

Kestävyyden testaaminen suorasti & epäsuorasti

Kuntotestauspäivät 2019

Ari Mänttari, liikuntafysiologi, LitM, UKK Terveyspalvelut Oy
Juha Sorvisto, liikuntafysiologi, LitM, Liikuntakeskus Pajulahti



Termit tutuiksi

Maksimaalinen hapenkulutus ($VO_2\max$, ml/kg/min)

Maksimaalinen hapenotto kyky koostuu sydämen ja hengityselimistö kyvystä kuljettaa happea verenkierron välityksellä toimiville lihaksille ja lihasten kyvystä käyttää happea maksimaalisessa rasituksessa tarvittavan energian muodostamiseen.

Painokiloa kohti ilmaistuna $VO_2\max$ on paras yksittäinen kardiorespiraatorinen suorituskyvyn mittari (maksimaalinen aerobinen suorituskyky, kansanomaisemmin kestävyyskunto).



Termit tutuiksi

Epäsuorat kestävyyskunnan arviointimenetelmät

Epäsuoralla tarkoitetaan menetelmiä, joissa aerobinen kestävyys-suorituskyky ($VO_2\max$) arvioidaan submaksimaalisilla tai maksimaalisilla rasitustesteillä tai muilla niin kutsutuilla Non-Exercise -menetelmillä.

Arviointimenetelmissä ei käytetä laitteita, joilla aerobinen suorituskyky voidaan mitata tarkasti esim. suoraan hengityskaasuista.



Termit tutuiksi

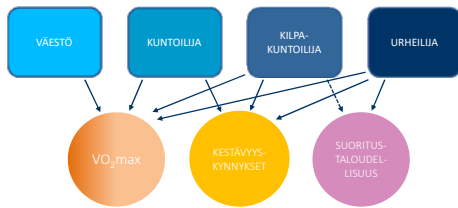
Epäsuorat kestävyyskunnan (VO₂max) arviointimenetelmät

NonExercise -menetelmät -> ei fyysistä rasitusta lainkaan, kyselypohjaisia

Submaksimaaliset kuormitusmenetelmät -> n. 85 % tasolle viety rasitus

Maksimaaliset kuormitusmenetelmät -> uupumukseen asti viety rasitus (100 %)

TESTIN VALINTA TESTATTAVIEN LIIKUNTATAUSTA MUKAAN



NonExercise

Soveltuvat suuntaa-antavaan aerobisen suorituskyvyn arviointiin, kun rasitukseen perustuvia menetelmiä ei ole mahdollista käyttää.

- + edullisia ja helppoja käyttää
- + ennustetarkkuus lähellä muiden submax epäsuorien luokkaa

- ei fysiologista rasitusta -> eivät perustu kardiovaskulaariseen vasteeseen
- eivät läheskään kaikki sovellu kuntoliikkuville tai urheilijoille

- Excel-esimerkit
- Jackson ym. 1990
 - Jurca ym. 2005
 - Bradshaw ym. 2005

Submaksimaaliset menetelmät

Submaksimaaliset menetelmät ovat turvallisia, kustannustehokkaita ja usein kenttäkäyttöisiä. Niiden $VO_2\text{max}$ ennustetarkkuus liikkuu 10 % molemmin puolin ja ne soveltuvat pääasiassa normaalikuntoisille terveille työkäisille.

Osa menetelmistä on suorituskyvyn ennustetarkkuuden osalta riittävä myös kuntoliikunnan eri tasoille harrastajille.



Kävelytestit

UKK 2 km -kävelytesti

Tarkoitettu terveille 20 - 65 vuotiaalle aikuisille, joilla ei ole ripeää kävelyä estävää vaivaa tai sairautta. Vaatii tarkasti mitatun tasaisen 2 km kävelyalustan (kesällä ulkona, talvella sisällä).

- Soveltuu erinomaisesti isojenkin ryhmien testaukseen.
- Ennustekyky heikkenee ylipainoisilla (BMI yli 30 kg/m²).
- Aliarvioi jonkin verran erittäin hyväkuntoisten kestävyysuorituskykyä.

