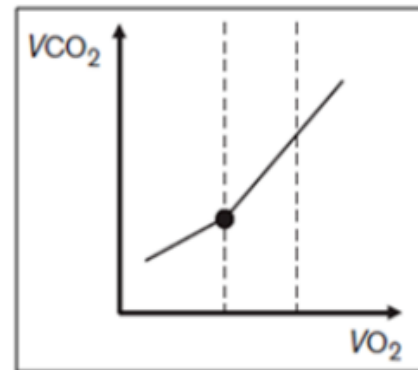
$\dot{V}E/\dot{V}O_2$ nő, de még a $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ stabil

- $\dot{V}E$ - terhelési idő, teljesítmény

$\dot{V}E$ első töréspontja

- $P_{ET}O_2$ - terhelési idő, teljesítmény

$P_{ET}O_2$ elkezd emelkedni



Az anaerob ventilációs küszöb meghatározása (V_{T2})

- V_E - V_{CO_2}

V_E gyorsabban nő a V_{CO_2} -hez képest

- V_E/V_{CO_2} – terhelési idő, teljesítmény

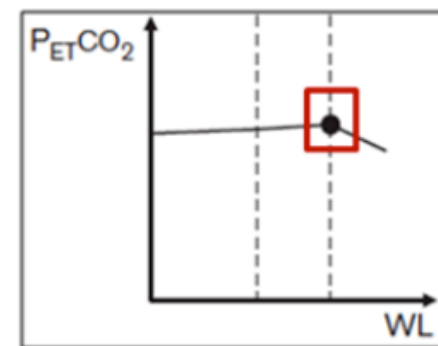
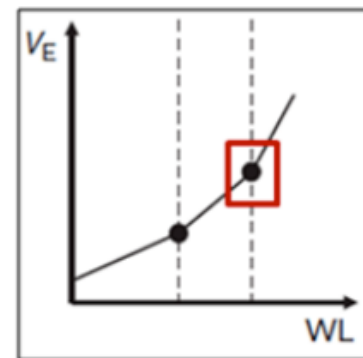
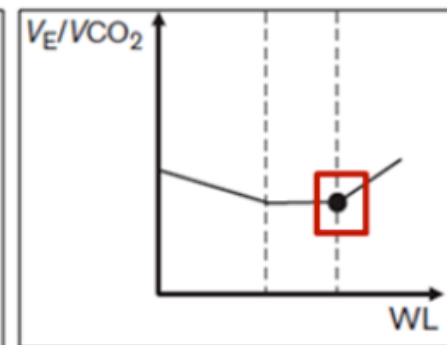
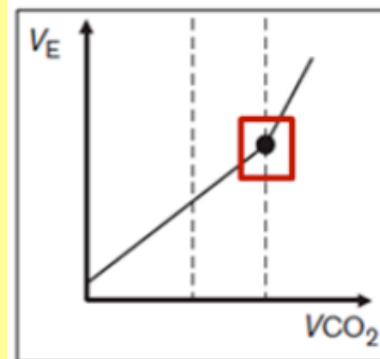
V_E/V_{CO_2} hirtelen emelkedik

