


<p>e-ISSN: 2345-0592 <b>Online issue</b> Indexed in <i>Index Copernicus</i></p>	<p><b>Medical Sciences</b></p> <p>Official website: <a href="http://www.medicisciences.com">www.medicisciences.com</a></p>	
---	--	---

## **Cardiopulmonary exercise testing for perioperative risk stratification in various surgeries. Literature review.**

**Simona Ripkauskaitė<sup>1</sup>, Raimundas Karčauskas<sup>1</sup>, Vilius Ripkauskas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Lithuanian University of Health Sciences, Academy of Medicine, Kaunas, Lithuania*

### **Abstract**

Cardiopulmonary exercise testing (CPET) remains the gold standard for measuring the function of the cardiorespiratory system and assessing individual functional capacity. CPET could be used to differentiate causes of exercise intolerance and unexplained dyspnoea, to evaluate the severity of heart failure and impairment caused by COPD. Comorbid diseases, cardiovascular illnesses and functional capacity disorders could predispose patients to adverse surgical outcomes. Accurate risk stratification would identify those patients who have higher postoperative complications risk after specific surgical interventions. Some authors revealed that there is association between low functional capacity determined by CPET and patient outcomes after cardiopulmonary and non-cardiopulmonary surgery. Therefore CPET is becoming more often used as a preoperative risk stratification tool for various surgeries. Data obtained during CPET helps to determine the extent of surgery, perioperative management strategy and choice of postoperative care. The aim of this literature review is to analyze cardiopulmonary exercise testing capabilities in determining the preoperative risk of general surgery. We focused on evaluating the capacity of CPET variables to predict the risk of postoperative complications and mortality in comparison to other methods used for risk assessment.

**Keywords:** cardiopulmonary exercise testing, perioperative risk, functional capacity.

## Fizinio pajėgumo tyrimo panaudojimas nustatant perioperacinę riziką. Literatūros apžvalga.

Simona Ripkauskaitė<sup>1</sup>, Raimundas Karčauskas<sup>1</sup>, Vilius Ripkauskas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Medicinos akademija, Lietuvos Sveikatos Mokslų Universitetas, Kaunas, Lietuva

### Santrauka

Fizinio pajėgumo tyrimas (FPT) (*angl. Cardiopulmonary exercise testing*) išlieka auksiniu standartu vertinant širdies ir kvėpavimo sistemos veiklą bei asmens funkcinį pajėgumą ir yra laikomas objektyviausiu bei išsamiausiu metodu šiam tikslui pasiekti. FPT gali būti naudojamas diferencijuojant fizinio krūvio netoleravimo ir nepaaiškintą dusulio priežastis, įvertinant širdies nepakankamumo bei LOPL sukeltų sutrikimų sunkumo laipsnį, taip pat tai gali būti puiki priemonė vertinant priešoperacinę riziką tiek prieš kardiopulmonines, tiek prieš nekardiopulmonines operacijas. Moksliniuose tyrimuose buvo pastebėtas ryšys tarp mažo funkcinio pajėgumo, nustatyto FPT tyrimo metu, ir prastesnių pacientų išiečių po atliekamų nekardiopulmoninių operacijų. Dėl to šis krūvio mėginys vis labiau pradėtas naudoti kaip priešoperacinės rizikos įvertinimo priemonė prieš įvairias operacijas. Atlikus FPT, gauti duomenys padeda apspręsti planuojamos operacijos apimtį, perioperacinio gydymo strategiją ir pooperacinės priežiūros lygį. Šios literatūros apžvalgos tikslas - aptarti šiuolaikinėje literatūroje pateiktą informaciją apie kardiopulmoninį krūvio mėginį bei jo galimybes nustatant atliekamų bendro pobūdžio operacijų priešoperacinę riziką. Mus taip pat domina FPT gebėjimas nustatyti galimas pooperacines išėtis. Palyginsime šio krūvio mėginio gaunamų rezultatų reikšmes su kitais metodais naudojamais siekiant įvertinti priešoperacinę riziką.

