

**Кардио-пулмонален тест с
натоварване- основа за правилната
физическа подготовка и
рехабилитация**

**Доц.Иван Груев д.м.
МДЦ „Еуровита“**



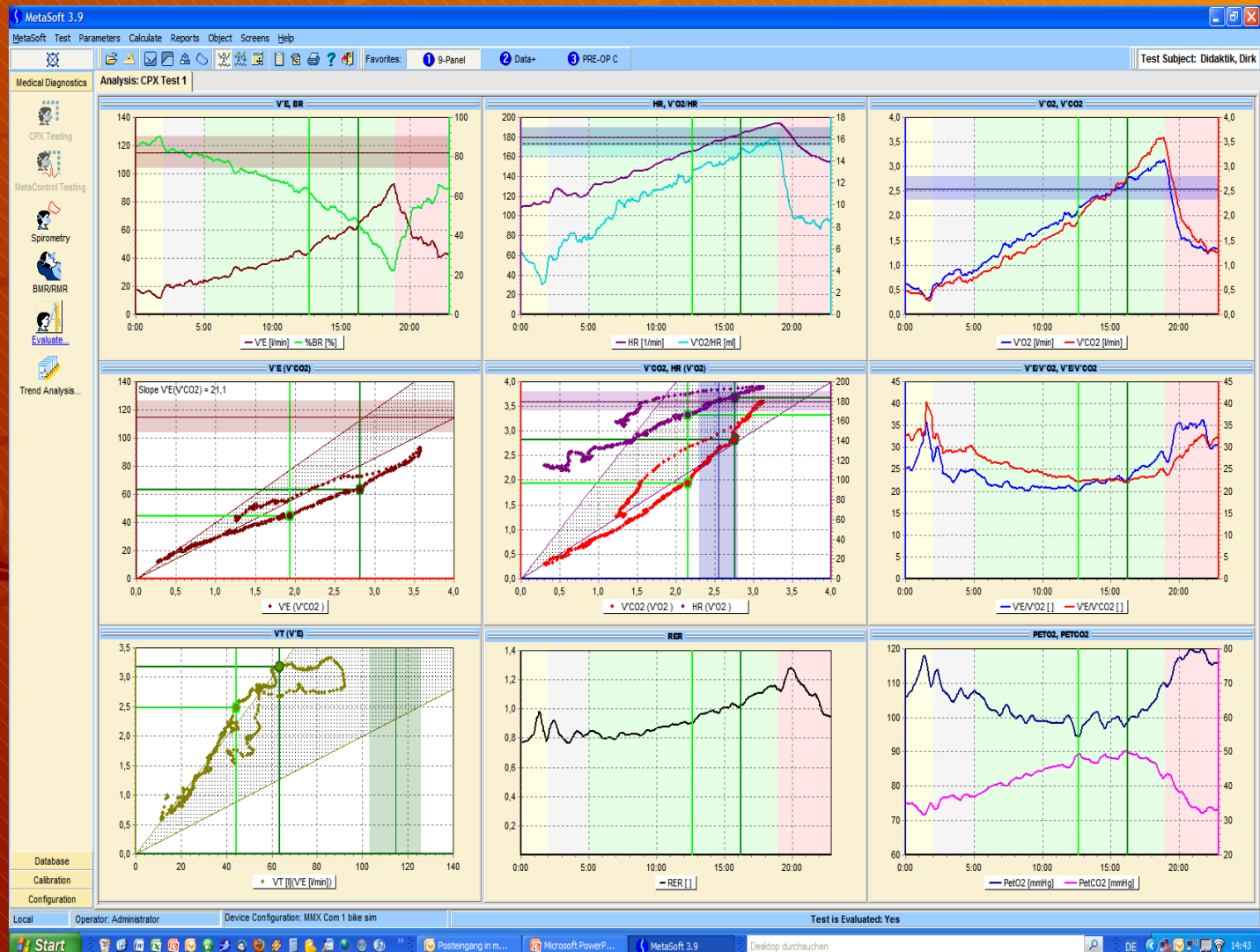
Кардио-пулмонлният тест с натоварване /КПТН/ представлява изследване на показтелите на сърдечно-съдовата / пулсова честота, артериално налягане, ЕКГ/ както и на респираторната система /честота на дишането, дихателни обеми и респираторен

