

Spiroergometrie



Ergometrie

– neinvazivní vyšetřovací metoda umožňující sledovat stav a činnost srdce při zátěži

Hlavní indikace k ergometrickému vyšetření:

- **diagnostika ischemické choroby srdeční** (pravděpodobnost ICHS)
- posouzení **rizika** a **prognózy** u symptomatických nemocných nebo s anamnézou ICHS
- nemocní po infarktu myokardu (doporučení fyzické aktivity a její **intenzity**)

Cíl zátěžových testů:

- Vyprovokovat:
 - identifikovatelnou **klinickou odpověď** (bolest a dušnost)
 - **změny fyziologických ukazatelů** (krevní tlak a tepovou frekvenci)
 - přítomnost **specifických abnormalit** (ST– T změny elektrokardiogramu, arytmie)
- Zjistit stupeň zátěže dosažený v době této klinické odpovědi nebo zátěže při maximálním úsilí.

Komplexní hodnocení zátěžového testu

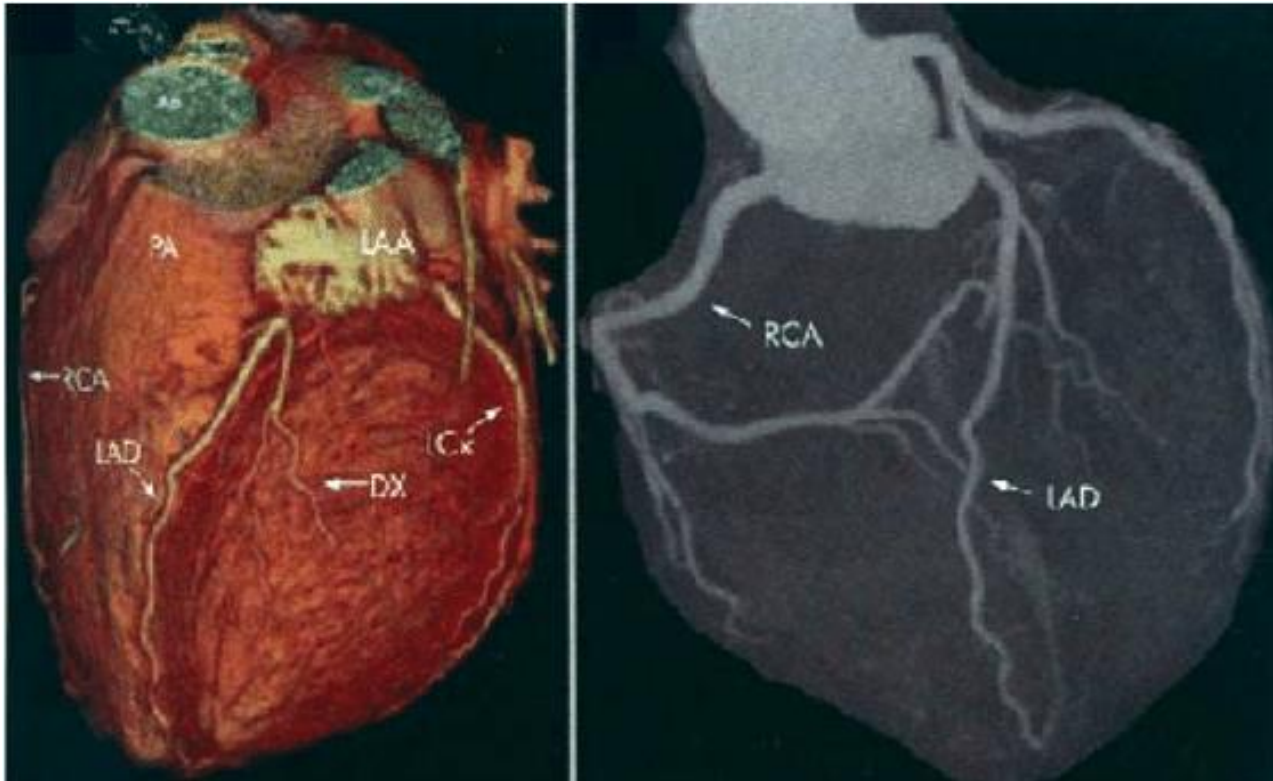
- **klinickou odpověď**, reakci pacienta a jeho subjektivní obtíže
- **hemodynamickou odpověď**
- **EKG změny**
- **tělesnou výkonnost**