**Raktiniai žodžiai:** kardiopulmoninis krūvio mėginys, perioperacinė rizika, funkcinis pajėgumas.

## Įvadas

Kardiopulmoninės sistemos fizinio pajėgumo tyrimas (FPT) (*angl. Cardiopulmonary exercise testing*) yra klinikinė priemonė naudojama širdies ir kvėpavimo sistemos veiklai įvertinti ir asmens funkciniam pajėgumui nustatyti. Literatūros duomenimis FPT yra neabejotinai objektyviausias ir išsamiausias metodas šiam tikslui pasiekti. Funkciniam pajėgumui įvertinti taip pat yra naudojami ir 6 min ėjimo [1] bei lipimo laiptais testai [2]. Tačiau šių priemonių santykis su FPT kintamaisiais atrodo nenuoseklus ir šiuo metu FPT išlieka auksiniu standartu [3]. FPT yra naudojamas padėti priimti klinikinius sprendimus, kurie priklauso nuo įvairių patologijų. Kai kurie FPT panaudojimo būdai gali būti fizinio krūvio netoleravimo ir nepaaiškinto dusulio priežasties diferencijavimas, širdies nepakankamumo ir LOPL sukeltų sutrikimų sunkumo įvertinimas [4], o neseniai šis krūvio mėginys pradėtas naudoti ir kaip priemonė norint įvertinti priešoperacinę riziką prieš kardiopulmonines ir nekardiopulmonines operacijas [4, 5]. FPT pradėtas naudoti įvertinant nebūtinai kardiopulmoninių operacijų perioperacinio laikotarpio riziką, kas ir bus aprašoma šioje literatūros apžvalgoje.

Perioperacinis sergamumas ir mirštamumas yra svarbios visuomenės sveikatos problemos, nes šie rodikliai turi įtakos trumpalaikiam bei ilgalaikiam pacientų išgyvenamumui, taip pat sveikatos priežiūros sektoriaus išteklių sunaudojimui. Chirurginės komplikacijos išsivysto 3–17 proc. pacientų [6, 7]. Bendrojoje populiacijoje mirštamumas po chirurginių intervencijų siekia maždaug 0,5 proc., tačiau pagyvenusių asmenų, kuriems atliekama

skubioji chirurgija, mirštamumas nuo chirurginių komplikacijų Jungtinėje Karalystėje yra > 12 proc. [8]. Klinikinėje praktikoje stengiamasi surasti tikslius metodus, leidžiančius įvertinti pacientų riziką išsivystyti nepageidaujamoms išėjimams po tam tikrų chirurginių intervencijų. Vertinant klinikinę paciento riziką labiausiai orientuojamasi į anamnezės rinkimą, fizinį ištyrimą, ikioperacinius atliekamus tyrimus, planuojamos atlikti intervencijos sunkumo laipsnio įvertinimą bei galimų operacinių komplikacijų išsivystymą [9, 10]. Tačiau beveik prieš du dešimtmečius, Older su bendraautoriais pastebėjo ryšį tarp mažo funkcinio pajėgumo, nustatyto FPT tyrimo metu, ir prastesnių pacientų išiečių po nekardiopulmoninių operacijų atlikimo [5]. Vadovaujantis šios ir kitų publikacijų duomenimis, FPT vis labiau pradėta naudoti kaip priešoperacinės rizikos įvertinimo priemonė prieš įvairias, nebūtinai kardiopulmonines operacijas. Atlikus FPT, gauti duomenys padeda apspręsti planuojamos operacijos apimtį (pilna planinė operacija, paliatyvioji ar jokios operacijos), perioperacinio gydymo strategiją (pvz.: reikalingą skysčių infuzijos kiekį operacijos metu) ir dažniausiai pooperacinės priežiūros lygį [11].

