

Potrebujeme ešte ergometriu?

Juraj Dúbrava

Oddelenie neinvazívnej kardiológie, Univerzitná nemocnica Bratislava

Význam ergometrie na diagnostiku ischémie myokardu v ére expanzie zobrazovacích metodík zásadne poklesol. Najväčším problémom je suboptimálna diagnostická presnosť, predovšetkým neuspokojivá senzitivita. Významným negatívom je vysoký podiel nevýpovedných testov a nižšia diagnostická hodnota u žien. Európska kardiologická spoločnosť odporúča preferovať na diagnostiku obštrukčnej koronárnej artériovej choroby (KACH) zobrazovacie metodiky. Ergometriu možno zvážiť ako alternatívny test na potvrdenie, resp. vylúčenie KACH, ak nie sú dostupné neinvazívne alebo invazívne zobrazovacie metodiky. Odlišné stanovisko majú americké kardiologické spoločnosti ACC/AHA, podľa ktorých možno použiť ergometriu ako iniciálne vyšetrenie u pacientov s bolesťou na hrudníku s intermediárnym rizikom bez známej KACH. Ergometria má naďalej významnú pozíciu pri manažmente asymptomatických chlopňových chýb. V prehľadovej práci prezentujeme indikácie a limitácie ergometrie, postavenie v reálnej praxi a možnú budúcnosť ergometrie.

Kľúčové slová: CT koronárna angiografia, ergometria, ischémia myokardu, koronárna artériová choroba, zobrazovacie metodiky.

Do we still need an exercise ECG?

The importance of exercise ECG for the diagnosis of myocardial ischaemia has fundamentally decreased in the era of advanced cardiac imaging techniques. The biggest problem is suboptimal diagnostic accuracy, especially unsatisfactory sensitivity. A significant limitation is the high proportion of inconclusive tests and the lower diagnostic accuracy in women. The European Society of Cardiology prefers non-invasive functional imaging or coronary computed tomography angiography for diagnosing obstructive coronary artery disease (CAD). Exercise ECG may be considered as an alternative test to rule-in or rule-out CAD when other non-invasive or invasive imaging methods are not available. American College of Cardiology and American Heart Association on the other hand continue to recommend exercise ECG as an initial examination for intermediate-risk patients with acute chest pain and no known CAD for the diagnosis of myocardial ischemia. Exercise ECG still has an important position in the management of patients with asymptomatic valvular diseases. In an overview, we present the indications and limitations of exercise ECG, its real-world position, and the possible future of exercise ECG.

Key words: coronary artery disease, coronary computed tomography angiography, exercise ECG, imaging tests, myocardial ischaemia.

Úvod

Prvé publikované práce o záťažovej elektrokardiografii (EKG), resp. ergometrii na detekciu ischémie myokardu, pochádzajú spred 70 rokov (1). Prvým metodologickým štandardom ergometrie bol Bruceov protokol z roku 1956 (2).

Do 80-tych rokov 20. storočia bola ergometria absolútne dominantnou neinvazívnou diagnostickou metódou koronárnej artériovej choroby (KACH). Vtedy sa senzitivita neinvazívnej diagnostiky ischémie

myokardu zlepšila zavedením rádionuklidového zobrazenia perfúzie myokardu, t.j. SPECT (single-photon emission computerized tomography), hoci za cenu radiačnej záťaže. Od 90-tych rokov 20. storočia sa začala používať záťažová echokardiografia (ECHOKG). V posledných 15 rokoch zaznamenala výrazný progres CT koronárna angiografia (CTCA) (3). Dôsledkom je evidentný pokles záujmu o ergometriu, korunovaný výrazným oslabením pozície tejto metodiky podľa odporúčaní Európskej kardiologickej spoločnosti (ESC) z roku 2019 (4).

Aké je postavenie ergometrie v ére expanzie vyspelých zobrazovacích metód? Ide o labuti pieseň alebo môže ergometria dúfať v comeback?

Neinvazívna diagnostika ischémie myokardu

Metódy neinvazívnej diagnostiky ischémie myokardu možno klasifikovať na funkčné a anatomické (4). Pri funkčnej diagnostike ide o detekciu abnormalít: a) EKG (ergometria), b) kinetiky stien ľavej komory (záťažová ECHOKG, záťažová MRI [magnetická rezonancia srdca]), c) perfúzie myokardu ľavej komory (záťažová SPECT, záťažová PET [pozitronová emisná tomografia]), myokardiálna kontrastná ECHOKG, kontrastná MRI. Pri anatomickej diagnostike (CTCA) ide o koronárnu luminografiu.

Logickou otázkou je, ktoré vyšetrenie voliť u ktorého pacienta. Kritériami voľby sú pretestová pravdepodobnosť (PTP) obštrukčnej KACH, charakteristiky pacienta, lokálna dostupnosť metód a lokálna expertíza (4).

Zvlášť treba zdôrazniť význam PTP obštrukčnej KACH. PTP sa v praxi často zanedbáva, hoci je to užitočný a jednoduchý nástroj na odfiltrovanie pacientov, u ktorých je prínos neinvazívnych diagnostických testov minimálny. PTP je daná vekom, pohlavím a charakterom bolesti na hrudníku (typická anginózna bolesť, atypická bolesť a neanginózna bolesť) (4). Neinvazívne testy na diagnostiku obštrukčnej KACH sú najprínosnejšie pri PTP > 15 %, možno ich zvážiť u pacientov s PTP 5 – 15 %, ak sú prítomné modifikátory, zvyšujúce PTP, a najmenej sú indikované pri nízkej PTP < 5 % (5).