- V_E - terhelési idő, teljesítmény, VO_2

V_E emelkedés második töréspontja

- P_{ETCO_2} - terhelési idő, teljesítmény

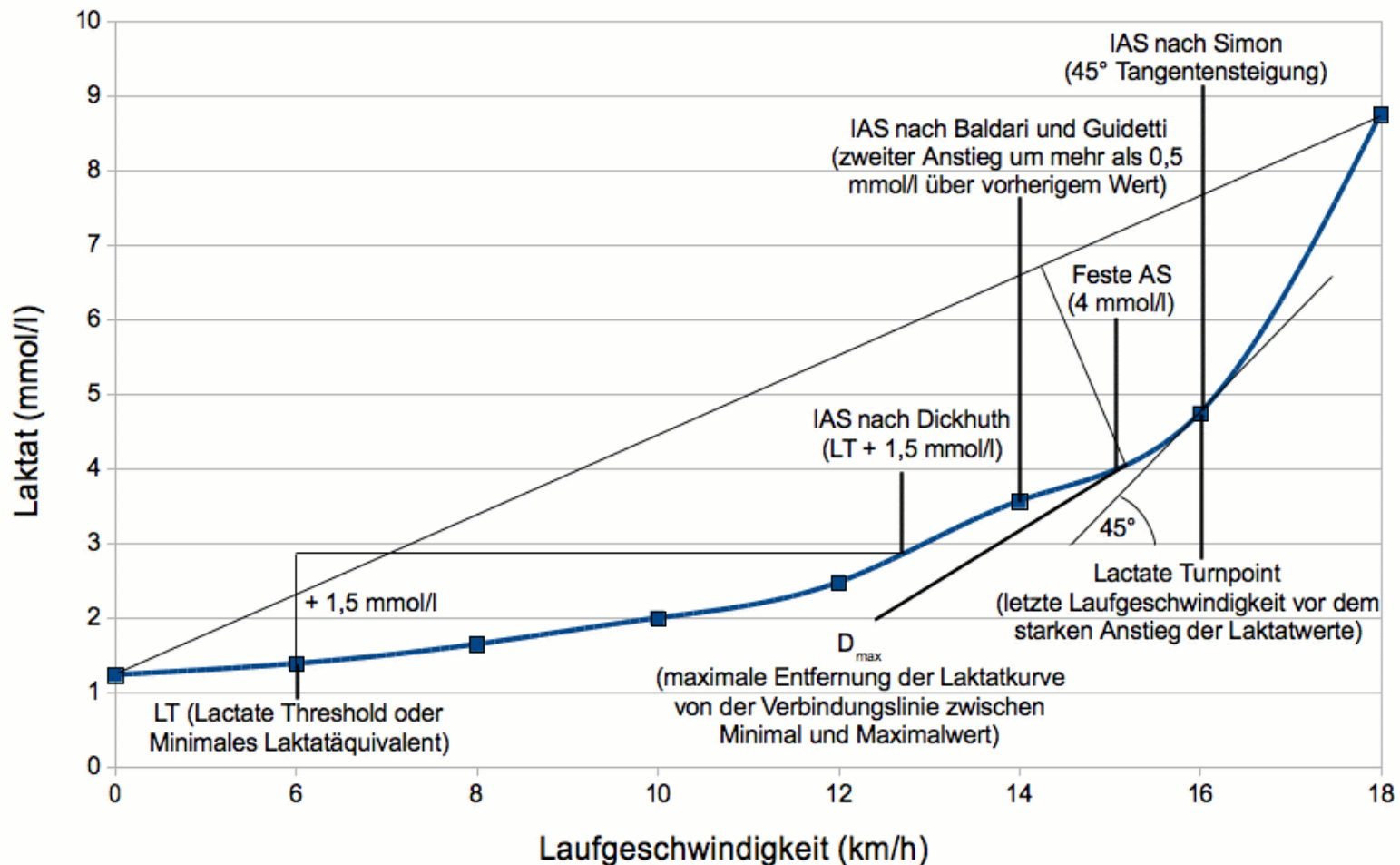
P_{ETCO_2} meredeken csökken