Diagnostika ICHS

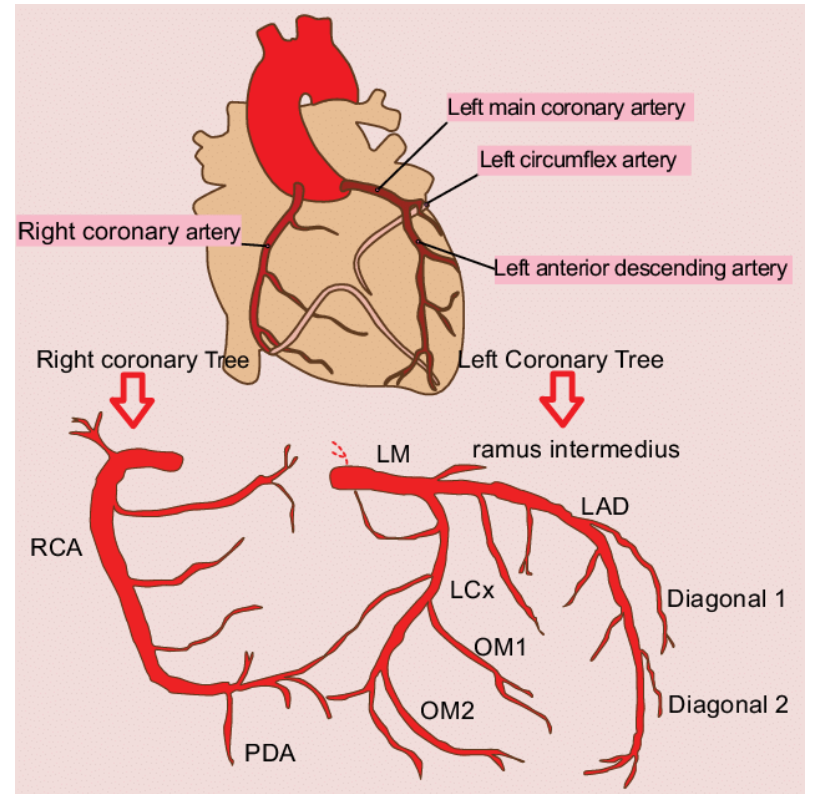


- nejcennější u pacientů se středním předtestovým rizikem ICHS

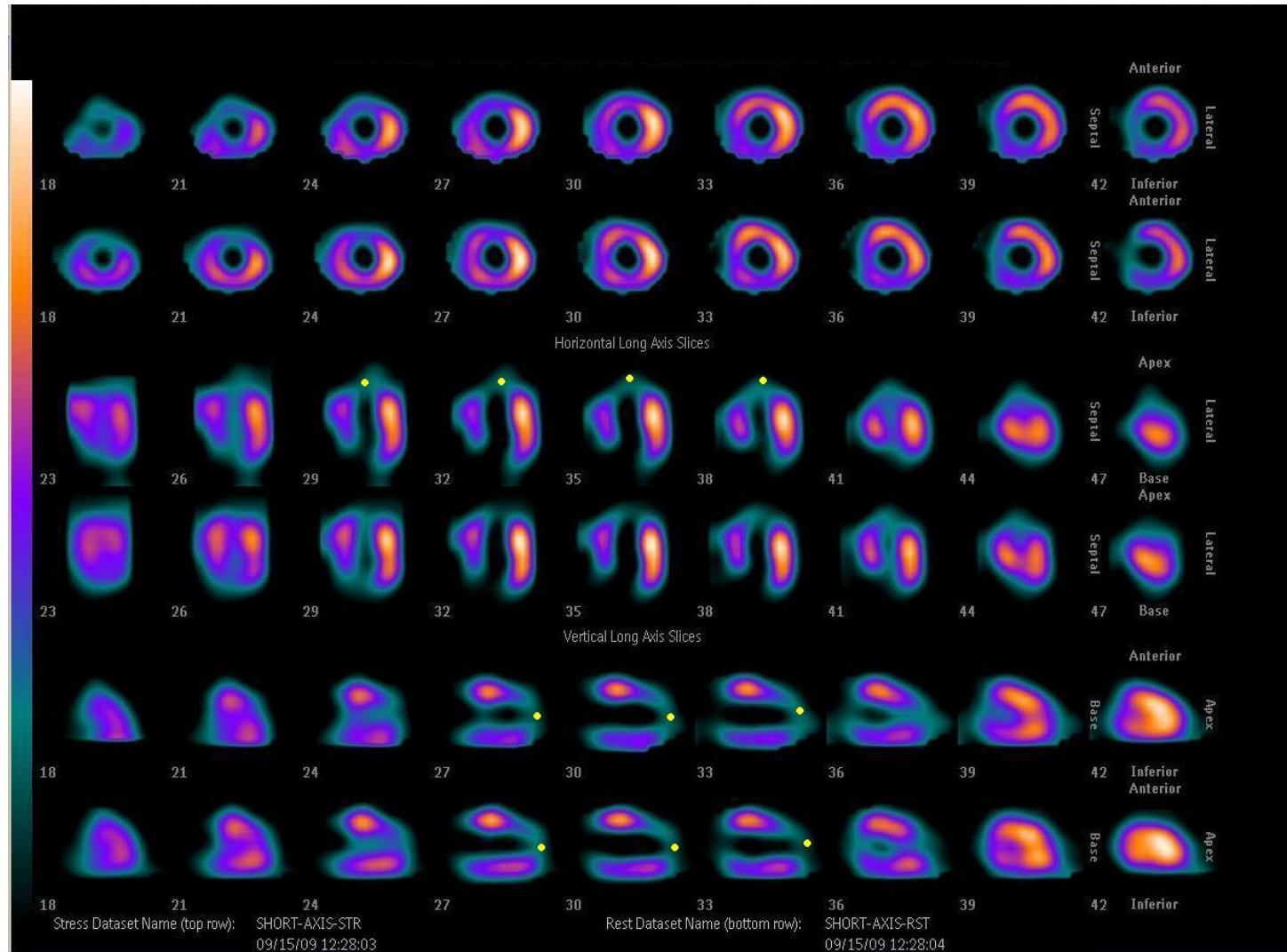
Diagnostika ICHS



- název vyšetření:
- provedení:
- výhody:



Diagnostika ICHS

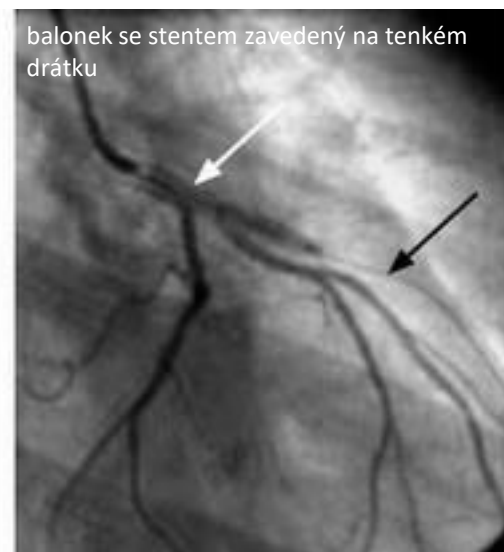


- název vyšetření:
- provedení:
- výhody:



Diagnostika ICHS

- název vyšetření:
- provedení:
- výhody:



Důvody ukončení ergometrického vyšetření:

limitace symptomů

- bolest, únava, dušnost nebo klaudikace

dosažení diagnostického cíle

- stenokardie, ST – T změny, arytmie, maximální tepová frekvence, bolest DK

bezpečnostní důvody

- významná **změna TK**,
- **snížená perfuze** (cyanóza, bledost),
- **neurologické příznaky** (ataxie, závratě, zmatenost, poruchy zraku),
- **deprese nebo elevace ST > 4mm**,
- vznik **arytmie** (fibrilace síní, supraventrikulární tachykardie, komorová tachykardie, AVB II. – III. stupně, raménková blokáda).