Typická angina pectoris (AP) spĺňa všetky kritériá: 1. zvieravý dyskomfort na prekordiu, v krku, čeľustiach, ramene alebo paži, 2. indukcia telesnou záťažou, 3. ústup v pokoji alebo do 5 min. po s.l. nitráte. Atypická AP spĺňa 2 z uvedených kritérií. Neanginózna bolesť spĺňa ≤ 1 kritérium (4).

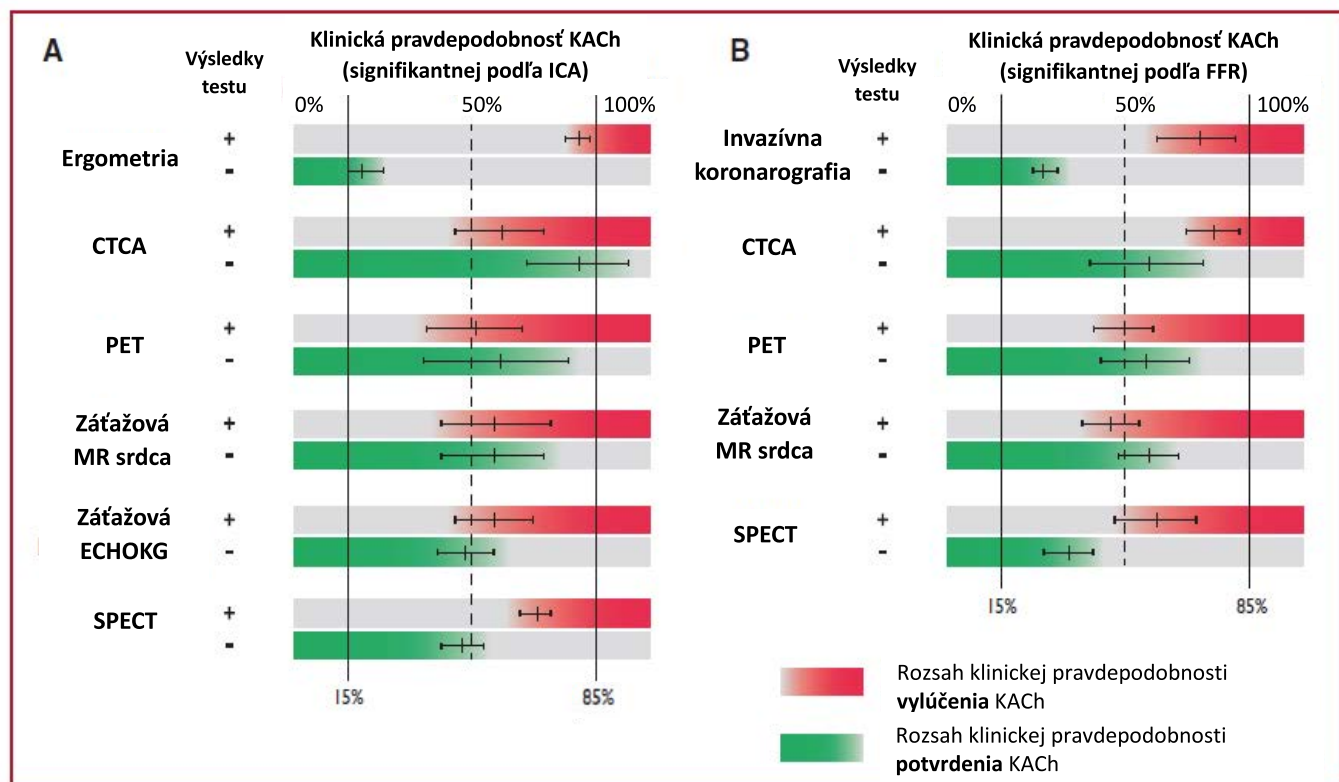
Modifikátory znižujú alebo zvyšujú PTP obštrukčnej KACH. PTP znižujú normálny nález pri ergometrii a absencia koronárneho calcia na CT (Agatstonovo skóre = 0). PTP zvyšujú rizikové faktory kardiovaskulárnych ochorení (hyperlipoproteinémia, diabetes mellitus, arteriálna hypertenzia, fajčenie, rodinná anamnéza kardiovaskulárnych ochorení), pokojové zmeny EKG (abnormálna vlna Q, významné zmeny segmentu ST/vln T), dysfunkcia ľavej komory (sugestívna pre KACH), koronárne kalcium na CT.

Na obrázku 1 je rozsah klinickej pravdepodobnosti vylúčenia, resp. potvrdenia obštrukčnej KACH jednotlivými diagnostickými metódami. Zobrazovacie záťažové metódy sú senzitivnejšie ako ergometria, pretože perfúzne abnormality myokardu a poruchy kinetiky sa v ischemickej kaskáde objavujú skôr ako zmeny EKG.