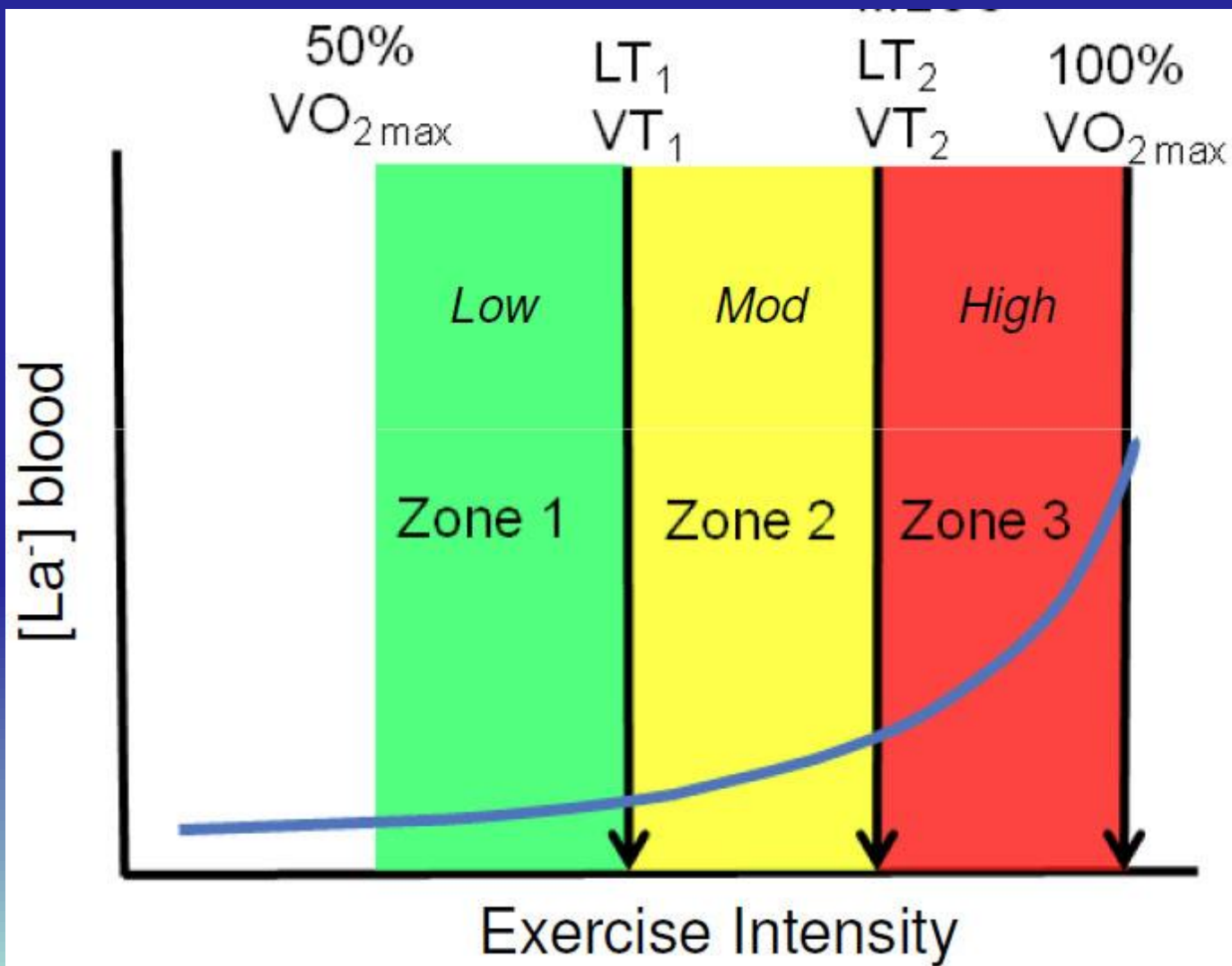
Anaerob átmenet meghatározása (tejsav)

Laktattleistungskurve

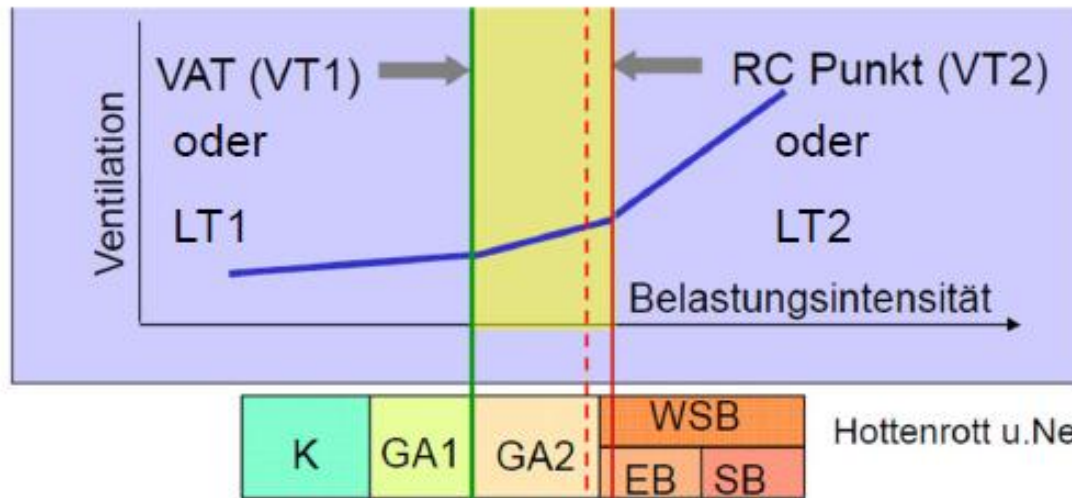
Laufbandergometer, Stufendauer 3 Minuten, Steigung 1,2 %