Spiroergometrie

= zátěžové vyšetření (velmi podobné ergometrii)

slouží k posouzení funkční rezervy kardiovaskulárního systému především u pacientů se srdečním selháním:

- objektivizace závažnosti onemocnění (přesně změří **tělesnou výkonnost**)
- efekt intervenčních zákroků
- efekt rehabilitace

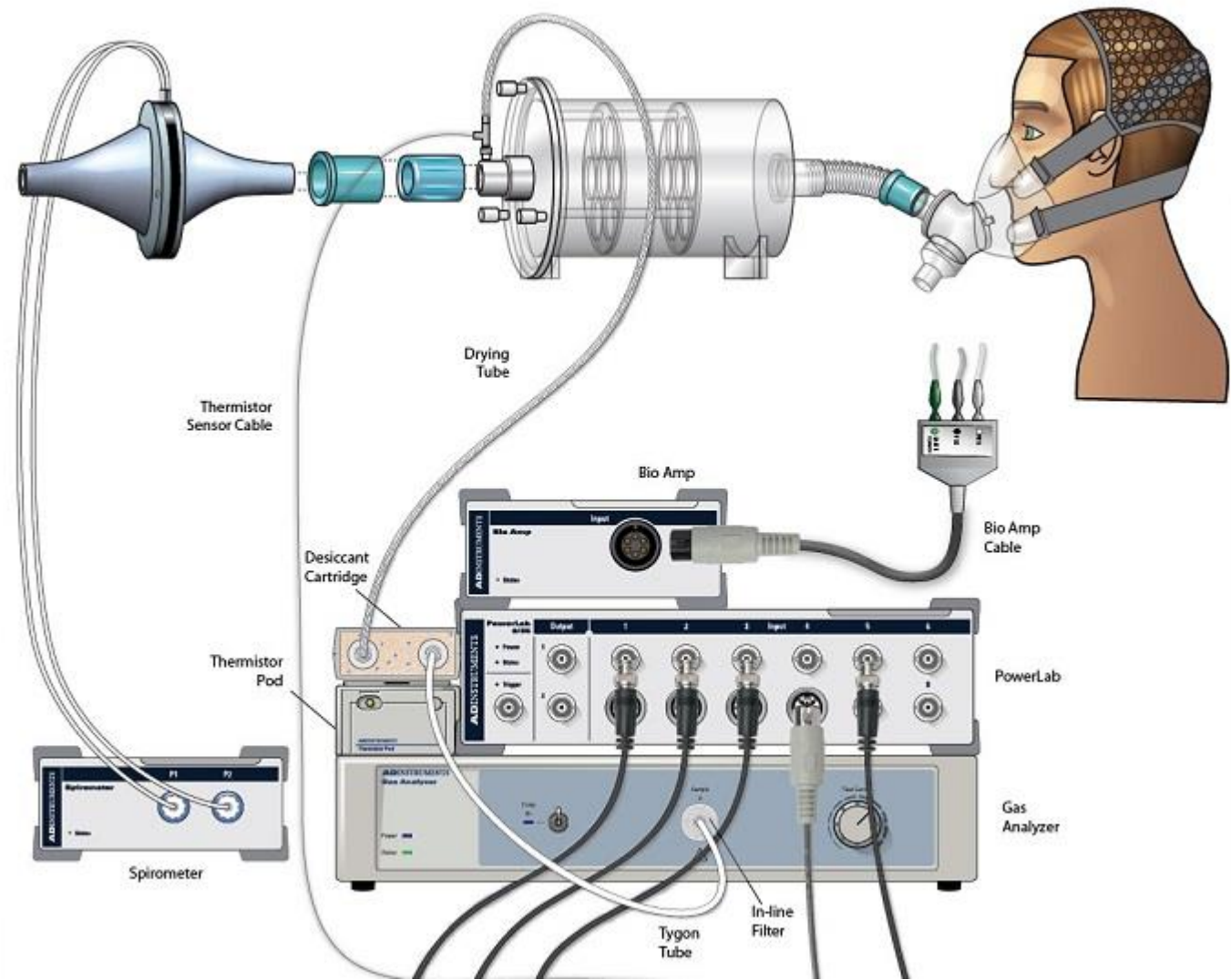
probíhá na (bicyklovém) ergometru, s využitím EKG, průtokoměru a metabolického monitoru

měříme

- spotřebu kyslíku VO_2 (ml/min/kg)
- vydýchaný CO_2 (ml/min/kg)
- respirační kvocient (RQ, RER)
- minutovou ventilaci (l/min)
- SF, TK
- EKG
- SpO_2

stanovujeme

- **VO_2 peak** (ml/min/kg) – vrcholová spotřeba kyslíku (spotřeba kyslíku při maximální tolerované zátěži), základní stanovovaný parametr
- **VO_2 max** (ml/min/kg) – maximální spotřeba kyslíku (spotřeba kyslíku u jedince schopného podstoupit maximální intenzitu zatížení)
- **anaerobní práh** (ventilační, laktátový, Conconiho...)



