Teoretická část
Ergometrie

Ergometrie je metoda zabývající se stanovením výkonu a práce, test je součástí komplexu zkoušek hodnotících reakce a adaptace organizmu na zátěž.

Práce

- Statická (izometrická) – sval vyvíjí sílu, aniž se při tom zkracuje či prodlužuje
- Dynamická (isotonická) - délka svalu se plynule mění při nezměněné síle
    - Positivní - sval se zkracuje proti stálému nebo rostoucímu odporu, část
      Negativní - sval v průběhu kontrakce je tažen zevní silou, převážná
- Auxotonní - vyvíjí se jak síla, tak se mění i délka svalu

Vyšetřovací fáze:

- **přípravná fáze**: příprava osoby na test, připojení k přístrojům
- **klidová fáze**: záznam klidových hodnot
- **zahřívací fáze**: aplikace nízké zátěže s cílem zvýšit prokrvení tkání, zlepšit pohyblivost kloubů
- **fáze zátěže**: vystavení vyšetřované osoby regulované fyzické práci
- **fáze zklidnění**: zátěž o nízké intenzitě s cílem urychlit odbourávání zplodin metabolismu, pomáhá návratu srdeční frekvence do klidu, pomáhá redukovat závratě a kolapsy z důvodu pozátěžové hypotenze
- **fáze zotavení**: sledování uklidnění po zátěži

Typy protokolů

Indikace k vyšetření

- Základní lékařské vyšetření sportovců
- Indikace preventivně kardiologické
- Indikace diferenciálně diagnostická
- Posudkové indikace
- Indikace farmakoterapeutická

Kontraindikace

- Vyšetření je velmi nebezpečné podstoupit, pokud pacient trpí závažnými poruchami srdečního rytmu, při nestabilní angině pectoris či při zúžení aorty
- Ergometrie nemůže být prováděna, probíhá-li u pacienta akutní zánětlivé onemocnění
- Je nutné vyšetření odložit, pokud pacient hlásí před začátkem příznaky jako je dušnost, točení hlavy, bolest na hrudi
- Vyšetření také nemůže být prováděno, pokud pacient není schopen absolvovat fyzickou zátěž, ať už z důvodů akutních - zranění nebo náhlé onemocnění, či chronických - plicní problémy nebo jiná svalová či kloubní patologie
- Dalším důvodem k neprovedení vyšetření je, pokud se pacient trpící onemocněním s proměnlivým průběhem nachází ve fázi zhoršení stavu. Příkladem může být diabetes mellitus, astma bronchiale, arteriální hypertenze

Komplikace

- K nejvýraznějším, a také nejzávažnějším rizikům ergometrie, patří zejména vznik akutního infarktu myokardu (0,05%), případně maligní arytmie. Riziko je přirozeně vyšší u pacientů trpících ischemickou srdeční poruchou či zvláště v časné fázi infarktu myokardu
- Riziko náhlé smrti je u pacientů přibližně 0,01%
- Dalším rizikem je případné svalové či kloubní zranění vycházející z nadměrné zátěže. Toto riziko hrozí zejména u pacientů důchodového věku
- Může docházet i k drobnějším komplikacím jako jsou závratě, slabost či přetrvávající únava.

Indikace přerušení zátěžového testu

- Typické projevy anginy pectoris
- Dyspnoe, zvláště s nálezem vlhkých fenoménů při auskultaci hrudních orgánů
- Ischemické známky na EKG, zvláště typické ischemické ST deprese prograduj ící se zvyšováním zátěže
- Vzestup STK na 240 mmHg nebo DTK nad 120 mmHg
- Výskyt těchto změn na EKG: salvy předčasných stahů, polymorfní předčasné stahy, předčasné stahy s pevnou vazbou na normální komplexy, různé formy náhle vzniklé tachykardie, fibrilace, blokáda vzniklá v souvislosti se zátěží.

Příprava k vyšetření

1. Doporučuje se nejméně 3 hodiny před vyšetřením nejíst a nepít ve větším množství, nekouřit a alespoň 12 hodin před vyšetřením nevykonávat neobvyklou fyzickou námahu
2. Po poradě s indikujícím lékařem je nutno vysadit léky:
   - beta-blokátory (např. Vasocardin, Betaloc, Egiloc, Tenormin, Concor, Lokren, Sectral…) 2-3 dny před vyšetřením
   - 24 hodin před vyšetřením je nutné vysadit nitráty (Cardiket, Isomer, Iso-Mack, Mycor, Nitro-Mack, Mono Mack, Olicard, Sorbimon, Corvaton, Molsihexal…).

