proLékaře.cz | 6.11.2026

Nové vzorce pro výpočet maximální spotřeby kyslíku při zátěžových testech podle registru FRIEND

M. Sovová

Klinika tělovýchovného lékařství a kardiovaskulární rehabilitace LF UP a FN Olomouc

Souhrn

Standardním testem pro zjištění kardiorespirační zdatnosti je zátěžový test do maxima spojený s měřením různých kardiorespiračních parametrů, vč. maximální spotřeby kyslíku (VO_2 max (peak)). VO_2 max je parametr, který lze použít nejen pro stanovení funkční zdatnosti jedince, ale také pro prognózu pacienta a k předpisu pohybové aktivity. Přímé stanovení VO_2 max bylo v minulosti složité a finančně náročné a proto byly v minulosti vytvořeny regresní rovnice, které VO_2 max odhadovaly. Nejvíce používaná je rovnice American College of Sports Medicine (ACSM). V roce 2014 byla založena iniciativa The Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database (FRIEND). FRIEND je multiinstitucionální projekt, který si kladl za cíl stanovit nové normativy pro kardiorespirační zdatnosti pro USA. Na základě zpracování výsledků byly vytvořeny nové rovnice pro výpočet maximální spotřeby kyslíku pro zátěžový test na bicyklovém ergometru a na tzv. běhátku.

Klíčová slova

kardiorespirační zdatnost – maximální spotřeba kyslíku – FRIEND registr – vzorec pro výpočet

New equation for the prediction of maximum oxygen consumption by exercise testing – FRIEND registry

Abstract

The standard test for the assessment of cardiorespiratory fitness (CRF) is the exercise test measuring the maximum oxygen consumption (VO2max) and other cardiorespiratory parameters. VO_2max is a parameter related to the functional capacity of an individual and it helps set adequate physical exercise for them. The direct measurement of VO2max was complicated and expensive in the past, therefore regression formulas were created estimating VO_2max. The most frequently used formula is the one by the American College of Sports Medicine (ACSM). The Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database (FRIEND) was established in 2014. FRIEND is a multi-institutional initiative established with the primary objective of establishing normative CRF values for the United States. Based on the processed results, new formulas were created for the prediction of maximum oxygen consumption during exercise testing on the basis of the FRIEND registry for bicycle ergometry and the treadmill.

Kew words

cardiorespiratory fitness – maximum oxygen consumption – FRIEND registry – new equation for prediction

Úvod

Kardiorespirační zdatnost je definována jako schopnost kardiovaskulárního (KV) a plicního systému pokrýt nároky pracujících svalů na spotřebu kyslíku. Standardním testem pro zjištění kardiorespirační zdatnosti je zátěžový test do maxima spojený s měřením různých kardiorespiračních parametrů, vč. maximální spotřeby kyslíku (VO_2 max (peak)). VO_2 max je parametr, který lze použít nejen pro stanovení funkční zdatnosti jedince, ale také pro prognózu pacienta či k předpisu pohybové aktivity [1].

Přímé stanovení VO_2 max bylo v minulosti složité a finančně náročné, a proto byly v minulosti vytvořeny regresní rovnice, které odhadovaly VO2 max ze spotřeby kyslíku při submaximálním výkonu (steady state), který je ale ovlivněn více faktory, jako je věk, zdravotní stav a trénovanost. Pro stanovení těchto rovnic byly použity relativně malé soubory mladých jedinců, a to vedlo k tomu, že tyto rovnice nadhodnocovaly spotřebu kyslíku zejména u osob středního a vyššího věku [1]. Nejvíce používaná je rovnice American College of Sports Medicine (ACSM).

V roce 2014 byla proto založena iniciativa The Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database (FRIEND). FRIEND je multiinstitucionální projekt, který si kladl za cíl stanovit normativy pro kardiorespirační zdatnosti pro USA. Do projektu se zapojilo primárně osm amerických pracovišť a v podprojektech i pracoviště evropská [2]. Tato pracoviště od roku 2014 do roku 2016 postupně, podle společných indikačních kritérií, vyšetřovala účastníky studie pomocí zátěžového testu spojeným s měřením VO_2 max. Všechny laboratoře používaly validní kalibraci a testy prováděli zkušení odborníci. Základním vstupním kritériem účasti ve studii byl věk ≥ 20 roků a nepřítomnost KV onemocnění nebo chronické obstrukční plicní nemoci (CHOPN). Další vstupní nebo vylučovací kritéria se pak lišila podle podskupin. Maximální zátěž byla definována jako RER (respiratory exchange ratio) ≥1,0.

proLékaře.cz | 6.11.2026

V rámci projektu byly pak na základě změření skutečné maximální spotřeby kyslíku stanoveny nové regresní rovnice pro stanovení (výpočet) VO_2 max pro bicyklovou ergometrii [3] a pro běhátko [4].