Hemodynamická odpověď

standardně hodnotíme

- tepovou frekvenci
- krevní tlak

dvojprodukt (**Robinsonův index**)

- součin srdeční frekvence a krevního tlaku
- dobrý **ukazatel spotřeby kyslíku** myokardem
- mezi srdeční frekvencí, spotřebou kyslíku a intenzitou zátěže je takřka lineární vztah

maximální srdeční frekvence

- odpovídá srdeční frekvenci při maximální spotřebě kyslíku a maximální intenzitě zátěže
- odhad: $SF_{max} = 220 - \text{věk}$

submaximální tepová frekvence

- $TF_{submax} = 75 - 85 \% SF_{max}$
- (někdy) doporučována jako cílová SF zátěžového testu v časně fázi po infarktu myokardu

Hemodynamická odpověď

systolický tlak

- **vzrůstá** (spolu se zvyšujícím se tepovým objemem)
- fyziologické navýšení představuje zhruba **10 mm Hg na každý stupeň zátěže**
- po skončení zátěže se vrací na původní úroveň (zhruba) během 6 minut

diastolický tlak

- zůstává zhruba stejný (může se mírně navýšit, či snížit)

tlaková amplituda

- vzrůstá

možnost prudkého poklesu sys. TK se známkami nedokrevnosti mozku při náhlém přerušení zátěže

- způsobeno vazodilatací a nahromaděním krve v žilním systému
- prevence – ukončení testu šlapáním bez zátěže – cool down, uložení vyšetřovaného po skončení testu do vodorovné polohy

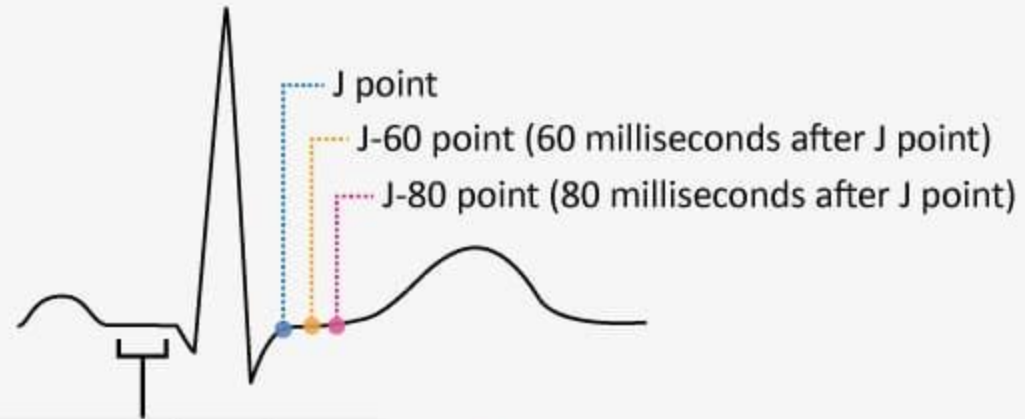
EKG změny

- elektrokardiografický projev ischemie:
 - zátěží vyprovokovaná, horizontální nebo descendentní **deprese úseku ST >1mm (0,1mV) a trvající 80 ms** od konce QRS komplexu ve **třech** po sobě jdoucích cyklech
- *deprese ST vzniklé až po zátěži mají pravděpodobně stejnou předpovědní hodnotu jako deprese vzniklé při zátěži*



Measurement of ST segment depression during exercise stress testing

- = J point
- = J 60 point
- = J 80 point



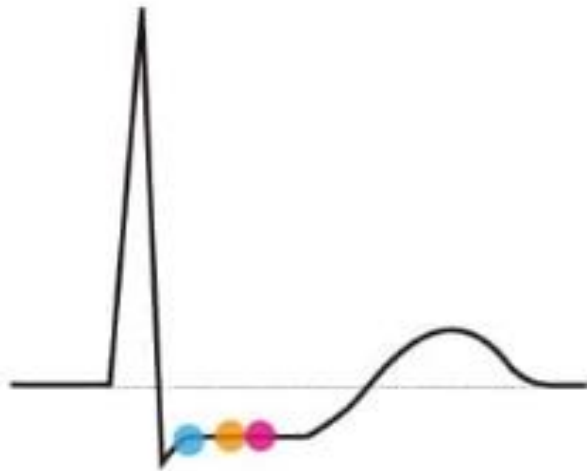
The PR segment is the reference (baseline) level for measuring ST segment deviation