## FPT atlikimas

FPT yra laipsniškai dozuotas fizinio krūvio mėginys, kuris atliekant neinvazinius kvėpuojamųjų dujų mainų burnoje matavimus per specialią veido kaukę, elektrokardiogramos (EKG) stebėjimą, širdies susitraukimų dažnio (ŠSD) bei arterinio kraujo spaudimo (AKS) stebėjimą ir periferinę oksigenaciją, leidžia ištirti kardiopulmoninės sistemos pajėgumą sukėlus atitinkamą fizinio krūvio lygį. Tai leidžia

įvertinti kaip organizmas geba adaptuotis ir aprūpinti audinius deguonimi, kai jo poreikis padidėja. Nepaisant to, kad testo metu skiriamas nuo vidutinio iki sunkaus lygio fizinis krūvis, pacientai FPT toleruoja gerai ir testas daugeliu atveju yra saugus [12].

Prieš pradėdant taikyti FPT, turi būti atliktos kelios procedūros. Turi būti sukalibruotas kvėpuojamųjų dujų analizatorius, surinkta medicininė anamnezė, įprastiniai demografiniai bei antropometriniai duomenys (amžius, lytis, ūgis, kūno masė). FPT analizei pagerinti, prieš mėginį taip pat gali būti atlikti kiti tyrimai, tokie kaip hemoglobino koncentracijos kraujyje nustatymas ir spirometrija, kad būtų nustatyta gyvybinė plaučių talpa. Jei šių tyrimų metu nenustatoma priešparodimų krūvio mėginiui pacientas ruošiamas jo atlikimui. Ant krūtinės ir nugaros užklijuojami elektrodai, ant rankos uždedama AKS matavimo manžetė, uždedamas pulsoksimetras. Tyrimo metu yra sekami paciento rodikliai: ŠSD, AKS, deguonies saturacija kraujyje (SpO<sub>2</sub>) ir EKG pokyčiai.

Vertinant pooperacinę riziką po bendrojo pobūdžio operacijos, FPT paprastai yra atliekamas ant dviračio treniruoklio, mėginys susideda iš 4 fazių. Įprastai, pirmoji – ramybės fazė (trunkanti apie 3 min) yra skirta nustatyti pradines reikšmes. Jos metu minamas dviratis be padidinto krūvio (0 W). Tai leidžia pacientui apsibrasti su važiavimu dviračiu ir padeda adaptuotis prie padidėjusio krūvio sukeltamų fiziologinių organizmo pokyčių [13]. Po įvadinės fazės krūvis pradėdamas laipsniškai didinti. Priklausomai tuo tyrimo tikslų ir paciento pajėgumo

minti, krūvį reikia didinti iki tiek, kiek leidžia fizinės paciento galimybės, arba iki kol bus pasiekti reikalingi parametrai [14]. Pacientas bei fiziologiniai jo rodmenys kruopščiai stebimi viso testo metu. Krūvis privalo būti nutrauktas, jei tiriamasis pradeda jausti nepageidaujamus simptomus, tokius kaip krūtinės skausmas, galvos svaigimas ar oro trūkumas, arba jei atsiranda EKG ar esminiai kraujospūdžio pokyčiai [12]. Po testo paprastai seka lengvo intensyvumo minimas, kad susinormalizuotų kraujo spaudimas. Pacientas vėliau turėtų būti stebimas ir visą atsistatymo laikotarpį po FPT atlikimo, kol fiziologiniai rodmenys – ŠSD, AKS, kvėpavimo dažnis ir oksigenacija kartu su EKG pokyčiais – grįš į pradinį lygmenį [13].