Miehet
 $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min) = 184.9 - 4.65 x aika - 0.22 x syke - 0.26 x ikä - 1.05 x BMI

Naiset
 $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min) = 116.2 - 2.98 x aika - 0.11 x syke - 0.14 x ikä - 0.39 x BMI



Kävelytestit

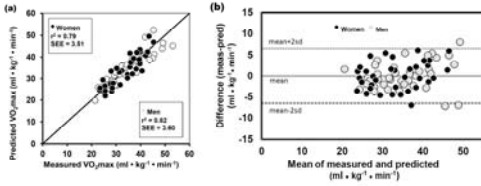
UKK 6 min -kävelytesti 15 m radalla

Terveille 20 - 70 vuotiaalle aikuisille, joilla ei ole ripeää kävelyä estävää vaivaa tai sairautta. Tilavaatimus pieni, esim. 18-20 m käytävä.

- Soveltuu erinomaisesti yksilötestaukseen, myös pienryhmätestaus onnistuu.
- Käytetty väestötutkimuksissa, mm. Terveys 2011 ja KunnonKartta 2017 sekä useissa työhyvinvointihankkeissa.



UKK 6 min kävelytesti



Miehet
 $VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = 110.546 + 0.063 \times \text{matka} - 0.250 \times \text{ikä} - 0.486 \times \text{BMI} - 0.420 \times \text{pituus} - 0.109 \times \text{syke}$

Naiset
 $VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = 22.506 - 0.271 \times \text{paino} + 0.051 \times \text{matka} - 0.065 \times \text{ikä}$

Ari Mänttari, Suni J, Sievänen H, Husu P, Vähä-Yypä H, Valkeinen H, Tokola K. and Vasankari T. Six-minute walk test: a tool for predicting maximal aerobic power (VO_{2max}) in healthy adults. Clin Physiol Funct Imaging (2018) 38, pp1038–1045.



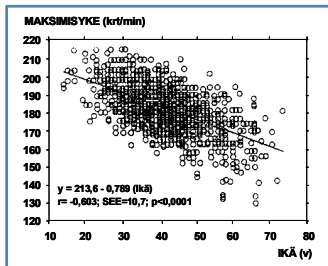
Polkupyöräergometritesti

WHO:n mukaeltu submaksimaalinen pp-ergotesti

- Verryttelyvaiheen jälkeen tavoitteena 3-4 kuormitusporrasta
- Kuormat 55 - 85 % välille VO_{2max} :sta
- Kuormien kesto 4 min (steady state)
- Extrapolointi maksimaaliseen sykkeeseen (suurin virhelähde)
- Maksimisykettä vastaava max polkemisteho hapenkulutukseksi
- $VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = 11.02 \times W/kg + 7$, missä (ACSM 2001)
 - 11.02 = muuntovakio
 - W/kg = maksimisykettä vastaava polkemisteho kehon painokiloa kohden
 - 7 ml/kg/min = lepo hapenkulutus (1 MET) + polkeminen ilman vastusta (1 MET)



Maksimisykkeen yksilöiden välinen vaihtelu eri-ikäisillä miehillä (n=1256).

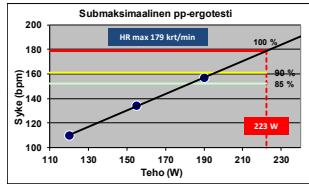


Whaley ym. Predictors of over- and underachievement of age-predicted maximal heart rate. Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 24, No. 10, pp. 1173-1179, 1992.



Esimerkki: 41-v. mies, Pituus: 174 cm, Paino: 89 kg

Portaat	Syke (krt/min)	Kuorma (W)	RPE (6-20)
1. porras	110	120	11
2. porras	134	155	14
3. porras	157	190	17



- Arvioitu maksimisyke = $208 - \text{ikä} \times 0,7 = 179 \text{ krt/min}$ (Tanaka ym. 2001)
- Arvioitu $\text{VO}_2\text{max} = 223 \text{ W} / 89 \text{ kg} \times 11.02 + 7 = 34 \text{ ml/kg/min}$ (ACSM 2001)

Tanaka et al. J Am Coll Cardiol. 2001 Jan;37(1):153-6.



Maksimaaliset -menetelmät

Maksimaalisten epäsuorien menetelmien VO_2max ennustetarkkuus on parhaimmillaan noin 5 % luokkaa. Menetelmiä löytyy eri ergometreille. Osa näistä menetelmistä soveltuu myös tutkimuskäyttöön.

Normaalikuntoisille ja vähän liikkuville maksimaalinen rasiuskoe on selvästi suurempi riski esim. sydänpörsäisille tapahtumille kuin submaksimaaliset rasiuskokeet.