Note:

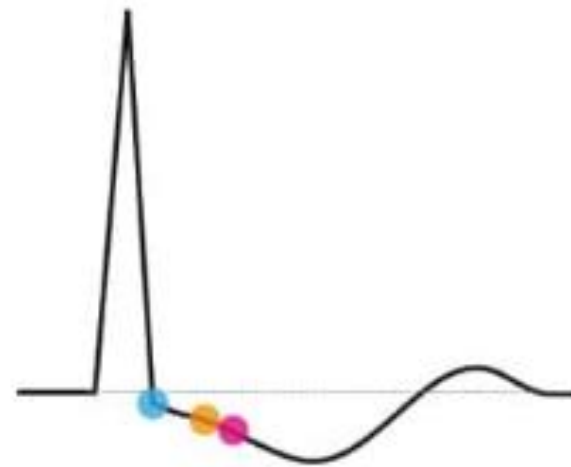
- 1 small square on the ECG grid is 40 ms if paper speed is 25 mm/s.
- 1 small square on the ECG grid is 20 ms if paper speed is 50 mm/s.



ST depression caused by myocardial ischemia



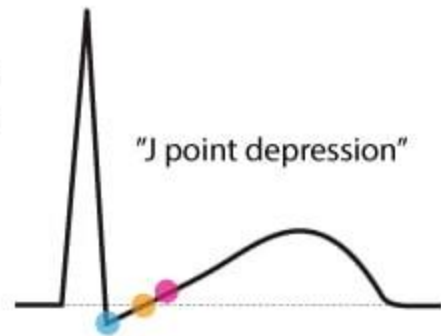
Horizontal ST segment depression 1 mm or more in J-60 or J-80.



Downsloping ST segment depression 1 mm or more in J-60 or J-80.

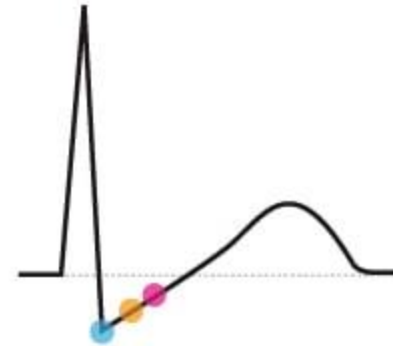
Normal (physiological) ST depression

- = J point
- = J 60 point
- = J 80 point



In this scenario there is actually no ST segment depression because the J-60 and J-80 points are above the baseline. Thus, this is only a J point depression. Such J point depressions are normally seen during exercise (high heart rates) and hyperventilation.

ST depression of uncertain cause



In this scenario there is an actual ST depression because the J-60 and J-80 points are below the baseline. However, this ST depression is difficult to judge because of its upsloping ST segment. It is not typical of ischemia but it may be of ischemic origin, particularly in these scenarios:

- 1) If the ST depression is pronounced (>1.5 mm in J-60).
- 2) If the ST depression occur at low workload.
- 3) If the upward slope of the ST segment is discrete.

The more horizontal the ST segment, the more likely that the depression is caused by ischemia.