Podľa ESC existujú u pacienta so suspektným chronickým koronárnym syndrómom 3 diagnostické scenáre:

- pri vysokej klinickej pravdepodobnosti ischémie myokardu a pravdepodobnej koronárnej revaskularizácii sa preferenčne odporúča neinvazívna funkčná diagnostika ischémie,
- pri nízkej klinickej pravdepodobnosti ischémie myokardu sa preferenčne odporúča CTCA. Využíva sa tak vysoká negatívna prediktívna hodnota CTCA,

Obr. 1. Klinická pravdepodobnosť vylúčenia, resp. potvrdenia obštrukčnej koronárnej artériovej choroby (upravené podľa 4)



Vľavo je ako referenčná metodika anatomické hodnotenie pomocou invazívnej koronarografie (A). Vpravo je ako referenčná metodika funkčné hodnotenie pomocou FFR (frakčná prietoková rezerva) (B). CTCA – CT koronárna angiografia, ECHOKG – echokardiografia, KACH – koronárna artériová choroba, MR – magnetická rezonancia, PET – pozitronová emisná tomografia, SPECT – perfúzna scintigrafia myokardu

■ invazívna koronarografia sa odporúča pri vysokej klinickej pravdepodobnosti ischémie myokardu a ťažkom anginóznom syndróme, rezistentnom na farmakoterapiu, typickej angine pectoris pri nízkej intenzite záťaže a pri dysfunkcii ľavej komory, suspektné pre KACH (4).

Ak je CTCA nediagnostická alebo sa pri nej zistí KACH nejasného funkčného významu, ESC odporúča následne realizovať funkčnú zobrazovaciu diagnostiku ischémie myokardu (trieda odporúčaní I, úroveň dôkazov B) (4). ESC odporúča preferovať zobrazovacie záťažové testy oproti ergometrii.

Limitácie ergometrie

Ergometria má mnoho pozitív a negatív (tabuľka 1). Najväčší problém je suboptimálna validita metodiky, predovšetkým neuspokojivá senzitivita. V štúdiu SCOT-HEART Trial u 3 283 koronarografovaných pacientov bola senzitivita ergometrie len 39 % a špecificita 91 % (6). Maffei a spol. vykonali CTCA a ergometriu u 177 pacientov s nízkou až intermediárnou PTP KACH. Všetci mali ako referenčný štandard pre KACH koronarografiu. Pozitívna prediktívna hodnota CTCA a ergometrie pre obštrukčnú KACH bola 92,9 % vs. 8,7 %, negatívna prediktívna hodnota bola 100 % vs. 64,1 % (7). Zhoda medzi CTCA a ergometriou bola slabá, len 21 % (7).

Yin a spol. vykonali metaanalýzu 7 štúdií na diagnostiku KACH pomocou CTCA a ergometrie. Senzitivita CTCA a ergometrie boli 98 % (95 % CI [konfidenčný interval] 95 – 99 %) vs. 66 % (95 % CI 59 – 72 %). Špecificita bola 84 % (95 % CI 81 – 87 %) vs. 75 % (95 % CI 71 – 79 %) (8).

Ergometria má inferiórny diagnostický význam v porovnaní so zobrazovacími metodikami a má len limitovanú kapacitu na vylúčenie/potvrdenie obštrukčnej KACH (4). Naproti tomu senzitivita zobrazovacích metodík (SPECT, MRI, CTCA) je 80 – 90 % (9). CTCA má oproti ergometrii významne lepší benefit na predikciu veľkých kardiálnych príhod (MACE) v populácii s intermediárnym až vysokým rizikom (10), ako aj v populácii s nízkym až intermediárnym rizikom (11).

Významným negatívom ergometrie je vysoký podiel nevýpovedných testov. Lau a spol. vykonali CTCA a ergometriu u 346 pacientov s bolesťou na hrudníku a intermediárnym rizikom. Ergometria bola nejednoznačná až u 54 % pacientov. Pritom u 20 % pacientov s jedno-

značnou ergometriou bola prítomná obštrukčná KACH podľa CTCA (12). Analogicky Poldervaart a spol. zistili až 50 % inkonzistentných ergometrií. Na druhej strane, až 50 % pozitívnych ergometrií u pacientov s intermediárnym aj vysokým rizikom bolo falošne pozitívnych (13). Znáмым hendikepom ergometrie je významne nižšia diagnostická hodnota u žien ako u mužov. Senzitivita aj špecificita u žien sú len priemerné – 61 %, resp. 70 % (14). Akil a spol. zistili v súbore 1 021 pacientov významne nižšiu senzitivitu ergometrie u žien, ako u mužov (48 % vs. 70 %) pri porovnateľnej špecificite (67 % vs. 64 %). Ako referenčnú metódu použili myokardiálnu perfúziu scintigrafii (15). Nižšia diagnostická presnosť ergometrie u žien asi súvisí aj so všeobecne nižšou telesnou výkonnosťou žien a nižšou mierou dosiahnutia adekvátnej záťaže pri vyšetrení (4). Ergometria u žien má aj vyššiu mieru falošnej positivity, najmä vo zvodoch II, III, aVF, V5-6. Príčina nie je definitívne jasná (3). Niektorí autori však zistili rovnakú mieru falošnej positivity u žien aj mužov. Napríklad Fitzgerald a spol. prezentovali falošnú pozitivitu identicky u 19 % žien aj mužov v súbore 3 000 následných pacientov s negatívnou záťažovou ECHOKG, ktorú použili ako referenčnú metódu (16). Po zohľadnení limitácií ergometrie odporúča ESC na iniciálnu diagnostiku obštrukčnej KACH zobrazovacie metodiky (4). Ergometriu možno zvážiť ako alternatívu, ak zobrazovacie metodiky nie sú dostupné.