газов анализ/ по време на физическо натоварване

- ✦ Интегралният анализ на тези параметри позволява да се определи физическия капацитет и ниво на тренираност на здрави индивиди и спортисти, както и да се различи произхода на задуха и да се оцени прогнозата на редица патологични състояния на сърдечно-съдовата система и на дихателната система
- ✦ Провеждането на серия от тестове при един и същи индивид дава изключително полезна информация за ефективността на тренировъчните, рехабилитационните и терапевтични програми



Методиката и основните 9 криви на анализ са разработени още през 60-те годене на миналия век от Wasserman и сътрудници, като с течение на времето добиват все по-голяма популярност и широко приложение



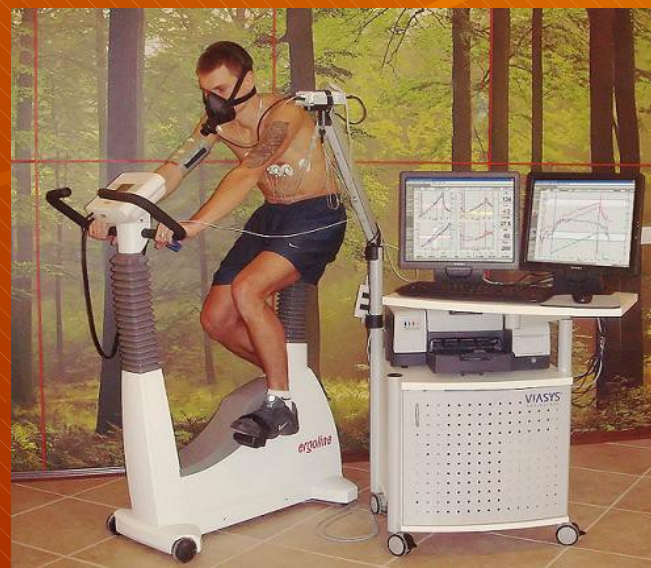
Индикациите за КПТН са много широки започвайки от оценка на функционалното състояние на любители и топ спортисти и стигайки до определяне на показания за сърдечна трансплантация при пациенти със сърдечна недостатъчност

- ✦ Контраиндицирани са случаите с клинични и ЕКГ данни за остра исхемия, неконтролирана сърдечна недостатъчност и хипертония , неконтролирани ритъмни и проводни нарушения, тежка аортна стеноза, остър тромбофлебит, миокардит и перикардит, фебрилни състояния и инфекции на дихателните пътища и заболявания с кислородна сатурация < 85%



Изследването най- често се провежда на велоергометър или тредмил. Трябва да се има предвид , че натоварването на велоергометъра е по- безопасно и лесно изпълнимо, но на тредмила по- често се достигат максимални нива на натоварване. При избора трябва да се отчете и предпочитанието на пациента, както и вида спорт при спортистите. В последно време се предпочита рамп протоколът пред стъпаловидното увеличаване на натоварването, защото при него натоварването се увеличава постоянно и постепенно. Това е по-удобно за изследвания, но също така и за изследователя, защото се получават по- акуратни криви и с по- голяма точност се определя анаеробният праг, както и сърдечната честота при достигането му. Така по- прецизно се определят

тренировъчните зони



Индикациите за прекратяване на теста включват: умора до невъзможност за продължаване, стенокардни оплаквания и ЕКГ данни за исхемия, сигнификантни ритъмни и проводни нарушения, спад на артериалното налягане с повече от 20 мм Нд, хипертонична реакция над 250 мм Нд за систолното АН и над 120мм Нд за диастолното, внезапно преbledняване, световъртеж и отпадналост, симптоми на дихателна недостатъчност