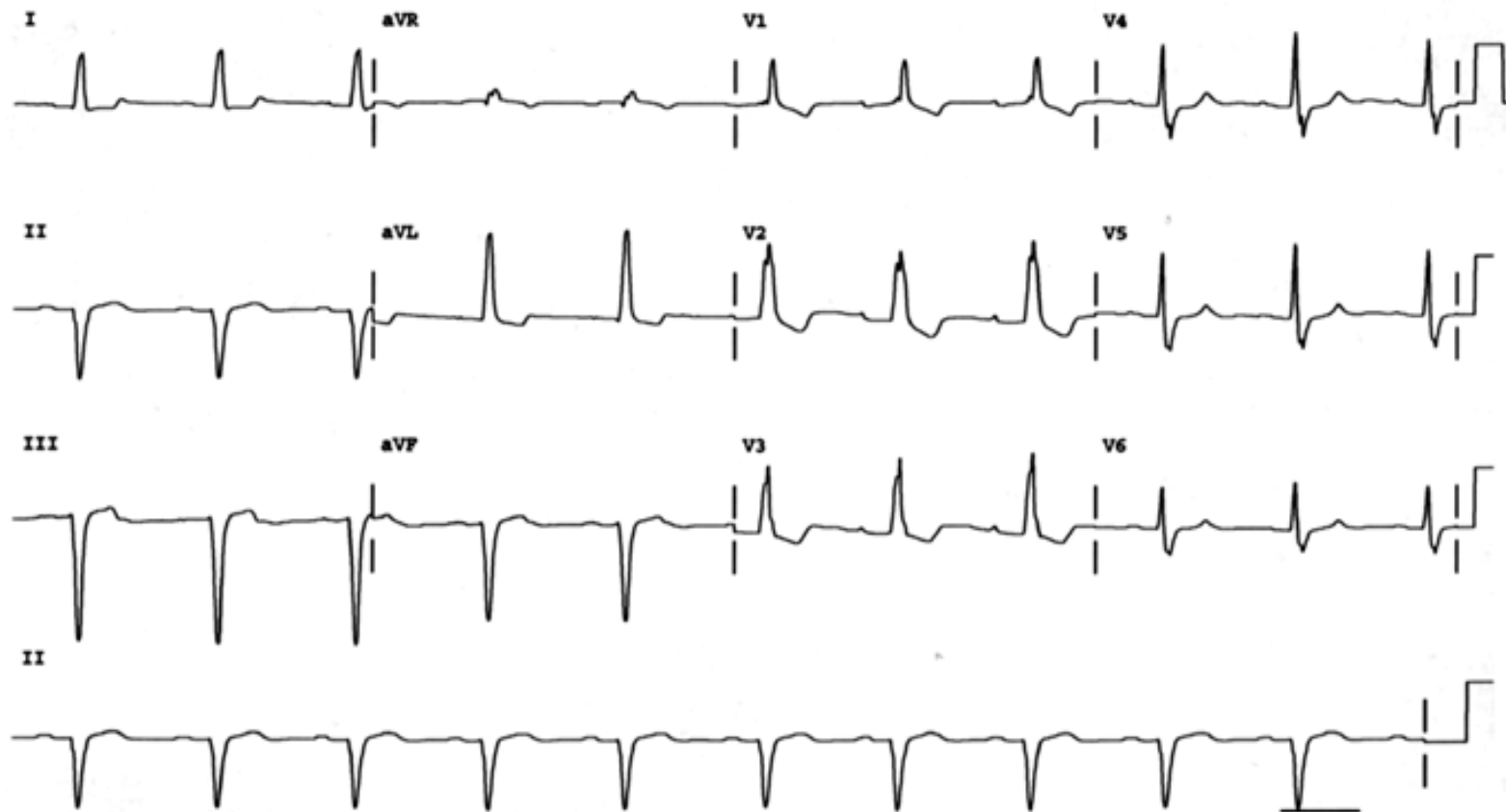
	No ST depression	Negative stress test
	Upsloping ST depression (>1mm)	Equivocal stress test
	Horizontal ST depression (>1mm)	Positive stress test
	Downsloping ST depression (>1mm)	

Figure 2. ST segment depression with exercise.



Hodnocení tělesné výkonnosti

ukazuje schopnost nemocného podat určitý tělesný výkon – **práci** za určitý čas

zátěžová kapacita nejlépe vyjádřitelná **spotřebou kyslíku** (VO_2) – v přímém vztahu s vykonanou prací

v klidu kyslíková spotřeba asi **3,5 ml/kg/min** = 1 MET (metabolický ekvivalent)

maximální spotřeba kyslíku (VO_2 max) – maximální množství O_2 , kterou může vyšetřovaná osoba **spotřebovat** v organizmu za časovou jednotku za podmínek dynamické zátěže a které se i přes pokračující zátěž již dále nezvyšuje = *maximální aerobní kapacita*