Indikácie ergometrie

Dominantnou indikáciou ergometrie vždy bola diagnostika ischémie myokardu, resp. KACH. Do roku 2019 bola pozícia ergometrie v tejto indikácii veľmi silná. Podľa odporúčaní ESC z roku 2013 bola v triede I (17). Ergometria sa odporúčala ako iniciálny test na diagnostiku stabilnej KACH pri angine pectoris a intermediárnej pravdepodobnosti KACH u pacientov bez antiischemickej terapie. V aktuálne platnej verzii odporúčaní ESZ z roku 2019 však došlo k dramatickému oslabeniu pozície ergometrie so zhoršením triedy odporúčaní až o 2 úrovne. Takýto pokles je v odporúčaníach ESC veľmi zriedkavý. Indikačná trieda klesla z I na IIb, čo znamená odklon od vyšetrenia (4). Ergometriu možno aktuálne zvážiť v triede IIb ako alternatívny test na potvrdenie/vylúčenie KACH, ak iné neinvazívne alebo invazívne testy nie sú dostupné. Ergometria sa teda už neodporúča ako iniciálne vyšetrenie pri suspekcií KACH. U pacientov so známou a liečenou KACH sa odporúča na hodnotenie

Tab. 1. Pozitívna a negatívna ergometrie

Pozitíva	Negatíva
Jednoduché a bezpečné vyšetrenie	Limitovaná senzitivita a špecificita
Dlhoročné skúsenosti	Významne nižšia diagnostická hodnota u žien
Dobrá dostupnosť	Vysoký podiel nediagnostických testov
Nízke náklady	Slabá pozícia podľa odporúčaní ESC pre diagnostiku chronického koronárneho syndrómu
Absencia radiačnej záťaže	Výlučne funkčná informácia
	Absencia anatomickej informácie o rozsahu a lokalizácii ischémie
	Nepoužiteľnosť pri preexistujúcich zmenách repolarizácie* a fibrilácii predsiení
	Nepoužiteľnosť pri vylučujúcich komorbiditách**
	Veľmi nízka úhrada výkonu***

*blokáda ľavého ramienka, hypertrofia ľavej komory s preťažením, komorová preexcitácia, depresie segmentu ST na pokojovom EKG $\geq 0,05$ mV, liečba digitalisom

**krehký habitus, ťažká obezita ($BMI > 40 \text{ kg/m}^2$), periférne artériové okluzívne ochorenie, pokročilá chronická obštrukčná choroba pľúc, neurologické a ortopedické limitácie, neschopnosť dosiahnuť záťaž aspoň 5 METs (metabolický ekvivalent záťaže)

***na Slovensku, ESC – Európska kardiologická spoločnosť

kontroly symptómov a ischémie tiež len v triede IIb. V triede I ju možno aktuálne použiť len na hodnotenie tolerance záťaže, symptómov, arytmií alebo reakcie tlaku krvi u vybraných pacientov (4).

Je zaujímavé, že americké mienkotvorné spoločnosti majú odlišný postoj k indikácii ergometrie ako ESC. Podľa aktuálnych odporúčaní American College of Cardiology a American Heart Association (ACC/AHA) z roku 2021 je ergometria indikovaná u pacientov s intermediárnym rizikom, akútnou bolesťou na hrudníku a bez známej KACH v triede I, úroveň dôkazov B-NR (NR = dôkazy z nerandomizovaných štúdií). Na rovnakú úroveň kladú tieto odporúčania záťažovú ECHOKG, záťažovú myokardiálnu perfúziu PET/SPECT a záťažovú MRI (18). Toto stanovisko je iste motivované aj tým, že nižšie ekonomické náklady na „stupňovitú“ diagnostiku (t.j. iníciaľná ergometria + p. p. následne zobrazovacie metodiky) môžu kompenzovať zníženú diagnostickú presnosť ergometrie (18).

Podľa ACC/AHA je senzitivita a špecificita ergometrie na diagnostiku KACH limitovaná (60 – 77 %), avšak napriek tomu je užitočným prognostickým nástrojom (18). Napríklad v štúdiu WOMEN, do ktorej bolo zaradených 824 symptomatických žien, bola ergometria rovnako efektívna na predikciu 2-ročného rizika koronárnych príhod, ako záťažová myokardiálna perfúzia SPECT (2,0 % vs. 2,3 %) (19).

V tabuľke 2 sú sumárne uvedené indikácie ergometrie pri chronickom koronárnom syndróme, resp. bolesti na hrudníku.