Intenzitás zónák az aerob és az anaerob átmenetek alapján



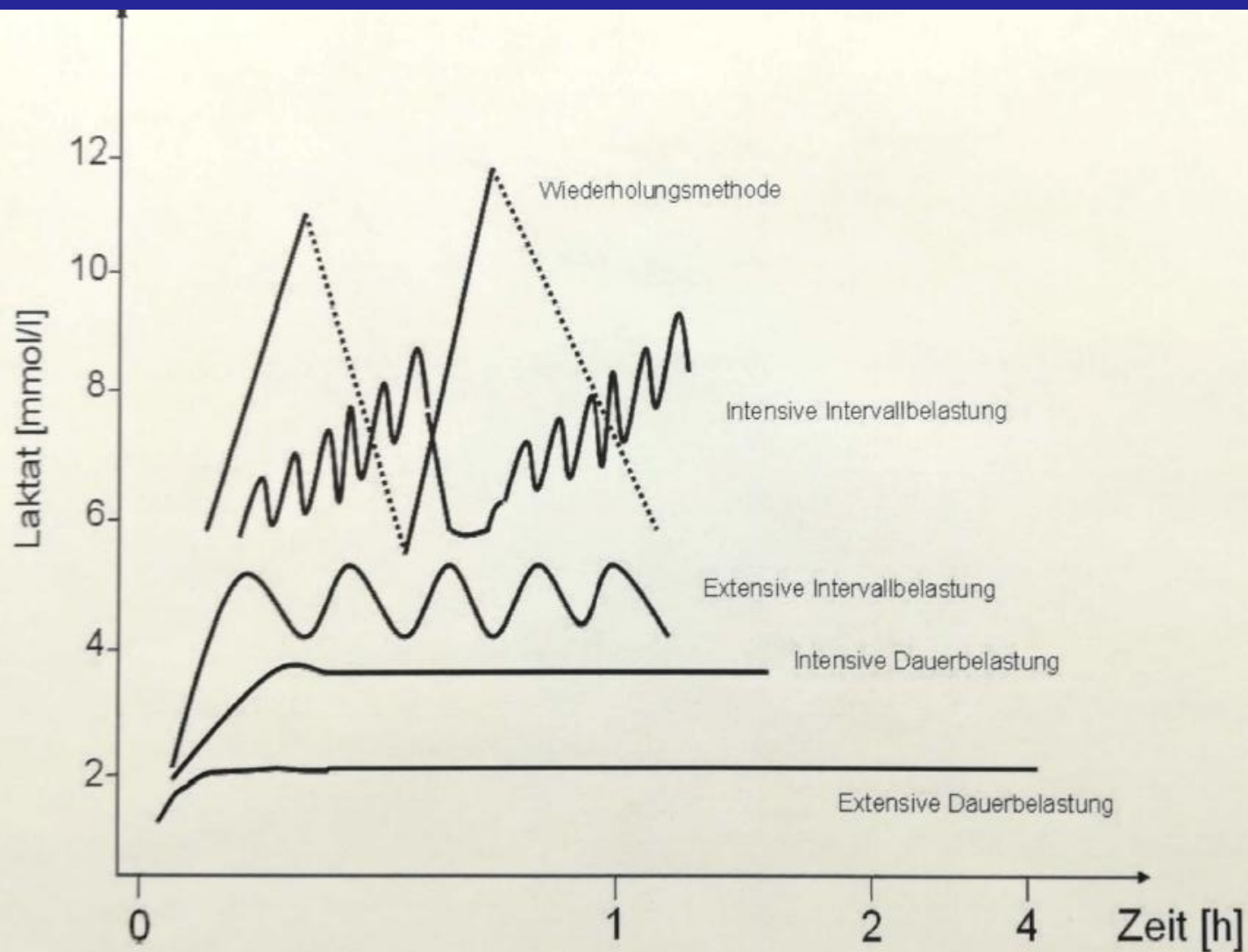
Intenzitás zónák



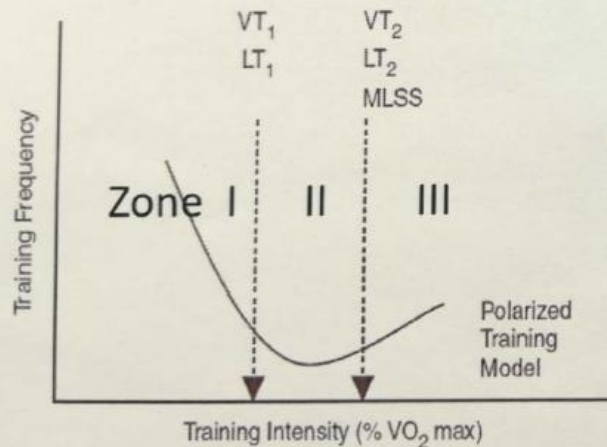
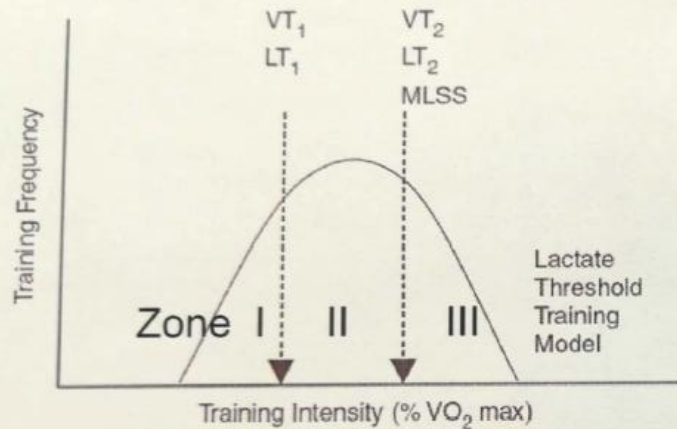
Tab. 1/5.5: Proportionen der Belastungsbereiche für die Fähigkeitsentwicklung im Hochleistungsbereich (nach Neumann et al., 2007, S. 153)

Trainingsbereich	Schwimmen	Radsport	Langstreckenlauf	Kurz-Triathlon	Skilanglauf
REKOM (%)	18	3	30	7	31
GA 1 (%)	60	55	50	69	34
GA 2 (%)	20	2	15	19	20
WSA (%)	2	40	5	5	15
Umfang (km/Jahr)	3.000	40.000	9.000	20.800	10.000

Edzés típusok az állóképesség fejlesztéséhez



Edzés modellek összehasonlítása



Tejsav küszöb edzés modell

Proportionierung

Zone I : 60% TE
Zone II : 30% TE
Zone III : 10% TE

Dr. Stephen Seiler 1999.

Polarizált edzés modell

(Proportionierung unklar)

Zone I : 75% (80%) TE
Zone II : 5% (0%) TE
Zone III : 20% (20%) TE

Intenzitás zónákhoz tartozó élettani paraméterek

Intensity Zone	VO ₂ (%max)	Heart Rate (%max)	Lactate (mmol·L ⁻¹)	Duration	
1	45-65	55-75	0.8-1.5	1-6 h	} 'Zone 1'
2	66-80	75-85	1.5-2.5	1-3 h	
3	81-87	85-90	2.5-4	50-90 min	} 'Zone 2'
4	88-93	90-95	4-6	30-60 min	
5	94-100	95-100	6-10	15-30 min	} 'Zone 3'

Edzés modellek összehasonlítása

Tejsav küszöb edzés modell

- Gyors teljesítmény hatás
- Szívvolumen fejlesztése „sportszív”
- VO₂max növelés
- Magasabb teljesítmény a VO₂%-ban
- Magasabb a folyamatos/tempófutás
- Tudományosan bizonyított
- Javasolt makrociklus