- **muži: 45 ml/kg/min**
- **ženy: 35 ml/kg/min**

**Fyziologické hodnoty VO₂ max. pro různé věkové skupiny
(ml/kg/min)**

věk	muži	ženy
20–29	43 ± 7.2 12 METs	36 ± 6.9 10 METs
30–39	42 ± 7.0 12 METs	34 ± 6.2 10 METs
40–49	40 ± 7.2 11 METs	32 ± 6.2 9 METs
50–59	36 ± 7.1 10 METs	29 ± 5.4 8 METs
60–69	33 ± 7.3 9 METs	27 ± 4.7 8 METs
70–79	29 ± 7.3 8 METs	27 ± 5.8 8 METs

Omezení aerobní kapacity podle zátěžových hodnot spotřeby kyslíku

Funkční klasifikace na základě spotřeby kyslíku			
NYHA	Třída	VO ₂ ml/kg/min	Omezení
I	A	> 20	žádné až mírné
II	B	16–20	lehké až střední
III	C	10–15	střední až těžké
IV	D	< 10	těžké

- snížení spotřeby kyslíku pod 12 ml/kg/min představuje indikaci k srdeční transplantaci

Typy protokolů

- vrcholová spotřeba kyslíku je do určité míry závislá na typu použitého protokolu
- rychlé zvyšování zátěže vede dříve k dušnosti, zatímco pomalé zvyšování vede k únavě často dříve, než se objeví EKG abnormality
- obecně se dá říci, že jsou **preferovány kontinuální zátěžové testy s krátkými stupni a malými přírůstky zátěže**, tak aby celková doba zátěže nepřesahovala **12 minut**.
- doporučuje se zahajovat zátěž na **25 W** (u fyzicky zdatných osob 50W) a zvyšovat každé 2 min o 25W do vyčerpání (test limitovaný symptomy) nebo do dosažení diagnostického cíle (stenokardie, ST změny, vyprovokování arytmií, maximální tepová frekvence)
- u nemocných se **srdečním selháním nebo těžší AP** se doporučuje zvyšování zátěže **po 10W**. U nemocných se středním a těžším srdečním selháním se doporučuje 6-ti minutový test chůze (walk test)

Vliv léčby na hodnocení zátěžových testů

digitalis

- může způsobit zátěžovou depresi ST úseku i bez přítomnosti ischemie
- negativní výsledek výrazně snižuje pravděpodobnost ICHS, ale pozitivní je nespolehlivý

beta blokátory

- snižují SF dosaženou při maximální zátěži
- snižují diagnostickou hodnotu testu a mohou vést k falešně negativním výsledkům

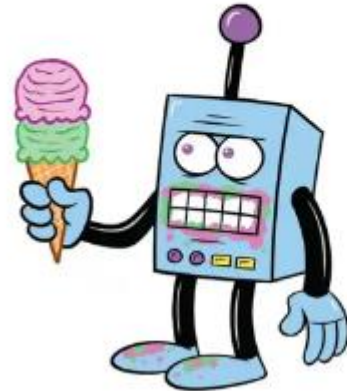
vasodilatancia

- oddalují nástup ST-T změn i subjektivních potíží





Scooped
appearance of the
digoxin effect



Zdroje obrázků

- CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=221703>
- Autor: Mvejr – Own work, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=70259282>
- <https://www.nemfm.cz/userdata/articles/149/spiroergo-bicykl.jpg>
- <https://www.fnhk.cz/kch/koronarni-tepny/co-je-ischemicka-choroba-srdecni>
- <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2005/cislo-8/katetrizacni-lecba-srdecnich-infarktu.html#&gid=1&pid=1>
- <https://www.researchgate.net/profile/Sudhir-Regmi-2/publication/23235742/figure/fig5/AS:310555257655310@1451053551971/CT-Angiography-showing-normal-Coronary-Arteries.png>
- Autor: Sincefalastrum – Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7830292>
- https://www.compek.cz/e-shop/ekg-zatezove-custo-cardio-300-usb-komplet_863-043.html#&gid=1&pid=1

Využití testu VO₂max pro nastavení intenzity tréninku

- **50 – 60 % SF max, 85 % SF úrovně anaerobního prahu**
 - = regenerace a zdravotní účinky, snížení rizikových faktorů civilizačních onemocnění
- **65 – 85 % SF max, 90 – 100 % SF úrovně anaerobního prahu**
 - rozvoj kardiorepiračního systému a kondice
 - zvyšování vytrvalostní výkonnosti