Menej častou indikáciou ergometrie sú chlopňové chyby. Ide predovšetkým o asymptomatickú ťažkú aortálnu stenózu, kde cieľom ergometrie je demaskovanie symptómov. Intervénčné riešenie ťažkej asymptomatickej aortálnej stenózy sa odporúča u pacientov s indukciou symptómov počas záťaže (trieda odporúčaní I, úroveň dôkazov C). Intervencia sa má zvážiť u týchto pacientov pri pretrvávajúcom poklese systolického TK počas záťaže > 20 mmHg (IIa/C) (20). Treba zdôrazniť, že samotný EKG záznam nepredstavuje indikáciu na intervenčné riešenie týchto pacientov. V tabuľke 3 je uvedený manažment aortálnej stenózy podľa ergometrického nálezu.

U hranične symptomatických pacientov so závažnou aortálnou regurgitáciou, ktorí nespĺňajú indikačné kritériá na náhradu chlopne (t.j. LVESD [enddiastolický priemer ľavej komory] > 50 mm, resp. > 25 mm/m² BSA [povrch tela] u pacientov s malým BSA, resp. EFĽK [ejekčná frakcia ľavej komory] ≤ 50 %), sa odporúča „liberálny prístup“ k ergometrii na identifikáciu symptómov (20). Rovnako sa odporúča vykonať ergometriu u asymptomatických pacientov s významnou mitrálnou stenózou (MVA [plocha ústia] ≤ 1,5 cm²), bez vysokého rizika embolizácie alebo hemodynamickej dekompenzácie. Vysoké tromboembolické riziko je definované ako anamnéza systémovej embolizácie, denzný spontánny echokонтast ľavej predsene alebo novovzniknutá fibrilácia predsiení. Vysoké riziko hemodynamickej dekompenzácie je definované ako systolický tlak krvi v a. pulmonalis v pokoji > 50 mm Hg, potreba veľkej nekardiálnej chirurgie

Tab. 2. Indikácie ergometrie pri chronickom koronárnom syndróme, resp. bolesti na hrudníku

Indikácia	Odborná spoločnosť	Odporúčanie	Trieda odporúčania	Úroveň dôkazov
Bolesť na hrudníku	AHA/ACC 2021 (18)	U pacientov s intermediárnym rizikom a akútnou bolesťou na hrudníku bez známej KACH, sú na diagnostiku ischémie myokardu užitočné ergometria, záťažová ECHOKG, záťažová myokardiálna perfúzia PET/SPECT alebo záťažová MRI	I	B-NR
Chronický koronárny sy	ESC 2019 (4)	Ergometria sa odporúča na hodnotenie záťažovej tolerance, symptómov, arytmií, reakcie TK a rizika príhod u selektovaných pacientov	I	C
Chronický koronárny sy	ESC 2019 (4)	Ergometriu možno zvážiť ako alternatívny test na potvrdenie, resp. vylúčenie KACH, ak nie sú dostupné neinvazívne alebo invazívne zobrazovacie metodiky	IIb	B
Chronický koronárny sy	ESC 2019 (4)	Ergometriu možno zvážiť u liečených pacientov na hodnotenie kontroly symptómov a ischémie	IIb	C
Chronický koronárny sy	ESC 2019 (4)	U asymptomatických dospelých (vrátane dospelých so sedavým štýlom života, zvažujúcich začatie intenzívnych záťažových programov) možno zvážiť ergometriu na hodnotenie KV rizika, najmä ak ide o hodnotenie non-EKG markerov, ako je záťažová kapacita	IIb	C

ACC/AHA – American College of Cardiology/American Heart Association, ECHOKG – echokardiografia, ESC – European Society of Cardiology, KACH – koronárna artériová choroba, KV – kardiovaskulárny, PET – pozitronová emisná tomografia, SPECT – single-photon emission computed tomography, MRI – magnetická rezonancia srdca, NR – nerandomizované štúdie, sy – syndróm, TK – tlak krvi

Tab. 3. Manažment aortálnej stenózy podľa ergometrického nálezu

Odborná spoločnosť	Odporúčanie	Trieda odporúčania	Úroveň dôkazov
ESC 2021 (20)	Intervencia sa odporúča u asymptomatických pacientov s ťažkou aortálnou stenózou a dôkazom symptómov pri ergometrii	I	C
ESC 2021 (20)	Intervencia sa má zvážiť u asymptomatických pacientov s ťažkou aortálnou stenózou a pretrvávajúcim poklesom TK počas ergometrie (> 20 mm Hg)	IIa	C
ESC 2021 (20)	Intervencia sa má zvážiť u asymptomatických pacientov s ťažkou aortálnou stenózou, EFĽK > 55 % a normálnou ergometriou, ak je nízke procedurálne riziko a je splnená ≥ 1 podmienka: ■ veľmi ťažká aortálna stenóza (stredný gradient ≥ 60 mm Hg alebo $V_{\max} > 5$ m/s) ■ ťažká kalcifikácia chlopne (ideálne hodnotená pomocou CT) a progresia $V_{\max} > 0,3$ m/s/rok ■ výrazne zvýšené hladiny NP (≥ 3-násobok normy podľa veku a pohlavia), potvrdené opakovaným meraním a bez iného vysvetlenia	IIa	B

CT – počítačová tomografia, EFĽK – ejekčná frakcia ľavej komory, ESC – European Society of Cardiology, NP – natriuretické peptidy, TK – tlak krvi

alebo želanie gravidity. Ak sa pri záťaži indukujú symptómy, je indikované intervenčné riešenie mitrálnej stenózy (20).