Speciális alapozó

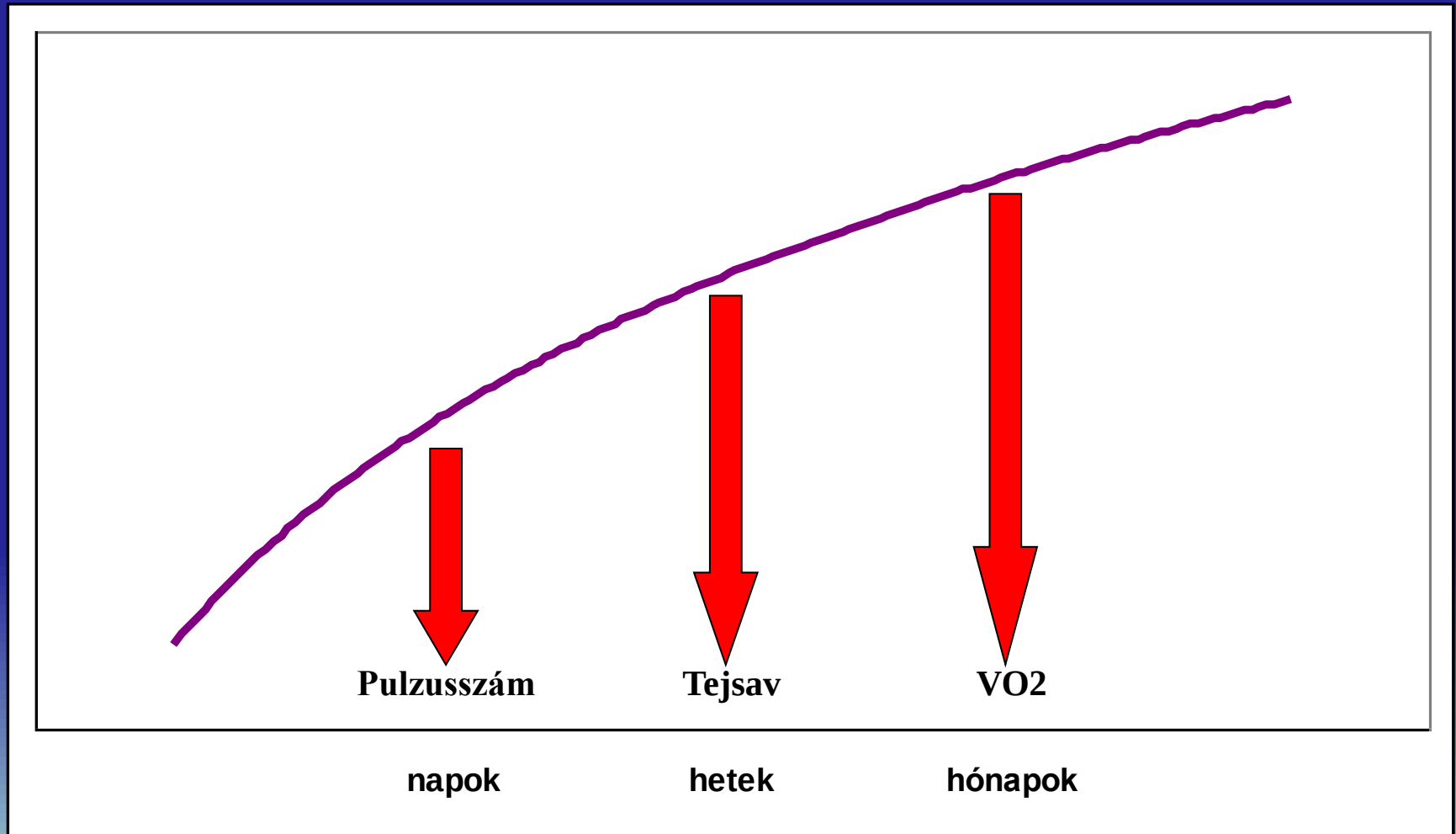
Polarizált edzés modell

- Stabil teljesítmény hatás
- Magasabb aerob alapteljesítmény
- Magasabb terhelhetőség
- Stabil immun válasz
- Mozgás gazdaságossága javul
- Gyorsaság fejlesztése
- Javasolt makrociklus

Általános alapozó és formába hozó

Hottenrott K.

Edzésadaptációs idő



Túledzettség gyakorisága

A túledzettség az élsportban gyakrabban fordul elő, mint feltételezzük.

Morgan és mtsai

- ausztrál úszók 25%
- labdarúgók > 50%
- nagy állóképességű sportágakban 70%

McCaffrey és mtsai

- hosszútávfutók 60%
- labdarúgók 50%
- kosárlabdázók 33%



Túledzetség elkerülése???