TABLE 9. INDICATIONS FOR EXERCISE TERMINATION

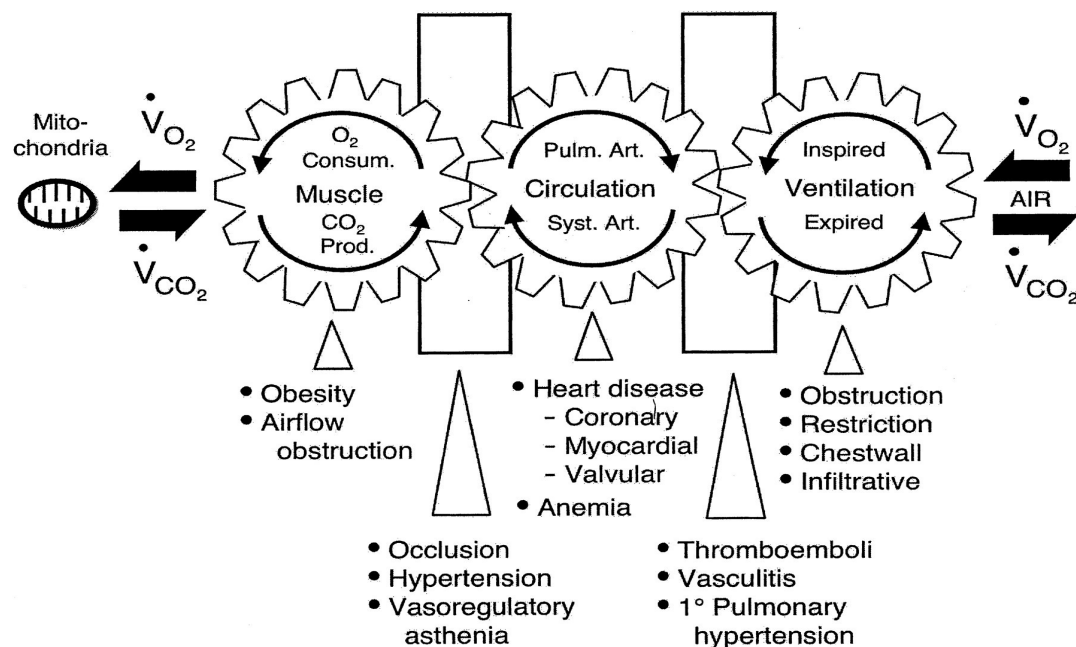
Chest pain suggestive of ischemia
Ischemic ECG changes
Complex ectopy
Second or third degree heart block
Fall in systolic pressure > 20 mm Hg from the highest value during the test
Hypertension (> 250 mm Hg systolic; > 120 mm Hg diastolic)
Severe desaturation: Sp_o₂ ≤ 80% when accompanied by symptoms and signs of severe hypoxemia
Sudden pallor
Loss of coordination
Mental confusion
Dizziness or faintness
Signs of respiratory failure

Definition of abbreviations: ECG = electrocardiogram; Sp_o₂ = arterial oxygen saturation as indicated by pulse oximetry.
Adapted by permission from References 12, 14, 43, and 281.

Газовата обмяна е основна функция на сърдечно-съдовата и дихателната система. Чрез нея се осигурява притока на кислород /O₂/ и „горива“ към мускулите и се отстраняват въглеродния диоксид /CO₂/ и други крайни метаболити. Сърцето, белите дробове, системната и пулмонална циркулация, оформят единен кръг на обмяна на респираторните газове между околната

среда и клетките на организма

Figure 1. Derangements of gas exchange in disease.