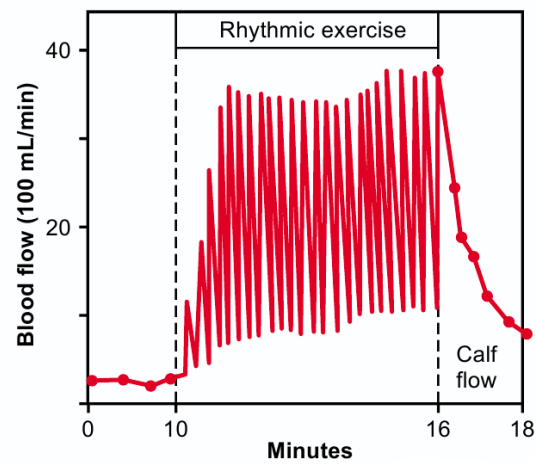
Reakce organizmu na zátěž

Kardiovaskulární systém

Řízení kardiovaskulárního systému během cvičení zajišťuje systémová a lokální regulace. Zvýšení aktivity sympatiku vede ke zvýšení srdeční frekvenci a kontraktility srdce, což vede ke zvýšení srdečního výdeje; lokální regulace zajišťuje vazodilataci v koronárních nebo svalových cévách.

Průtok krve svaly

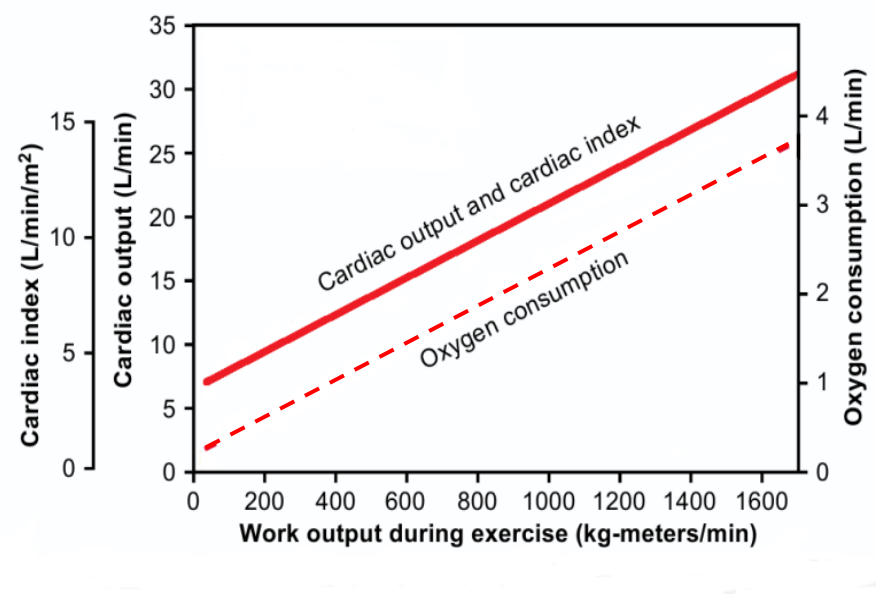
Klíčovým požadavkem kardiovaskulární funkce ve cvičení je dodat kyslík a další živiny do pracujících svalů. Pro tento účel průtok svalovinou se výrazně zvyšuje během cvičení. Graf 1 ukazuje záznam krevního průtoku svalů, které má osoba po dobu 6 minut cvičení (rytmické kontrakce svalů). Všimněte si nejenom velký nárůst průtoku (asi o 13- krát), ale také i pokles průtoku v průběhu každé svalové kontrakce. Z toho vyplývá, že: 1) Samotný proces kontrakce snižuje proudění krve ve svalech, protože kontrakce kosterního svalu stlačuje intramuskulární cévy; silné tonické svalové kontrakce můžou způsobit rychlou svalovou únavu z důvodu nedostatečné dodávky kyslíku a živin během kontinuální kontrakce. 2) Průtok krve ve svalech se během cvičení výrazně zvyšuje. Následující srovnání ukazuje maximální nárůst průtoku u trénovaných sportovců během zátěže. Tak, průtok svaly se může zvýšit maximálně o 25 -krát v průběhu těžké zátěže. Téměř polovina tohoto zvýšení je výsledkem intramuskulární vazodilatace, která je vyvolaná zvýšeným metabolismem svalů. Zbývající zvýšení vyplývá z několika faktorů, z nichž nejvýznamnější je mírný nárůst arteriálního krevního tlaku, který se vyskytuje při zátěži