Odporúčania ESC uvádzajú, že u asymptomatických pacientov s chlopňovými chybami je ergometria bezpečná a užitočná (20). Bohužiaľ sa v „chlopňových indikáciách“ vykonáva zriedka (21).

Ergometria v reálnej praxi

V súčasnosti je evidentný pokles záujmu o ergometriu na diagnostiku ischémie myokardu. Dôvodom sú najmä: 1. limitovaná validita metodiky (najmä senzitivita), 2. výlučne funkčná informácia o ischémii myokardu bez anatomickej koronárnej informácie, 3. zlepšujúca sa dostupnosť a kvalita senzitivnejších zobrazovacích záťažových metodík (SPECT, záťažová ECHOKG) a najmä CTCA (3).

Ergometria má podľa aktuálnych odporúčaní mienkotvorných kardiologických spoločností významne lepšiu pozíciu v Amerike (18), ako v Európe (4).

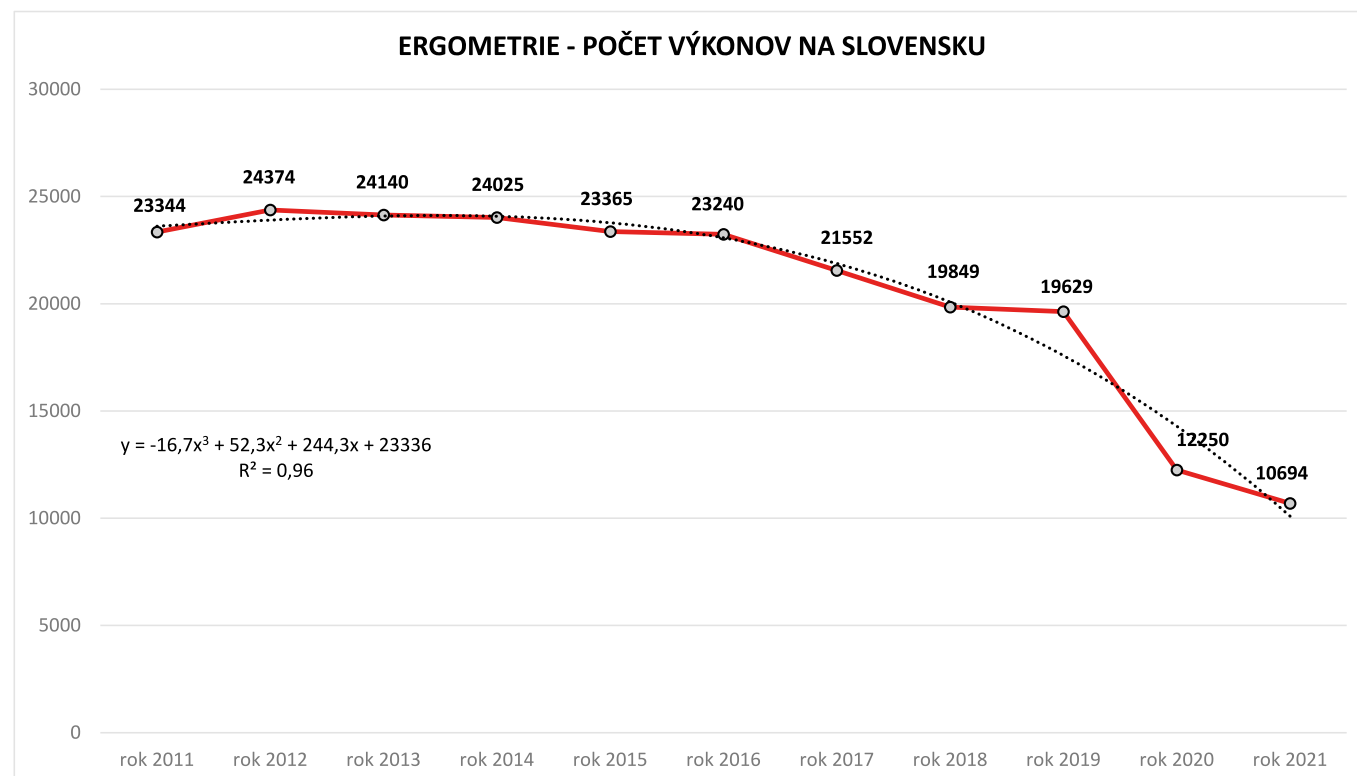
Na obrázku 2 je celkový počet ergometrických vyšetrení vykázaných poskytovateľmi na Slovensku na úhradu zdravotným poisťovním (z.p.) v rokoch 2011 – 2021. Počet ergometrií kontinuálne klesá od r. 2013. Oproti maximu r. 2012 výrazne klesol ich počet r. 2021 o 56 %. Prepad počtu vyšetrení iste nebol daný len infekciou COVID-19 (2020 – 2021), lebo sa začal už od r. 2017. Za hlavné príčiny poklesu záujmu o ergometriu na Slovensku považujeme: 1. zásadné oslabenie pozície ergometrie podľa odporúčaní ESC z r. 2019 (4), 2. výrazný vzostup záujmu o CTCA, 3. extrémne nízke platby za ergometriu (priemerná úhrada v jednotlivých z.p. roku 2021 6,10 – 6,20 €) (22).