Milani R V et al. Circulation 2004;110:e27-e31

В условията на стабилно състояние /steady state/ кислородната консумация $/VO_2/$ и отделянето на въглеродния диоксид $/VCO_2/$, измерени на нивото на устата са еквивалентни на кислородната утилизация $/QO_2/$ и продукцията на въглеродния диоксид $/QCO_2/$, извършващи се в клетките т.е външното дишане е равно на

вътрешното дишане

- ✦ Системата за КПТН измерва директно VO_2 /в покой 0,3 л, при натоварване 2,5-5л/, VCO_2 , сърдечната честота $/HR/$, минутната вентилация $/VE$ в покой 6-10л/мин, при натоварване 80-180 л/мин/, дихателния обем / tidal volume- $TV/$ и дихателната честота / breathing frequency $BF-$ в покой 8-15/ мин, при натоварване 35-45/мин/.
- ✦ Пробите от издишания въздух се изследват обикновено на всеки 15 секунди и се представят в реално време в графичен вид на екрана. На друг екран се следи ЕКГ – 12 отвеждания



Въз основа на измерените данни, системата за КПТН изчислява редица други важни показатели:

- ✦ -Релативна /пикова/ кислородна консумация/ $R_k VO_2$ /- най- високата кислородна консумация, достигната при КПТН, най- общо около върха на натоварването, изразена в $ml/kg/min$. За добре тренирани млади мъже този показател е над $48 ml/kg/min$ При спортисти достига $60-80 ml/kg/min$. Световният рекорд към днешна дата е $92 ml/kg/min$.
- ✦ За жени показанията са с $10-15 ml/kg/min$ по-ниски. $R_k VO_2 \text{ Lean}$ е $R_k VO_2$, причислен към идеалното телесно тегло за индивида. По този начин се елиминира влиянието на метаболитно инертната мастна тъкан при затлъстели индивиди.
- ✦ - Максимална кислородна консумация / $VO_2 \text{ max}$ / -стойността, при която VO_2 остава стабилна, независимо от нарастването на натоварването. Като синоним се употребява пиков аеробен капацитет./ норма за мъже $2,5-5$ по изключение 6 л, за жени $1,5-4$, по изключение до $4,8$ л/



Въз основа на измерените данни, системата за КПТН изчислява редица други важни показатели:

- ✦ - Дихателен резерв / breathing reserve – BR/ резервът на дихателната система изразен като разликата между предвидената максимална вентилация/ MVV/ и измерената VE max. В норма над 15 л/мин. MVV се изчислява като ФЕО1/ получен от спиромиетрията на пациента преди започване на теста/ се умножи по 35. BR може да се изрази и в проценти като $1 - VE_{max} / MVV$. Нормални са стойностите над 20%.
- ✦ - Резерв на сърдечната честота / Heart rate reserve (HRR)/ = предвидената масимална честота / най простго изчислена като $220 - \text{годините на изследвания}$ / – измерената максимална честота . В норма- <15 уд/мин.
- ✦ - Респираторен квотиент / Respiratory Exchange Rate- RER/- представлява съотношението V_{CO2} / V_{O2} в покой нормалните стойности са 0,70-0,82, при високо натоварване 1,05-1,20/рядко до 1,40/ . Стойности над 1,60 са възможни след приключване на натоварването.
- ✦ - Кислороден пулс/ O₂ pulse/- количеството кислород изразходвано за обема кръв доставен до тъканите с всеки сърдечен удар . $O_2 \text{ pulse} = V_{O2} / \text{сърдечната честота} / HR/$. Кислородният пулс отразява сърдечния дебит. Нормалните стойности за мъже са 12-15 мл, за жени 10-12 мл, а за атлети над 20 мл.




Въз основа на измерените данни, системата за КПТН изчислява редица други важни показатели:

- ✦ -Съотношение вентилация/ CO2 Продукция/ VE/VCO_2 /- известно още като вентилаторен еквивалент за CO2, отразява вентилаторния контрол ,свързан с чувствителността на хеморецепторите, алкално- киселинното равновесие и вентилаторната ефективност.
- ✦ - Анаеробен праг / Anaerobic threshold- AT/- най- високата кислородна консумация, достигната без трайно повишаване на лактата и на съотношението лакатат/пируват. Изразява се в ml/kg/min.
- ✦ -Респираторна точка на компенсация/ RCP/ известна още като втори праг. Тази точка маркира началото на хипервентилацията, в момента когато тялото не може повече да буферира киселите продукти на анаеробния метаболитизъм и настъпва метаболитна ацидоза.