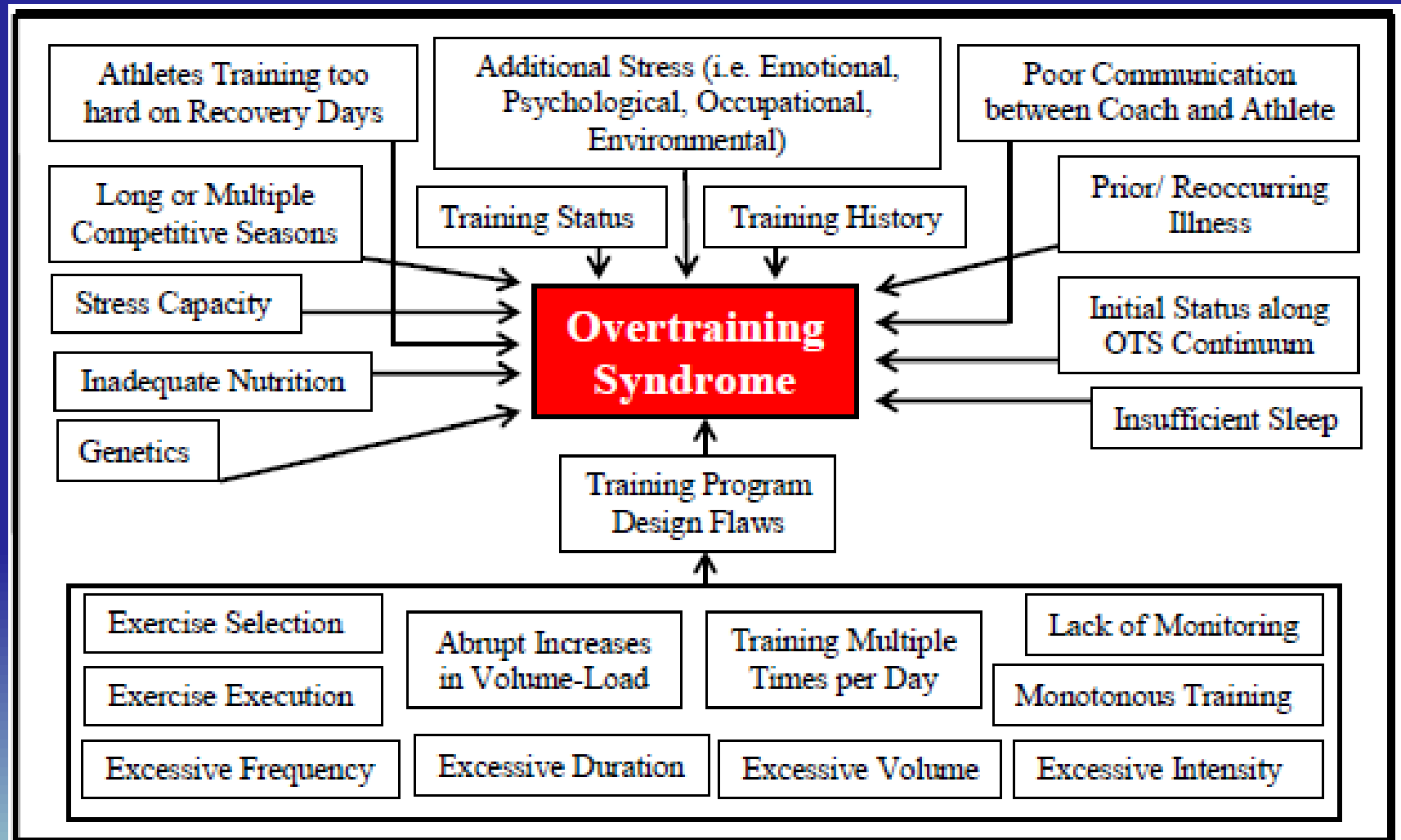
A kifáradás okai ciklikus sportágakban

SPORTÁG		Központi idegrendszer	ATP/CP kimerítés	Tejsav acidosis	Glikogén kimerítés	Vércukor csökkenés	Hipertermia
atlétika futás	100m	X	X				
	200m	X	X				
	400m		X	X			
	800m		X	X			
	1500m		X	X			
	5000m			X	X		
	10000m			X	X		
	maraton				X	X	X
úszás	50m	X	X				
	100-200m		X	X			
	400m		X	X			
	800m			X	X		
	1500m			X	X		
	maraton				X	X	X
kajak-kenu	200m		X	X			
	500m		X	X			
	1000m		X	X			
	maraton				X	X	X
kerékpár	sprint 200m	X	X				
	4000m		X	X			
	országuti kerékpár				X	X	X
triathlon					X	X	X

A paraszimpatikus túledzetség tünetei

- terhelés utáni normál vagy gyors pulzus megnyugvás
- alacsony nyugalmi pulzus
- normál étvágy, állandó testsúly
- gyenge sportteljesítmény
- depresszió, letargia
- fáradtság
- aluszékonyság
- alacsony vérnyomás
- alacsony vércukorszint
- terhelést követő alacsony tejsav koncentráció