Iš daugelio fiziologinių rodiklių, nustatomų FPT metu, trys rodmenys parodė geriausias galimybes nustatyti didelės perioperacinės rizikos pacientus:  $\dot{V}O_2 \text{ peak}/\dot{V}O_2 \text{ max}$  santykis [15], anaerobinis slenkstis (AS) [5, 14, 16, 17] ir plaučių ventiliacijos atitikmuo anglies dioksido išskyrimo greičiui ( $V_E/VO_2$ ) [14, 18]. Kartu šie trys rodikliai yra dažniausiai naudojami nustatant planuojamos nekardiopulmoninės operacijos riziką [11].

### **Mišrios abdominalinės chirurginės procedūros**

Tyrimai atlikti su pacientais, kuriems buvo atliekamos mišrios abdominalinės chirurginės procedūros, parodė ryšį tarp FPT rodmenų ir pooperacinio mirštumo [5, 17] bei sergamumo [16]. Du tyrimai, atlikti Older ir bendraautorių, iš pradžių nustatė, kad žemas anaerobinis slenkstis buvo susijęs su padidėjusiu mirštumo dažniu tarp

vyresnių pacientų po bendrojo pobūdžio operacijų [5, 17]. Vieno iš tyrimų metu pacientų, kurių AS buvo mažesnis nei 11 ml/kg/min, mirštamumas buvo didesnis (18 proc.) nei pacientų, kurių AS buvo lygus arba didesnis nei 11 ml/kg/min (0,8 proc.). Pacientai, kurių AS < 11ml/kg/min, kas rodo didelę riziką, buvo prižiūrimi intensyvios terapijos skyriuje [17]. Asmenims, patekusiems į didelės rizikos grupę dėl prastų FPT rezultatų ir/arba sunkesnės operacijos, buvo nustatytas didžiausias mirštamumo nuo širdies ir kraujagyslių ligų dažnis (4,6 proc.), lyginant su likusia imties dalimi (0,5 proc). Šiame tyrime buvo sumenkintos tikrosios FPT galimybės identifikuojant didelės rizikos pacientus, nes visiems, patekusiems į šią grupę, buvo paskirta aukščiausio lygio medicininė priežiūra. Tai galimai sumažino tikėtiną mirštamumą šioje grupėje. Antrojo Older ir kt. atlikto tyrimo metu buvo nagrinėjami tik atsitiktiniai statistiniai duomenys, todėl tikrieji rezultatai nėra visiškai aiškūs. Nepaisant galimų trūkumų, šių tyrimų rezultatai parodo, kad yra ryšys tarp FPT duomenų ir mirštamumo nuo atliekamų didelės apimties abdominalinių operacijų.

Neseniai Wilson su bendraautorais atliktas retrospektyvinis tyrimas, kurio imtį sudarė 843 pacientai, parodė, kad AS <11 ml/kg/min rodiklis gali numatyti stacionarizuotų ligonių mirštamumą. Šio rodiklio jautrumas siekė 88 proc., o specifiškumas 47 proc.  $V_E/VCO_2$  rodiklio, numatančio stacionarizuotų ligonių mirštamumą, su reikšme  $\geq 34$  jautrumas siekė 88 proc., o specifiškumas 47proc. [14].

Snowdon su kolegomis atliktame tyrime įrodė, kad tiek AS, tiek  $VO_2$  piko rodikliai numatė

galimas komplikacijas 116 pacientų, kuriems buvo atlikta bendro pobūdžio operacija [16]. Optimali AS rodiklio reikšmė, nusakanti padidėjusią pooperacinių komplikacijų riziką, buvo 10,1 ml/kg/min, kuri yra kur kas žemesnė nei aukščiau aprašyto tyrimo minėta <11 ml/kg/min reikšmė [17]. AS 10,1 ml/kg/min slenkstinės reikšmės jautrumas identifikuojant didelės rizikos pacientus buvo 88 proc., o specifiškumas siekė 79 proc. Stiprioji aukščiau minėtų tyrimų pusė yra ta, kad klinicianai gydę tirtus pacientus nežinojo FPT rezultatų. Tai užtikrina, kad atliekamo mokslinio tyrimo duomenims tai neturės įtakos (pvz.: paciento pooperacinės priežiūros lygis) ir tyrimas suteiks tikslesnius duomenis apie FPT rodmenų ryšį su išėjimais [16, 19, 20].