Z hľadiska korektnosti treba uviesť, že potenciál ergometrie sa v praxi nie vždy úplne využíva. Klinici často hodnotia ergometriu pri diagnostike ischémie len kvalitatívne: áno/nie. Metodika pritom ponúka aj iné významné parametre: objektivizácia symptómov, diferenciálna diagnostika dyspnoe (ako ekvivalent anginy pectoris), hodnotenie záťažovej kapacity, reakcie tlaku krvi, indukcie arytmií, chronotropnej kompetencie, zotavovacej doby srdcovej frekvencie. Možno ju použiť aj na hodnotenie efektu liečby KACH a na stanovenie vhodnej miery záťaže pri rehabilitačných programoch kardiakov. Ergometria môže byť nápomocná pri selekcii pacientov so zvýšeným rizikom kardiálnej mortality – ide o pacientov so vznikom depresí segmentu ST a symptómov (anginy pectoris alebo dyspnoe) už pri nízkej záťaži, pacientov s nízkou záťažovou kapacitou, komplexnými komorovými arytmiami a abnormálnou reakciou tlaku krvi (23).

Užitočnú a často prehliadanú informáciu poskytujú záťažou indukované elevácie segmentu ST vo zvide aVR. Sú síce zriedkavé, ale majú dobrú senzitivitu a špecifitu pre významnú stenózu hlavného kmeňa a ostiálnu stenózu r. interventricularis anterior (75 %, resp. 81 %) (24). Záťažou indukované elevácie segmentu ST majú vo všeobecnosti veľmi nízku prevalenciu. V súbore 14 941 ergometrií u pacientov s bolesťou na hrudníku bez prekonaného infarktu myokardu bola len 0,78 %. Elevácie však mali veľmi silnú prediktívnu hodnotu 95 % pre ťažkú stenózu zodpovedajúcej koronárnej artérie (25).

Ergometria by mohla mať podľa odporúčaní ESC väčší priestor pri stanovovaní postupu u asymptomatických (alebo hranične symptomatických) pacientov so závažnými chlopňovými chybami (20).

Obr. 2. Početnosť ergometrických vyšetrení na Slovensku v rokoch 2011–2021 (upravené podľa 22)



Bodkovaná línia je polynómická trendová spojnica 3. stupňa, x – poradový rok sledovaného obdobia (napr. rok 2021 má poradové číslo 1, rok 2022 má poradové číslo 2, ...), y – počet výkonov, R^2 – koeficient determinácie

Budúcnosť ergometrie

Je pravdepodobné, že záujem o ergometrickú diagnostiku ischémie myokardu bude v ekonomicky vyspelých krajinách naďalej klesať na úkor vzostupu záujmu o CTCA. Je možné, že pokles sa zastaví na úrovni pretrvávajúceho plateau. Odlišná situácia bude v low-income krajinách, kde bude ergometria naďalej zohrávať významnejšiu úlohu (3). Je otázne, či by mohla ergometria pro futuro zažiť renesanciu ako súčasť tzv. hybridnej diagnostiky KACH. CTCA (\pm FFR [frakčná prietoková rezerva]) dokáže identifikovať len epikardiálnu KACH. Mnoho symptomatických pacientov má však ischémiu bez obštrukčnej epikardiálnej KACH. Týchto pacientov možno identifikovať len funkčným testom a nie pomocou CTCA, resp. stimuláciou hyperémie pri FFR. U nich by mohla byť vhodná hybridná diagnostika: kalciové skóre na detekciu koronárnej aterosklerózy + ergometria na diagnostiku ischémie. Ide o koncept anatomickej a funkčnej diagnostiky KACH (3). V literatúre sa pre tento koncept používa aj termín „calcium treadmill test“. Výhodou vyšetrenia samotného kalciového skóre je veľmi nízka radiačná záťaž (< 2 mSv). Kalciové skóre < 100 je asociované s veľmi nízkou pravde-

podobnosťou indukovateľnej ischémie. Naproti tomu kalciové skóre ≥ 400 výrazne zvyšuje pravdepodobnosť ischémie myokardu (26). Hybridná metodika „calcium treadmill test“ by mohla slúžiť ako filter pred náročnejšou a zatažujúcejšou anatomickou diagnostikou (CTCA, resp. priamo koronárna angiografia) (3).

Podľa aktuálne platných odporúčaní ESC možno predpokladať, že si ergometria udrží svoju pozíciu v rozhodovacom procese pri manažmente asymptomatických chlopňových chýb.

Záver

Význam ergometrie na diagnostiku ischémie myokardu v ére expanzie zobrazovacích metodík zásadne poklesol. ESC odporúča na diagnostiku obštrukčnej KACH preferovať zobrazovacie metodiky oproti ergometrii (4). Ergometriu možno zvážiť ako alternatívny test na potvrdenie, resp. vylúčenie KACH, ak nie sú dostupné neinvazívne alebo invazívne zobrazovacie metodiky (aj to len v triede IIb). Ergometria má naďalej významnú pozíciu pri manažmente asymptomatických chlopňových chýb.