Riskitekijöiden kartoitus esim. kyselyllä ennen rasiusta tärkeää.



Polkupyöräergometri

Maksimaalinen pp-ergotesti (Storer ym. 1990)

Terveille 20 - 70 vuotiaalle aikuisille.

- 4 min verryttely 0 W, jonka jälkeen 15W/min nostoilla uupumukseen asti.

Miehet

$$\text{VO}_2\text{max (ml/min)} = 10.51 \times \text{Wmax} + 6.25 \times \text{paino} - 10,49 \times \text{ikä} + 519.3$$

Naiset

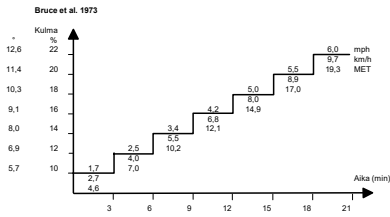
$$\text{VO}_2\text{max (ml/min)} = 9.39 \times \text{Wmax} + 7.7 \times \text{paino} - 5.88 \times \text{ikä} + 136.7$$

Storer TW, Davis JA, Caiozzo VJ. Accurate prediction of VO_2max in cycle ergometry. Med Sci Sports Exerc. 1990 Oct;22(5):704-12.



Juoksumatto

Maksimaalinen juoksumattotesti (Bruce ym. 1973)

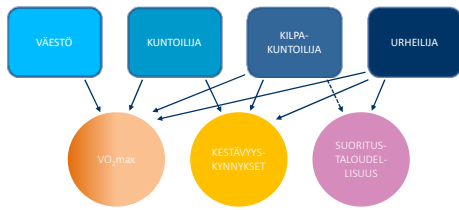


MIEHET - Foster et al. 1984, SEE=3,35 ml/kg/min
 $VO_{2,max} (ml/kg/min) = 14,76 - 1,379 \times Aika + 0,451 \times Aika^2 - 0,012 \times Aika^3$

NAISET - Pollock et al. 1982, SEE=2,7 ml/kg/min
 $VO_{2,max} (ml/kg/min) = 4,38 \times Aika - 3,90$



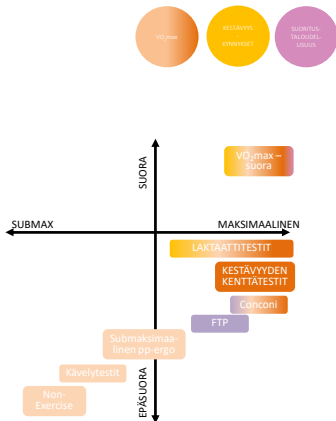
TESTIN VALINTA TESTATTAVAN OMINAISUUDEN MUKAAN



- Non-Exercise
- Kävelytestit
- Submaksimaalinen pp-ergo
- Kestävyyden kenttätestit
- FTP
Conconi
- LAKTAATTI-TESTIT
- VO₂max-suora

KESTÄVYYSTESTIN MÄÄRITTELY

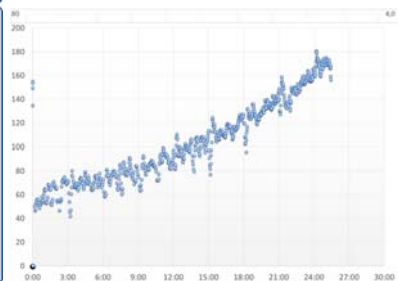
- ▶ Submaksimaalinen
- ▶ Maksimaalinen
- ▶ Suora
- ▶ Epäsuora



SUORAN TESTIN MITATTAVAT MUUTTUJAT

HENGITYKSEN VIRTAUS

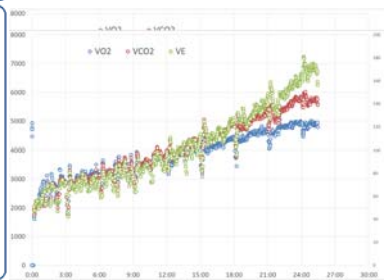
- Hengitystiheys, f_B [1/min]
- Kertahengitystilavuus, V_T [l]
- Ventilaatio, $V_E = f_B \times V_T$ [l/min]
 - $V_E = \text{Levossa } 12 \times 0,5 = 6 \text{ l/min}$
 - Kuormituksessa $50 \times 3,5 = 175 \text{ l/min}$
- Kuollut tila, VD [ml, l]