Šie tyrimai rodo, kad AS rodiklis yra susijęs su pooperacinėmis išėjimais ir yra pajėgus pakankamai tiksliai numatyti sergamumą ir mirštamumą po abdominalinių operacijų [14, 16]. Bendrai nustatant pooperacinės rizikos prognozę, ryšys tarp FPT kintamųjų ir mišrių pilvo operacijų buvo didesnis lyginant su kitais prognostiniais metodais. Tyrimai, kurie nustatė, kad FPT yra gana gera išeičių prognostinė priemonė, neparodė stiprios priklausomybės tarp klinikinės rizikos skalės (RCRI) ir pooperacinių komplikacijų ar mirštamumo [14, 16]. Panašiai ir su AS reikšme, kuri taip pat buvo nustatyta kaip geresnis pooperacinių komplikacijų prognostinis rodiklis nei Specifinis aktyvumo klausimynas (VSAQ) (*angl. Veterans Specific Activity Questionnaire*), kuris padeda įvertinti paciento funkcinio pajėgumo galimybes. Visgi tyrimas parodė, kad didžiausią prognostinę galimybę turi AT rodiklio ir VSAQ naudojimas kartu [16].

### Viršutinio virškinamojo trakto (VT) operacija

Pirmieji du tyrimai šia tema atlikti Japonijoje, tiria sąsają tarp FPT rezultatų prieš viršutines VT operacijas ir po jų pasireiškusių kardiopulmonių komplikacijų [21, 22]. Viena iš minėtų tyrimų prieš krūtininės dalies stemplės vėžio operacijas įvertinus FPT rezultatus buvo pastebėta, kad reikšmingai skiriasi VO<sub>2</sub> max ir anaerobinis slenkstis tarp pacientų, kuriems po operacijos pasireiškė kardiopulmoninės komplikacijos ir kurie jų nepatyrė [21]. Kitoje studijoje išanalizavus pacientų, kuriems buvo atlikta trijų sričių limfadenektomija, priešoperacinio FPT metu nustatyta, kad pacientų, kuriems pasireiškė pooperacinės kardiopulmoninės komplikacijos VO<sub>2</sub> max buvo žymiai mažesnis (789ml/min/m<sup>2</sup>) lyginant, su tais kurie komplikacijų neturėjo (966 ml/min/m<sup>2</sup>) [22]. Tyrimai atskleidė, kad pacientai, kuriems priešoperacinio FPT metu nustatyta mažesnė nei 800ml/min/m<sup>2</sup> VO<sub>2</sub> max reikšmė, turi didelę riziką mirti nuo pooperacinių kardiopulmoninių komplikacijų. Žemiau minėto slenksčio, kiekvienas 100ml/min/m<sup>2</sup> VO<sub>2</sub> max sumažėjimas buvo lydimas padidėjusio paciento komplikacijų dažnio. Panašūs rezultatai buvo stebėti ir Patel su kolegomis atliktame tyrime įvertinus pacientus, kuriems buvo atlikta ezofagektomija. Priešoperacinio FPT metu buvo nustatyta, kad pacientai su mažesniu anaerobiniu slenksčiu ir VO<sub>2</sub> piku turi daug didesnę pooperacinio mirštamumo riziką [23]. Vidutinis anaerobinis slenkstis, kurį nustačius pasireiškė kardiopulmoninės pooperacinės komplikacijos ir padidėjęs mirštamumas buvo 10.4 mL/kg/min, lyginant su 11.3 mL/kg/min,

kurį pasiekus, komplikacijų beveik nebuvo stebėta. Vertinant VO<sub>2</sub> piką nustatyta, kad mirštamumas ryškiai padidėja, jam esant mažesniai nei 17.0 mL/kg/min lyginant su 18.7 mL/kg/min [23]. Vertinant tyrimų gautus duomenis negalime teigti, kad pooperacinės kardiopulmoninės komplikacijos yra reikšmingai susijusios su priešoperacinio FPT duomenimis. Atliktų studijų imtys buvo mažos, todėl šių tyrimų rezultatai negali būti pilnai patikimi ir turi būti toliau atliekami papildomi tyrimai su didesnėmis imtimis.