LITERATÚRA

1. Leeds MF, Kroopf SS. The exercise test in electrocardiography; detection of coronary artery diseases. *Calif Med.* 1953;79(1):36-39.
2. Bruce RA. Evaluation of functional capacity and exercise tolerance of cardiac patients. *Mod Concepts Cardiovasc Dis.* 1956;25(4):321-326.
3. Ananthasubramaniam G, Ananthasubramaniam K. Stress electrocardiography testing in coronary artery disease: Is it time for its swan song or to redefine its role in the modern era? *Indian Heart J.* 2022;74(2):81-85.
4. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J.* 2020;41(3):407-477.
5. Juarez-Orozco LE, Saraste A, Capodanno D, et al. Impact of a decreasing pre-test probability on the performance of diagnostic tests for coronary artery disease. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2019;20(11):1198-1207.
6. Singh T, Bing R, Dweck MR, et al. Exercise Electrocardiography and Computed Tomography Coronary Angiography for Patients With Suspected Stable Angina Pectoris: A Post Hoc Analysis of the Randomized SCOT-HEART Trial. *JAMA Cardiol.* 2020;5(8):920-928.
7. Maffei E, Seitun S, Martini Ch, et al. CT coronary angiography and exercise ECG in a population with chest pain and low-to-intermediate pre-test likelihood of coronary artery disease. *Heart.* 2010;96(24):1973-1979.
8. Yin X, Wang J, Zheng W, et al. Diagnostic performance of coronary computed tomography angiography versus exercise electrocardiography for coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. *J Thorac, Dis.* 2016;8(7):1688-1696.
9. van der Wall EE. The exercise ECG: still a useful exercise? *Neth Heart J.* 2009;17(2):47.
10. Lee SE, Cho I, Hong GR, et al. Differential Prognostic Value of Coronary Computed Tomography Angiography in Relation to Exercise Electrocardiography in Asymptomatic Subjects. *J Cardiovasc Ultrasound.* 2015;23(4):244-252.
11. Kim KH, Jeon KN, Kang MG, et al. Prognostic value of computed tomographic coronary angiography and exercise electrocardiography for cardiovascular events. *Korean J Intern Med.* 2016;31(5):880-90.
12. Lau GTE, Wei H, Wickham J, et al. The Significance of Equivocal Exercise Treadmill ECG for Intermediate Risk Chest Pain Assessment – Insight From Coronary CT Angiography Data. *Heart Lung Circ.* 2018;27(1):50-57.
13. Poldervaart JM, Six AJ, Backus BE, et al. The predictive value of the exercise ECG for major adverse cardiac events in patients who presented with chest pain in the emergency department. *Clin Res Cardiol.* 2013;102(4):305-312.
14. Kwok Y, Kim C, Grady D, et al. Meta-analysis of exercise testing to detect coronary artery disease in women. *Am J Cardiol.* 1999;83(5):660-666.
15. Akil S, Hedén B, Pahlm O, et al. Gender aspects on exercise-induced ECG changes in relation to scintigraphic evidence of myocardial ischaemia. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2018;38(5):798-807.
16. Fitzgerald BT, Scalia WM, Scalia GM. Female False Positive Exercise Stress ECG Testing - Fact Versus Fiction. *Heart Lung Circ.* 2019;28(5):735-741.
17. Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S, et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 2013;34(38):2949-3003.
18. Gulati M, Levy PD, Mukherjee D, et al. 2021 AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR Guideline for the Evaluation and Diagnosis of Chest Pain: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2021;78(22):2218-2261.
19. Shaw LJ, Mieres JH, Hendel RH, et al. Comparative effectiveness of exercise electrocardiography with or without myocardial perfusion single photon emission computed tomography in women with suspected coronary artery disease: results from the What Is the Optimal Method for Ischemia Evaluation in Women (WOMEN) trial. *Circulation.* 2011;124:1239-1249.
20. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J.* 2022;43(7):561-632.
21. Iung B, Delgado V, Rosenhek R, et al. Contemporary presentation and management of valvular heart disease: The EURObservational Research Programme Valvular Heart Disease II Survey. *Circulation.* 2019;140(14):1156-1169.
22. Dúbrava J. Časové trendy záťažovej a zobrazovacej kardiologickej diagnostiky na Slovensku v rokoch 2011-2021. Časť I. *Cardiology Lett* 2022;32(5-6):276-283.
23. Abidov A, Rozanski A, Hachamovitch R, et al. Prognostic significance of dyspnea in patients referred for cardiac stress testing. *N Engl J Med.* 2005;353(18):1889-898.
24. Uthamalingam S, Zheng H, Leavitt M, et al. Exercise-induced ST-segment elevation in ECG lead aVR is a useful indicator of significant left main or ostial LAD coronary artery stenosis. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2011;4(2):176-186.
25. Murphy JC, Scott PJ, Shannon HJ, et al. ST elevation on the exercise ECG in patients presenting with chest pain and no prior history of myocardial infarction. *Heart.* 2009;95(21):1792-7.
26. Hendel RC, Berman DS, Di Carli MF, et al. ACCF/ASNC/ACR/AHA/ASE/SCCT/SCMR/SNM 2009 appropriate use criteria for cardiac radionuclide imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, the American Society of Nuclear Cardiology, the American College of Radiology, the American Heart Association, the American Society of Echocardiography, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and the Society of Nuclear Medicine. *Circulation.* 2009;119(22):e561-87.