SUORAN TESTIN MITATTAVAT MUUTTUJAT

HENGITYSKAASUT

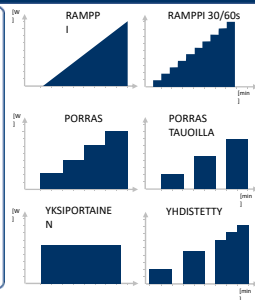
- Hapenkuljetus, VO_2 [l/min]
- Hiilidioksidintuotto, VCO_2 [l/min]
- Hengityksen vaihtosuhte, RER
 - $RER = VCO_2 / VO_2$
 - 0,7 Rasvat
 - 1,0 HH
 - $>1,0 \text{ H}^+ \uparrow \rightarrow VCO_2 \uparrow$



KUORMITUSMALLIN VALINTA SUORISSA TESTEISSÄ

KUORMITUSMALLI

- RAMPPII** – Lyhyt maksimitesti
 - Kesto: 8-12 min
 - Päätarkoituksena mitata $VO_{2,max}$
- PORRAS** – Pitkä maksimitesti
 - Kynnystasot ja $VO_{2,max}$
 - Portaan kesto 3 min, *
 - Portaiden määrä 8 – 10 (12)
 - Lähtötaso (% $VO_{2,max}$) 40 – 50 %
 - Kuorman nosto 4 – 6 ml/kg/min
- MUUT HARVEMMIN KÄYTETTÄVÄT MALLIT**
 - "Time to exhaustion" – kestokoe vakioteholla ($> AnK$), mitataan aikaa!
 - "Time trial" – testimatka tai -aika on vakio



KUORMITUSTAVAN VALINTA SUORISSA TESTEISSÄ

Kuormitus-tapa	Kuorman tekijä	Kuorman lisäys	VO ₂ laskenta
<ul style="list-style-type: none"> Juoksu Pyörä Soutu Sauvakävely Rullahiito (V) Rullahiito (TT) Rullahiito (P) 	Nopeus Teho Teho Nopeus ja kulma Nopeus Nopeus Kulma	1 [km/h] 15-55 [W] 10-30 [W] 4-6 [ml/kg/min] 1,5 [km/h] 1,5 [km/h] 1 [°]	$0,205 \cdot v$ [ml/min] + $0,109 \cdot (v-60)^2 \cdot 8,1$ $11,02 \cdot P / BW + 7$ $14 \cdot W / BW$ $1,78 \cdot v$ [ml/min] · (g (kulma (tan))) + 0,703 - - -

FKM, s. 80 - 85

SUORAN TESTIN TULOKSET

VO₂max

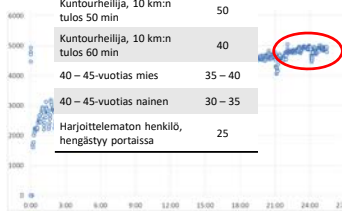
Maksimaalinen hapenkuljetus

- **VO₂max** [l/min] tai [ml/kg/min]
- Merkitys eri lajeissa (juoksu vs. soutu)
- Lajispesifisyys ja kuormitus-tapa, harjoittelu

- VO₂max vai VO₂peak ?!
- ✓ Mitattu VO₂ saavuttaa tasanteen tai alkaa laskea
- ✓ Sydämen syke saavuttaa maksimin
- ✓ RER > 1,0
- ✓ Veren L_a-pitoisuus on riittävän korkea
- ✓ Testattava itse tuntee saavuttaneensa maksimin ja haluaa lopettaa testin

Ryhmä VO₂max

Huippukestävyysurheilija (mies)	80 - 90
Huippukestävyysurheilija (nainen)	70 - 80
Kuntourheilija, 10 km:n tulos 40 min	60
Kuntourheilija, 10 km:n tulos 50 min	50
Kuntourheilija, 10 km:n tulos 60 min	40
40 - 45-vuotias mies	35 - 40
40 - 45-vuotias nainen	30 - 35
Harjoittelematon henkilö, hengästyy portaissa	25