Ryšio tarp FPT ir kardiopulmoninių pooperacinių komplikacijų (staigos mirties, nestabilios krūtinės anginos, miokardo infarkto, giliųjų venų trombozės, plaučių embolijos) buvo analizuojamos ir su 109 nutukusiais pacientais (vidutinis KMI 48,1 kg/m<sup>2</sup>), kuriems buvo atlikta laparoskopinė Roux-en-Y skrandžio apylankos operacija, kaip nutukimo chirurginė procedūra. Tiriamieji buvo padalinti į 3 grupes pagal VO<sub>2</sub> piką atliekant FPT, nuo mažiausios iki didžiausios reikšmės. Komplikacijų dažnis buvo reikšmingai didesnis pirmoje - silpniausioje grupėje, lyginant su antrąja ir trečiąja grupe. Taip pat pirmosios grupės hospitalizavimo laikas buvo ilgesnis lyginant su antrąja ir trečiąja. Būtent VO<sub>2</sub> pikas, išmatuotas FPT metu, turėjo didžiausią prognostinę vertę vertinant minėtų pooperacinių komplikacijų išsivystymą. Nustatyta, kad morbidiskai nutukusių pacientų, kuriems buvo atlikta nutukimo chirurginė intervencija, VO<sub>2</sub> piko reikšmė buvo mažesnė nei 15,8ml/kg/min, kas žymiai padidina pooperacinių komplikacijų riziką ir prailgina hospitalizacijos trukmę [15].

### **Kepenų transplantacijos operacija**

Vertinant pacientus po kepenų transplantacijos operacijos buvo pastebėta, kad jų pooperaciniam mirštamumui įtakos neturėjo amžius, lytis, priešoperacinis kepenų funkcijos nepakankamumo lygis, kairiojo skilvelio išstūmimo frakcija. Vienintelis tyrimas, kuris reikšmingai padėjo įvertinti pacientų pooperacinio mirštamumo riziką, buvo priešoperacinis FPT atlikimas. Pacientų, kurie po operacijos mirė per mažiau nei 100 dienų VO<sub>2</sub> pikas buvo 60 proc. mažesnis lyginant su išgyvenusiujų grupe. Vertinant anaerobinį slenkstį, nustatyta, kad jis buvo mažesnis 50 proc. lyginant su išgyvenusiais. Šis tyrimas parodė, kad būtent VO<sub>2</sub> pikas ir anaraebonis slenkstis buvo vieninteliai veiksniai, turėję stiprią prognostinę vertę pacientų išgyvenamumui po kepenų transplantacijos operacijos [24]. Tačiau, kaip ir anksčiau atliktuose tyrimuose, šio tyrimo populiacija yra nedidelė ir norint visiškai patvirtinti šį ryšį reikalingos tolimesnės studijos.