Измерването на вентилаторния АТ и RCP и сърдечната честота дава възможност на системата автоматично да калкулира тренировъчните зони за спортистите, които са фундамента за изграждане на успешна и строго индивидуална тренировъчна програма. Важно е да отбележим, че вентилаторния Анаеробен

праг/ vAT / не съвпада с лактатния анаеробен праг/ iAS /

- 
- ✦ Също така е важно да се отчете, че $RER=1$ не е равно на анаеробен праг. RER дава информация за съотношението на използване на мазнини и въглехидрати при натоварването, както и за достигането на максимално ниво на натоварване на пациента.
 - ✦ Критериите за максимален тест са достигане и надминаване на предвидената максимална сърдечна честота, $RER > 1.05/1.10/$, дихателна честота $BF > 35$ или достигнала до стагнация, VO_2 достигнала до стагнация

General

CPET

Lactate

2. Threshold

RCP



1. Threshold

vAT



Anaerobic Threshold iAS

Aerobic Threshold

Training Zones Set: Per	
E: >130%	
Top Zone	
HR(1/min): >142	
v(km/h): >0,00	
WR(W): >183	
EE/h(kcal/h): >725	
D: 120-130%	
Development Zone	
HR(1/min): 131-142	
v(km/h): 0,00-0,00	
WR(W): 153-183	
EE/h(kcal/h): 683-725	
C: 100-120%	
Intensive Endurance	
HR(1/min): 109-131	
v(km/h): 0,00-0,00	
WR(W): 79-153	
EE/h(kcal/h): 421-683	
B: 80-100%	
Extensive Endurance	
HR(1/min): 87-109	
v(km/h): 0,00-0,00	
WR(W): 54-79	
EE/h(kcal/h): 208-421	
A: <80%	
Compensation Zone	
HR(1/min): <87	
v(km/h): <0,00	
WR(W): <54	
EE/h(kcal/h): <208	

Предимствата на вентилаторния пред лактатния анаеробен праг са следните:

- ✦ Изследването е неинвазивно- не се взимат кръвни проби.
- ✦ Дори субмаксимален тест може да даде достатъчна диагностична информация.
- ✦ Определя се само един праг, докато при лактатния метод има повече от 60 различни възможни калкулации на анаеробния праг.
- ✦ Точно се определя границата между зоните на екстензивна и интензивна издръжливост, които са особено важни при изработване на тренировъчните програми.
- ✦ Може да се види точката на най-икономичната дихателна функция