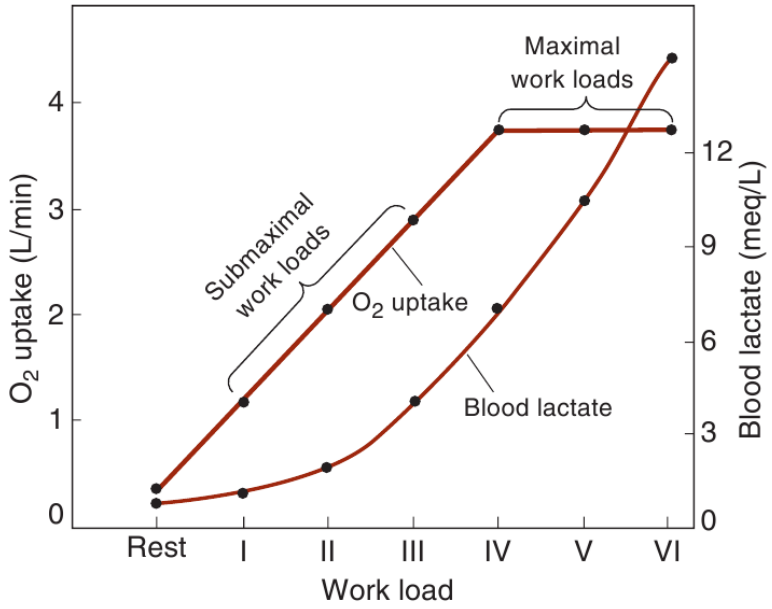
Graf 1: krevní průtok svaly při 6 minutovém cvičení (blood flow: krevní průtok, rhythmic exercise: rytmické cvičení)

Pracovní výkon, spotřeba kyslíku a srdeční výdej během zátěže

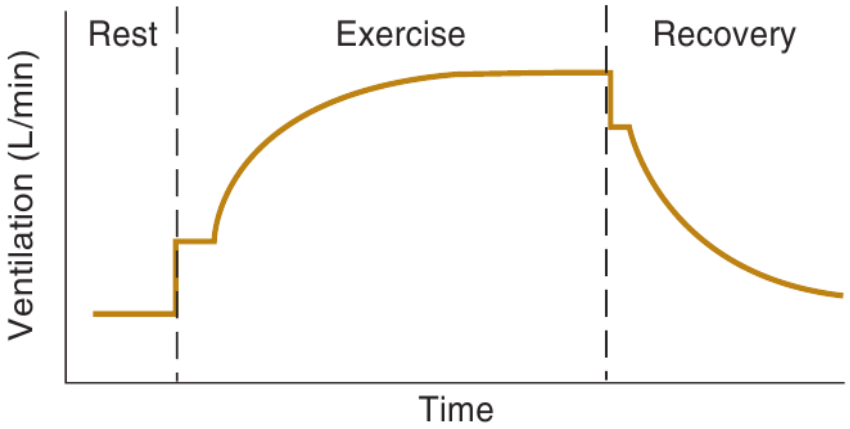
Graf č. 2 ukazuje vzájemný vztah mezi pracovním výkonem, spotřebou kyslíku a srdečním výdejem během zátěže. Jsou v přímém vztahu, protože svalová práce zvyšuje spotřebu kyslíku, a spotřeba kyslíku vede k dilataci svalových cév, čímž se zvyšuje žilní návrat a srdeční výdej. To znamená, že u netrénovaného člověka se může zvýšit srdeční výdej o něco málo – čtyřnásobně, u dobře trénovaného sportovce – asi šestinásobně (u maratonců až sedm – osm krát od klidové hodnoty).