Bicyklová ergometrie

Vylučovací kritéria byla stanovena jako:

a) anamnéza nádorového onemocnění,
b) ischemická choroba srdeční (ICHS),
c) CHOPN,
d) chronické onemocnění ledvin,
e) ischemická choroba periferních tepen,
f) dále osoby, které test ukončily pro abnormální nález nebo před dosažením maximálního výkonu.

Celkově soubor obsahoval 5 100 osob (3 378 mužů, průměrného věku 35,9 ± 12,1 let a 1 722 žen průměrného věku 47,5 ± 14,0 let). Tyto osoby absolvovaly stupňový zátěžový test v jednom ze středisek v USA, v Nizozemí nebo ve Španělsku. Zátěžové testy byly provedeny v souladu s posledními platnými doporučeními pro provádění zátěžových testů. Všechna centra měla souhlas etické komise.

Pro statistiku byla použita multivariabilní lineární regresní analýza, model byl vytvořen na základě 70 % osob ze souboru.

Nové rovnice

Maximální spotřeba kyslíku (VO_2 max, ml/kg/min).

Muži = 1,76 × (watt × 6,12/ hmotnost (kg)) + 3,5
Ženy = 1,65 × (watt × 6,12/ hmotnost (kg)) + 3,5
Bez zohlednění pohlaví = 1,74 × (watt × 6,12/ hmotnost (kg)) + 3,5

Zatímco původní rovnice používaná ACSM nadhodnocovala VO_2 max u celého souboru o 15 %, u mužů o 23,77 % a u žen o 11,23 %, FRIEND rovnice nadhodnocuje VO_2 max u celého souboru pouze o 0,51 %, u mužů u 0,26 % a u žen podhodnocuje o 1,37 %.
V diskuzi autoři komentují i některé limitace FRIEND registru, jako jsou různé důvody provedení zátěžového testu, volba zátěžového protokolu, použití různých přístrojů

Běhátko

Vstupní kritéria byla stanovena jako:

a) věk nad 20 let,
b) nepřítomnost KV onemocnění (ICHS, ischemická choroba periferních tepen, srdeční selhání),
c) nepřítomnost CHOPN,
d) dále osoby, které test ukončily pro abnormální nález nebo před dosažením maximálního výkonu.

Celkově soubor obsahoval 7 983 osob průměrného věku 47±13 let (4 798 mužů, 3 183 žen). Tyto osoby absolvovaly stupňový zátěžový test v jednom ze středisek v USA. Zátěžové testy byly provedeny v souladu s posledními platnými doporučeními pro provádění zátěžových testů. Byly použity různé protokoly testů jako je BRUCE, BALKE, modifikovaný test podle NAUGHTONa, rampový protokol.

Pro statistiku byla použita multivariabilní lineární regresní analýza, model byl vytvořen na základě 70 % osob ze souboru.

Nová rovnice

Maximální spotřeba kyslíku (VO_2 max, ml/kg/min) rychlost (m/min) × (0,17 + procenta sklonu × 0,79) + 3,5

Celkově původní rovnice používaná ACSM nadhodnocuje VO_2 max u celého souboru o 21,4 ± 24,9 %, FRIEND rovnice nadhodnocuje VO_2 max u celého souboru pouze o 5,1 ± 18,3 %. Dále práce rozvádí rozdíly u různých protokolů.

V diskuzi autoři komentují i některé limitace studie a u této podskupiny zejména nepřítomnost nemocných osob.

Závěr

Vzhledem k moderní metodice, velikosti a složení zkoumaného souboru je ke zvážení použití nových rovnic pro výpočet maximální spotřeby kyslíku při zátěžových testech bez přímého stanovení tohoto parametru.

Práce byla vytvořena v rámci projektu Univerzity Palackého IGA_LF_2019_028.

Literatura

1. American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription. 10th ed. Philadelphia: Woltesr Kluwer 2017.
2. Kaminsky LA, Arena R, Beckie TM at al. The importance of cardiorespiratory fitness in the United States: the need for a national registry: a policy statement from the American Heart Association. Circulation 2013; 127(5): 652–662. doi: 10.1161/CIR.0b013e31827ee100.
3. Kokkinos P, Kaminsky LA, Arena R et al. New generalized equation for predicting maximal oxygen uptake. The Fitness registry and the importace od exercise national database (FRIEND). Eur J Prev Cardiol 2018; 25(10): 1077–1082. doi: 10.1177/2047487318772667.
4. Kokkinos P, Kaminsky LA, Arena R et al. New generalized equation for predicting maximal oxygen uptake (from the Fitness registry and the importace od exercise national database. Am J Cardiol 2017; 120(4): 688–692. doi: 10.1016/j.amjcard.2017.05.037.

Doručeno do redakce: 30. 10. 2019
Přijato po recenzi: 15. 12. 2019

MUDr. Markéta Sovová
www.fnol.cz
marketa.sovova@fnol.cz