Приложение на АТ в практиката

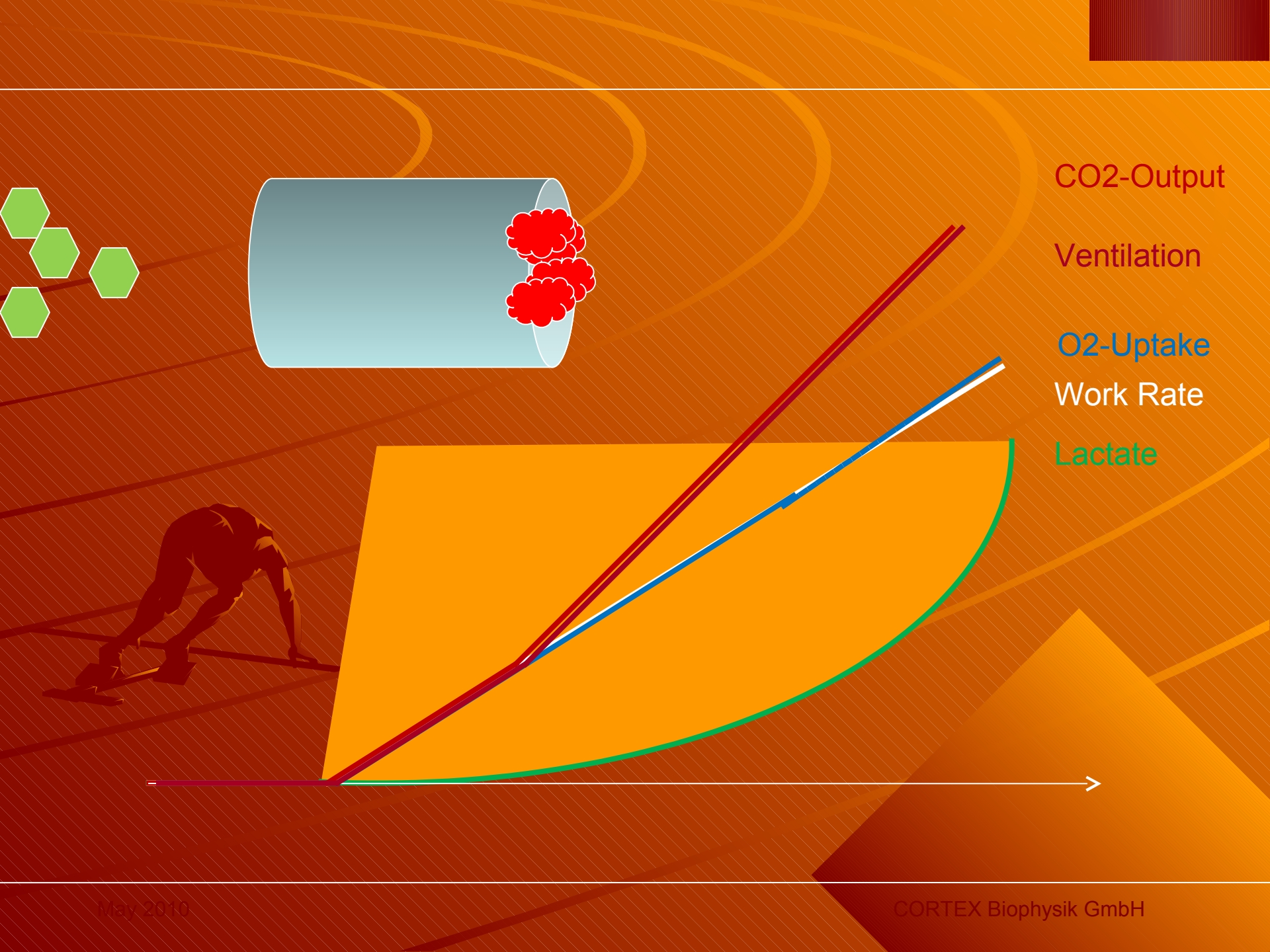
- ✦ Анаеробният праг е точката която бележи границата между ефективната и нефективната утилизация на гликогена.
- ✦ Затова съветът към атлетите , практикуващи спортове , свързани с издръжливост, е по- време на състезание да се движат в пулсовата зона малко под тази точка / в зона В./, а по време на тренировка малко над нея / зона С/.
- ✦ По този начин се цели в хода на подготовката да се измести анаеробният праг нагоре / или надясно на кривите на Васерман/ , което позволява на атлетите да поддържат по- високо темпо / и пулсова честота/ и по- късно да достигат началото на безкислородния метаболизъм, който води до по- бързо и неефективно изгаряне на „горивото“ в мускулите и до по- бавно възстановяване.
- ✦ При силовите спортове се препоръчват и кратки периоди на тренировка в зоните на развитие/ зона Е/ и дори в топ зоната /Д/, защото при тях често се работи в смесен и анаеробен режим по време на състезанията.



Заклучение

- ✦ В заключение можем да кажем, че КПТН е съвременна неинвазивна методика, която позволява извършването на диагноза и диференциална диагноза и изработването на рехабилитационна програма при пациенти.
- ✦ При любители и активни спортисти е възможно прецизно да се оцени функционалното състояние и да се разработи индивидуална тренировъчна /и възстановителна след контузии/ програма, въз основа на определените тренировъчни зони





CO2-Output

Ventilation

O2-Uptake

Work Rate

Lactate