### **Apibendrinimas**

Dauguma mokslinėje literatūroje pateiktų publikacijų rodo, kad FPT rodikliai yra susiję su chirurginių nekardiopulmoninių operacijų išeitimis ir tai, kad FPT gali identifikuoti didelės rizikos pacientus, kuriems ketinama atlikti įvairaus pobūdžio operacijas. Visgi optimalus prognostinis rodiklis skiriasi priklausomai nuo operacijos tipo. Anaerobinis slenkstis geriausiai atspindi didelės rizikos pacientus, kai jiems atliekama didelės apimties pilvo operacija, V'O<sub>2</sub> piko rodiklis tinkamesnis nutukimo chirurgijos rizikos grupių nustatymui [14, 15, 16]. Mokslinėse

publikacijose pastebima, jog neatitikimus vertinant priklausomybę tarp FPT rodiklių ir pooperacinių išeičių gali lemti skirtingo tipo operacijų metu naudojamos skirtingos chirurginės technikos, atitinkamai nuo operacijos tipo taikoma ir skirtinga perioperacinė paciento priežiūra. Be to, atliekant skirtingo tipo operacijas gali skirtis ir paciento fiziologinių funkcijų rezervai. Nors literatūroje FPT mažai lyginamas su kitais rizikos vertinimo metodais, tokiais kaip VSAQ, ASA, ar širdies ir kvėpavimo funkcijos rodikliais, esami duomenys rodo, kad FPT yra pranašesnis už šiuos metodus [14, 16, 19, 21, 22].

Atsižvelgiant į tai, kad daugelis nepriklausomų faktorių gali lemti pooperacinį sergamumą bei mirštamumą, yra aišku, kad vien tik FPT metodo naudojimas turi tam tikrą ribotumą, vertinant perioperacinę riziką. Siekiant maksimaliai padidinti didelės rizikos pacientų identifikavimo galimybę, FPT turi būti naudojamas su kitais metodais, kurie padėtų atskleisti kitus perioperacinės rizikos aspektus. Šioje apžvalgoje aptarti tyrimai siūlo FPT naudoti kartu su klinikinės rizikos vertinimo skalėmis, RCRI ir VSAQ, taip praplečiant perioperacinės rizikos nustatymo galimybes [16, 18]. Visgi, tokios metodų kombinacijos nebuvo tirtos skirtingose populiacijose ir šiuo metu dar nėra patvirtintas jų klinikinis panaudojimas.

Taigi nuo FPT metu gautų atitinkamų funkcinių rodiklių rezultatų gali priklausyti, kokios bus nekardiopulmoninių intervencijų pooperacinės išeitys. Vertinant perioperacinę riziką reikėtų atsižvelgti ne tik į krūvio mėginio metu gautus ir apskaičiuotus duomenis, bet nepamiršti atsižvelgti ir į

kitus rizikos prognostinius metodus (klinikinė rizikos vertinimo skalė). Kiekvienam operacijos tipui yra būdingas skirtingas FPT rodiklis, galintis geriausiai atspindėti ir įvertinti nepageidaujamas pooperacines pacientų išeitis. Ar perioperacinė rizika FPT pagalba bus įvertinta teisingai gali priklausyti nuo atitinkamos chirurginės procedūros pasirinkimo, perioperaciniu laikotarpiu atliekamos intervencijos bei taikomos pooperacinės priežiūros. Norint geriau suprasti fizinio pajėgumo tyrimo vaidmenį vertinant perioperacinę riziką reikalingos struktūrizuotos, apibrėžtos rekomendacijos, o tam būtina toliau atlikti išsamesnius, didesnės apimties tyrimus šia tema.