Túledzettséghez vezető tényezők



Javasolt eszközök és alkalmasságuk a túledzettség diagnosztizálásában

Eszköz		Változások	Alkalmazhatóság
Sportspecifikus teljesítmény	(Szub)maximális edzés	↓	Arany standard; Rendszeres vizsgálat a legtöbb sportágban nem megoldható
Ergometriás teljesítmény	Anaerob küszöb	(↑)	Nem diagnosztizálja a túledzettséget, de feltár más edzéshibákat
Neuromuszkuláris ingerlékenység	Nyugalmi	↓	Nehéz módszer; több adatot igényel
Hangulat profil	Nyugalmi	↓	Nagyon érzékeny; manipulálható
Szubjektív panaszok	Nyugalmi, Szubmaximális edzés során	↑	„ólmós lábak”: nagyon gyakori; alvászavarok: ritkább; manipulálható

Javasolt eszközök és alkalmasságuk a túledzettség diagnosztizálásában

Eszköz		Változások	Alkalmazhatóság
Borg-skála	Szubmaximális edzés	(↑)	Kis változások
Pulzusszám	Nyugalmi	↔	↑ más problémát jelezhet (fertőzés)
	HR variabilitás Maximális edzés	? (↓)	Nincs elegendő adat Inkább kis változások
RQ	(Szub)maximális edzés	↓	Nincs elegendő adat
Laktát	Szubmaximális edzés	(↓)	Nem diagnosztizálja a túledzettséget, de kizár más edzéshibákat
CK, urea	Nyugalmi	↔	↑ izom túlerőltetést vagy szénhidrát depléciót jelezhet

Javasolt eszközök és alkalmazásuk a túledzettség diagnosztizálásában

Eszköz		Változások	Alkalmazhatóság
Tesztoszteron	Nyugalmi	↔	↓ nagy fiziológiai eltérés
Kortizol	Nyugalmi Maximális edzés	↔ (↓)	↑ nagy fiziológiai eltérés Az intenzív edzés és a túledzettség közötti megkülönböztetés kétséges
ACTH	Maximális edzés	↓	Nagyon érzékeny, az intenzív edzés és a túledzettség közötti megkülönböztetés kétséges
Katekolaminok	Kiválasztás (vizelet) Maximális edzés (plazma)	↓ ↓ vagy ↔	Kimutatott ↓ a túledzettség késői jele Párhuzamos laktát változások

Esetbemutató

- 1 ultrafutó (46 éves)
- Vértépei (320 km után):
 - Verseny előtt 3 nappal
 - Verseny másnapján
 - Versenyt követő 16. napon

- 1 maratoni futó (44 éves)
- Vértépei:
 - Verseny napján
 - Versenyt követő 2 napban
 - Verseny utáni 5. napon

Vizsgáltuk:

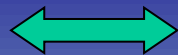
- Vérték (fehérvérsejt szám)
- Vese (karbamid, kreatinin)
- Májfunkciók (CK, LDH, GOT, GPT)

Laboratóriumi értékek változása

	Ultrafutó			Normál tartomány		Maratonfutó			
	előtte 3 nappal	utána 1 nappal	utána 16 nappal			eset napja	1 nappal később	2 nappal később	5 nappal később
Fvs (Giga/l)	4,8	7,6	5,4	4,5	11,5	15,3	10,12	6,58	4,6
Kreatinin (μmol/l)	79	76	68	53	100	154	96	78	74
Karbamind (mmol/l)	7,6	10,6	6,2	2,5	7,5	8,8		8,7	3,8
CK (U/l)	248	20234	133	24	195	1837	5128	3439	869
LDH (U/l)	425	3503	550	240	480	542			499
GOT (U/l)	27	739	33	0	45	60	137	129	59
GPT (U/l)	21	234	44	0	45	32	36	48	61

Túlterhelés, túledzettség laboratóriumi jelei

- CK
- LDH
- GOT
- GPT
- bilirubin
- karbamid
- kreatinin
- gGT



		100 km futás	
		előtt	után
CK	(U/l)	39,0+/-17,8	629+/-321
SGOT	(U/l)	11,5+/-1,0	55,6+/-42
SGPT	(U/l)	11,9+/-1,5	20,5+/-6,7
LDH	(U/l)	180+/-41	670+/-150
g-GT	(U/l)	8,7+/-3,5	8,9+/-3,5

Túledzettség

Szérum CK > 300 U/L

Szérum karbamid (Hartmann, 2000)

-férfiaknál > 8,3 mmol/l

-nőknél >7,0 mmol/l

Köszönöm a figyelmet!