VO₂max MIEHILLÄ

VO₂max

Ikä / kuntotaso	1	2	3	4	5	6	7
	Heikko	Huono	Välttävä	Keskimäär.	Hyvä	Erittäin hyvä	Erinomainen
20-24	alle 32	32-37	38-43	44-50	51-56	57-62	yli 62
25-29	alle 31	31-35	36-42	43-48	49-53	54-59	yli 59
30-34	alle 29	29-34	35-40	41-45	46-51	52-56	yli 56
35-39	alle 28	28-32	33-38	39-43	44-48	49-54	yli 54
40-44	alle 26	26-31	32-35	36-41	42-46	47-51	yli 51
45-49	alle 25	25-29	30-34	35-39	40-43	44-48	yli 48
50-54	alle 24	24-27	28-32	33-36	37-41	42-46	yli 46
55-59	alle 22	22-26	27-30	31-34	35-39	40-43	yli 43
60-65	alle 21	21-24	25-28	29-32	33-36	37-40	yli 40

Shvartz & Reibold 1990

VO₂max NAISILLA



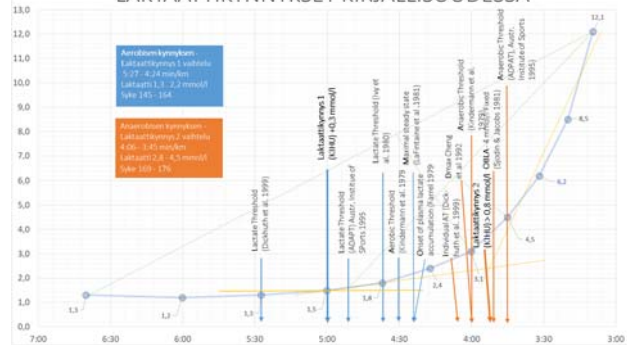
Ikä / kuntotaso	1	2	3	4	5	6	7
Heikko	Huono	Välttävä	Keskimäär.	Hyvä	Erittäin hyvä	Erinomainen	
20-24	alle 27	27-31	32-36	37-41	42-46	47-51	yli 51
25-29	alle 26	26-30	31-35	36-40	41-44	45-49	yli 49
30-34	alle 25	25-29	30-33	34-37	38-42	43-46	yli 46
35-39	alle 24	24-27	28-31	32-35	36-40	41-44	yli 44
40-44	alle 22	22-25	26-29	30-33	34-37	38-41	yli 41
45-49	alle 21	21-23	24-27	28-31	32-35	36-38	yli 38
50-54	alle 19	19-22	23-25	26-29	30-32	33-36	yli 36
55-59	alle 18	18-20	21-23	24-27	28-30	31-33	yli 33
60-65	alle 16	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30	yli 30

Shvartz & Reibold 1990

KYNNYSTASOJEN MÄÄRITTÄMINEN



LAKTAATTIKYNNYKSET KIRJALLISUUDESSA

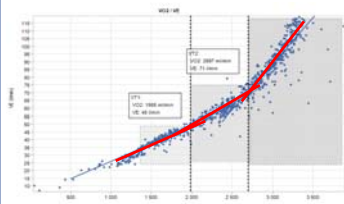


KYNNYSTASOJEN MÄÄRITTÄMINEN



VENTILAATIOKYNNYKSET, KYNNYMÄÄRITYKSET (FKM s. 96-97)

- VT1 = Ventilaation ensimmäinen nousu VO₂ nähden
- VT2 = Ventilaation toinen jyrkempi nousu VO₂ nähden ja ensimmäinen nousu VCO₂ nähden
- Anaerobisen energiantuoton lisääntyminen VT1 tason jälkeen
- [bLa] ja [H⁺] kasvavat > VCO₂

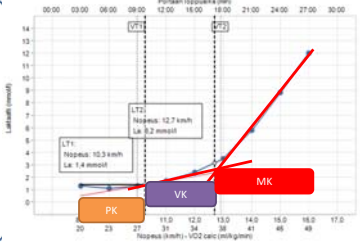


KYNNYSTASOJEN MÄÄRITTÄMINEN



LAKTAATTIKYNNYKSET, KYNNYSMÄÄRITYKSET (FKM s. 96-97)

- Sorrenpäöverinäytteet
- LT1 = ensimmäinen nousu yli 0,3 mmol/l yli testin matalimman tason
- LT2 = 0,8 mmol/l nousu
- Kynnys- ja harjoitusrajojen määrittäminen
- AerK 1,0 - 2,5 mmol/l
- AnK 2,5 - 4,0 mmol/l