#### Literatūros šaltiniai

1. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111–17.
2. Brunelli A, Xiumé F, Refai M et al. Peak oxygen consumption measured during the stair-climbing test in lung resection candidates. *Respiration* 2010;80:207–11.
3. Struthers R, Erasmus P, Holmes K et al. Assessing fitness for surgery: a comparison of questionnaire, incremental shuttle walk, and cardiopulmonary exercise testing in general surgical patients. *Br J Anaesth* 2008;101:774–80.
4. Weisman IM, Zeballos RJ, Zeballos RJ, Weisman IM. Modalities of clinical exercise testing. In: Weisman IM, Zeballos RJ, eds. *Clinical Exercise Testing*. Basel, Switzerland: Krager, 2002:300–22.
5. Older P, Smith R, Courtney P et al. Preoperative evaluation of cardiac-failure and ischemia in elderly patients by cardiopulmonary exercise testing. *Chest* 1993;104:701–4.
6. Kable AK, Gibberd RW, Spigelman AD. Adverse events in surgical patients in Australia. *Int J Qual Health Care* 2009; 14: 269–76.
7. Gawande AA, Thomas EJ, Zinner MJ, et al. The incidence and nature of surgical adverse events in Colorado and Utah in 1992. *Surgery* 2011;126:66–75.
8. Pearse RM, Harrison DA, James P, et al. Identification and characterisation of the high-risk surgical population in the United Kingdom. *Critical Care* 2012; 10: R81.
9. Older P, Hall A, Hader R. Cardiopulmonary exercise testing as a screening test for perioperative management of major surgery in the elderly. *Chest* 2011;116:355–62.
10. Bolliger CT, Jordan P, Soler M, et al. Exercise capacity as a predictor of postoperative complications in lung resection candidates. *Am J Respir Crit Care Med* 2010; 151:1472–80.
11. Simpson JC, Sutton H, Grocott MP. Cardiopulmonary exercise testing - a survey of current use in England. *Journal of the Intensive Care Society* 2011;10: 275–8.
12. American Thoracic Society; American College of Chest Physicians. *ATS/ACCP*



- statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2007; 167:211-77.
13. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. 4th edn. Baltimore, MA: Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
  14. Wilson RJ, Davies S, Yates D, et al. Impaired functional capacity is associated with all-cause mortality after major elective intra-abdominal surgery. *Br J Anaesth* 2012; 105: 297–303.
  15. McCullough PA, Gallagher MJ, Dejong AT, et al. Cardiorespiratory fitness and short-term complications after bariatric surgery. *Chest* 2006;130:517–25.
  16. Snowden CP, Prentis JM, Anderson HL, et al. Submaximal cardiopulmonary exercise testing predicts complications and hospital length of stay in patients undergoing major elective surgery. *Ann Surg* 2010;251:535–41.
  17. Older P, Hall A, Hader R. Cardiopulmonary exercise testing as a screening test for perioperative management of major surgery in the elderly. *Chest* 2006;116:355–62.
  18. Carlisle J, Swart M. Mid-term survival after abdominal aortic aneurysm surgery predicted by cardiopulmonary exercise testing. *Br J Surg* 2010; 94:966–9.
  19. Hightower CE, Riedel BJ, Feig BW, et al. A pilot study evaluating predictors of postoperative outcomes after major abdominal surgery: physiological capacity compared with the ASA physical status classification system. *Br J Anaesth* 2012; 104: 465–71.
  20. Grocott MP, Pearse RM. Prognostic studies of perioperative risk: robust methodology is needed. *Br J Anaesth* 2010; 105: 243–5.
  21. Nagamatsu Y, Yamana H, Fujita H, et al. The simultaneous evaluation of preoperative cardiopulmonary functions of esophageal cancer patients in the analysis of expired gas with exercise testing (In Japanese). *Nippon Kyobu Geka Gakkai Zasshi* 2004; 42: 2037–40.
  22. Nagamatsu Y, Shima I, Yamana H, et al. Preoperative evaluation of cardiopulmonary reserve with the use of expired gas analysis during exercise testing in patients with squamous cell carcinoma of the thoracic esophagus. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; 121: 1064–8.
  23. Patel N, Powell AG, Wheat JR, Brown C, Appadurai IR, Davies RG, et al. Cardiopulmonary fitness predicts postoperative major morbidity after esophagectomy for patients with cancer. *Physiol Rep* [Internet]. 2019 Jul 24 [cited 2020 May 7]; 7(14). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6656866/>
  24. Epstein SK, Freeman RB, Khayat A, et al. Aerobic capacity is associated with 100-day outcome after hepatic transplantation. *Liver Transpl* 2009; 10: 418–24.