Graf 2: vzájemný vztah mezi pracovním výkonem, spotřebou kyslíku a srdečním výdejem během zátěže (cardiac output: srdeční výdej, oxygen consumption: spotřeba kyslíku, cardiac index: srdeční index)

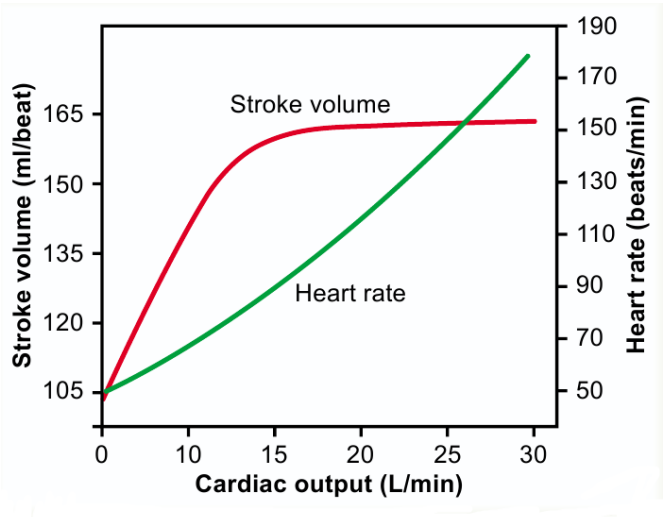


Graf 3: spotřeba kyslíku a tvorba laktátu během fyzické zátěže (O_2 uptake: příjem kyslíku, submaximal work load: pracovní zátěž nižší než maximální, blood lactate: hladina laktátu v krvi, maximal work load: maximální zátěž)



Graf 4: ventilace během fyzické zátěže (ventilation: ventilace, rest: klid, exercise: cvičení: recovery: zotavení)

Vliv systolického výdeje a srdeční frekvence na srdeční objem



Graf 3. Tělesná teplota během zátěže (stroke volume: systolický objem, cardiac output: srdeční výdej, heart rate: srdeční frekvence)

Graf č. 3 ukazuje přibližné změny systolického výdeje a srdeční frekvence a jako důsledek i srdečního výdeje z klidových hodnot 5,5 l / min až na 30 l / min při zátěži (maraton). Ale zvýšení tepové frekvence má daleko větší vliv na zvýšení srdečního výdeje, než nárůst systolického výdeje během zátěže. Systolický objem obvykle dosahuje svého maxima v době, kdy má zvýšení srdečního výdeje pouze na půl cesty k svému maximu. To znamená, že další zvýšení srdečního výdeje je dáno zvýšením srdeční frekvence.
Téměř veškerá energie, která je uvolněná při metabolizmu živin je přeměněna na tělesné teplo. To platí i pro energii, která způsobuje svalové kontrakce a to je z následujících důvodů: Za prvé, maximální efektivita při přeměně živin na energie pro svalovou práci, a to i za nejlepších podmínek, je jen 20 až 25 procent; zbývající část energie se přemění na teplo v průběhu intracelulárních chemických reakcí. Za druhé, téměř veškerá energie, která jde na vytvoření svalové práci stále bude přeměněna na tělesné teplo, protože energie se používá pro (1) překonání viskózního odporu (pohyb svalů a kloubů), (2) překonání tření krve o cévní stěny, a (3) další, podobné efekty – všechno, co vede k přeměně energie na teplo při svalové kontrakce.

Spotřeba kyslíku se může zvýšit až 20 - násobně u dobře trénovaných sportovců, a množství tepla je úměrné spotřebě kyslíku.

Termoregulace a zátěž

Co reguluje tělesnou teplotu?

- Hypotalamus:
    - má centrum pro regulaci teploty
    - dostává informaci z
        - termoreceptorů kůži
        - krve
    - Přední hypotalamus - stimuluje vydej tepla
    - Zadní hypotalamus - stimuluje zachování tepla

Mechanizmy termoregulace

- Když je horko: (vydej tepla)
    - vazodilatace podkožních cév; víc se potí (↑ vydej tepla)
    - zvýšení svalové aktivity; snížení sekrece tyroxinu a epinefrinu (↓ produkce tepla)
- Když je zima: (zachování tepla)
    - vazokonstrikce podkožních cév (↓ výdej tepla)
    - třes a zvýšení sekrece tyroxinu a adrenalinu (↑ produkce tepla)

- Mechanismy ztráty tepla
    - Záření - vyzařování elektromagnetických tepelných vln
    - Vedení - přímý přenos tepla přes tekuté, pevné nebo plynové látky (přímý kontakt)
    - Konvekce - přenos tepla pomocí vzdušných proudů z povrchu kůže
    - Odpařování - odpařování vody z povrchu dýchacích cest nebo kůže (2-4 miliony potních žláz)