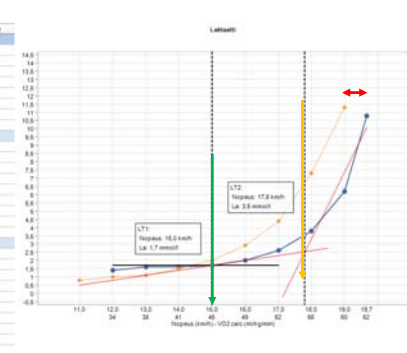
TULOSTEN SEURANTA – KYNNYSTASOT



	Vuosi	Tulos	29.11.2012
VO2 (BOLD)	l/min	4,57	4,91
VO2 (BOLD)	ml/kg/min	45,4	47,9
VO2 (BOLD)	ml/kg/min	42,4	45,0
VO2 (BOLD)	ml/kg/min	48,5	49,5
nopeus	km/h	16,7	17,0
vahti	min:sek	03:03	02:00
korkeus	m	0,8	0,8
tilavuus	ml/min	1,4	1,4

	Vuosi	Tulos	29.11.2012
VO2 (BOLD)	l/min	4,57	4,43
VO2 (BOLD)	ml/kg/min	45,4	44,2
VO2 (BOLD)	ml/kg/min	42,4	41,0
VO2 (BOLD)	ml/kg/min	48,5	46,1
nopeus	km/h	17,8	16,0
vahti	min:sek	03:23	02:45
korkeus	m	0,8	0,8
tilavuus	ml/min	2,5	2,8

	Vuosi	Tulos	29.11.2012
VO2 (BOLD)	l/min	3,50	3,81
VO2 (BOLD)	ml/kg/min	40,0	41,0
VO2 (BOLD)	ml/kg/min	40,0	39,5
VO2 (BOLD)	ml/kg/min	40,0	41,0
nopeus	km/h	15,0	15,5
vahti	min:sek	04:00	04:22
korkeus	m	0,8	0,8
tilavuus	ml/min	1,7	1,5



KYNNYSTASOJEN MÄÄRITTÄMINEN



MUUT MENETELMÄT – FUNCTIONAL THRESHOLD POWER

- FTP 20 / 60 min
- Toiminnallisen anaerobisen kynnyksen selvittäminen
- WU 10 min
- 3 x 1'/1' nopean kadenssin veto/helppo
- 5' max + 10 min pal
- **20 min maksimi**
- Loppujäähdyttely
- 20 min maksimin keskitehot kerrottuna 0,95

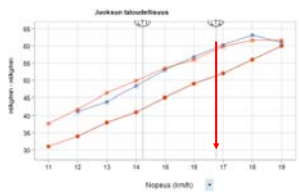


SUORITUKSEN TALOUDELLISUUS



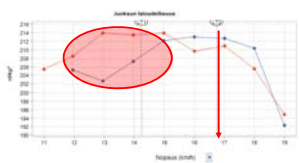
HYÖTYSUHDE

- Tehty työ / energiankulutus [%]
- Hankalampi mitata testitavoissa, joissa ei ole käytössä ergometri mittaamaan ulkoista työtä [W]
- Joka tapauksessa sisäisen tehon työn mittaaminen on hankalampi !!!
- Voidaan laskea nettohyötysuhde,

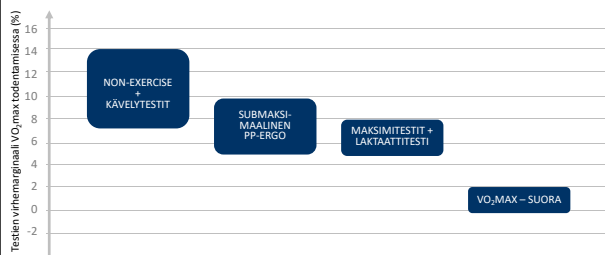


TALOUDELLISUUS

- VO_2 tietyllä teholla [ml/kg/min] tai [l/min] -> Vertailu VO_2 suoritus [ml/kg/min]
- Alle Ank tehon!!!
- Eri lajeissa myös johdettuja arvoja, esim. juoksuun taloudellisuus
 - $RE [ml/kg/km] = VO_2 [ml/kg/min] / v [m/min] \times 1000$



TESTIEN TARKKUUS VO_2 max ARVIONNISSA



TESTIEN TEHOSKAALA

