



ZÁTĚŽOVÁ DIAGNOSTIKA V TĚLOVÝCHOVNÉ A SPORTOVNÍ PRAXI

IVAN STRUHÁR, JAN NOVOTNÝ, MARTINA BERNACIKOVÁ,
KATEŘINA KAPOUNKOVÁ, VLADIMÍR POSPÍCHAL, IVA TOMÁŠKOVÁ

MASARYKOVA
UNIVERZITA

IVAN STRUHÁR A KOLEKTIV AUTORŮ

**ZÁTĚŽOVÁ DIAGNOSTIKA V TĚLOVÝCHOVNÉ
A SPORTOVNÍ PRAXI**

Masarykova univerzita

Brno 2019

Autoři:

Mgr. Ivan Struhár, Ph.D.

prof. MUDr. Jan Novotný, CSc.

Mgr. Martina Bernaciková, Ph.D.

MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D.

Mgr. Vladimír Pospíchal, Ph.D.

MUDr. Iva Tomášková, Ph.D.

Knihu recenzoval:

Mgr. Michal Kumstát, Ph.D.

Obsah

Úvod	7
1. Zátěžová diagnostika jako komplexní nástroj posouzení tělesné zdatnosti	8
1.1 Anamnéza	9
1.2 Cíle a podstata zátěžových testů	10
1.3 Volba testu	10
1.4 Bezpečnost během vykonávání zátěžového testu	12
1.5 Úloha ergometrie a spiroergometrie	13
2. Testování anaerobní kapacity a silových schopností organismu	15
2.1 Laboratorní možnosti testování	15
2.1.1 Spiroergometrie jako test anaerobních schopností	15
2.1.2 Wingate test	17
2.1.3 Anaerobní test na běhátku	24
2.1.4 Výskoková ergometrie (Boscův test a jeho modifikace)	28
2.1.5 Dynamometrie	35
2.2 Terénní možnosti testování	45
2.2.1 Sprint na 20 metrů	45
2.2.2 Sprint na schodech	47
2.2.3 Sprint fatigue test	51
2.2.4 Running Based Anaerobic Sprint Test	53
2.2.5 Hexagon test	55
2.2.6 505 agility test	57
2.2.7 T-Test	59
2.2.8 Quadrant jump test	61
2.2.9 Zjištění jedno opakovatelného maxima v bench press testu	63
2.2.10 Zjištění jedno opakovatelného maxima v leg press testu	65
2.2.11 Vertikální výskok	68
2.2.12 Hod medicinbalem	70
2.2.13 Skok do dálky z místa	72
3. Testování aerobní kapacity a funkční zdatnosti oběhového systému	75
3.1 Laboratorní možnosti testování	75

3.1.1	Spiroergometrie jako test aerobních schopností (VO ₂ max, ventilační prahy)	75
3.1.2	Predikce maximální spotřeby kyslíku (VO ₂ max)	81
3.1.3	Test/Index W170 (W150, W130)	86
3.1.4	Polohový test s analýzou variability srdeční frekvence (VSF, HRV – heart rate variability)	91
3.2	Terénní možnosti testování	94
3.2.1	Step testy – obecná charakteristika	94
3.2.2	Cooperův test na vzdálenost 2,4 km	102
3.2.3	Andersen test	105
3.2.4	Vameval test	106
3.2.5	Beep test	108
3.2.6	Určení anaerobního prahu	111
4.	Testování koordinačních schopností	113
4.1	Testy statické rovnováhy	113
4.2	Testy dynamické rovnováhy	113
4.3	Star excursion balance test	115
4.4	Hop testy	116
5.	Případová studie – Spiroergometrie na běhátku	119
6.	Všeobecné testy pro vybrané sporty	124
	Literatura	126

Seznam použitých zkratek

a [$m \cdot s^{-2}$]	zrychlení v aktivní fázi odrazu
ADP	adenozindifosfát
AED	automatický externí defibrilátor
ANS	autonomní nervový systém
ATP	adenozintrifosfát
CP	kreatinfosfát
EKG	elektrokardiografie
EPOC	excess post-exercise oxygen consumption, pozátěžový nadkladový příjem kyslíku
Fmax	maximální síla
h [cm]	výška výskoku
h/tc [$cm \cdot s^{-1}$]	výška výskoku/doba kontaktu
H/Q	poměr hamstringy vs. quadriceps
HF	high frequency, pásmo vysoké frekvence
HR	heart rate, minutová srdeční frekvence
HRR	heart rate reserve, maximální srdeční rezerva (HRMAX – HRKLID)
HRmax	maximal heart rate, maximální minutová srdeční frekvence
HRV	heart rate variability, VSF
LF	low frequency, pásmo nízké frekvence
LAm _{ax} [$mmol \cdot l^{-1}$]	maximální koncentrace laktátu v maximálním testu
ΔLA_{40} [$mmol \cdot l^{-1}$]	vzestup koncentrace laktátu v krvi v submaximálním testu oproti výchozí pozátěžové hodnotě
M	moment síly
M _{peak}	maximální moment síly
MAOD	maximal accumulated oxygen deficit, maximální akumulovaný kyslíkový deficit
MSR	maximální srdeční rezerva, HRR
MTB	mountain bike, horské kolo
Nu	normalized units, normalizované jednotky
O ₂ -deficit	kyslíkový deficit
O ₂ -debt	kyslíkový dluh (EPOC)
O ₂	minutový příjem kyslíku
O ₂ max	maximální minutový příjem kyslíku
O ₂ max $\cdot kg^{-1}$	maximální minutový příjem kyslíku v přepočtu na 1 kg hmotnosti
O ₂ peak	vrcholový minutový příjem kyslíku

$(O_2/SF)_{max}$	maximální tepový kyslík
P	výkon (jednotka watt – W)
P _{max}	maximální výkon
R	pozitivní kmit v EKG křivce
RCP	respiratory compensation point, bod respirační kompenzace
RER	respiratory exchange ratio, poměr výměny dýchacích plynů (= VCO_2/VO_2)
SF	minutová srdeční frekvence, HR
SF _{max}	maximální minutová srdeční frekvence, HR _{MAX}
SVB	sympatho-vagal balance, index sympatiko-vagové rovnováhy t _{max}
[s]	doba trvání maximálního testu
T _c [s]	doba kontaktu s podložkou
T _f [s]	doba letu
P _{akt} [W . kg ⁻¹]	výkon v aktivní fázi odrazu
P [W. kg ⁻¹]	průměrný výkon
TK	krevní tlak
TS	total score, celkové skóre aktivity ANS
v	rychlost pohybu tělesa vůči jinému tělesu
VA	vagal activity, aktivita vagu (parasympatiku)
CO ₂	minutový výdej oxidu uhličitého
VE/VO ₂	ventilační ekvivalent pro kyslík (množství ventilovaného vzduchu při příjmu 1 l O ₂)
VE/VCO ₂	ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý (množství ventilovaného vzduchu při výdeji 1 l CO ₂)
VLF	very low frequency, pásmo velmi nízké frekvence
VSF	variabilita srdeční frekvence, HRV
VT1	první ventilační práh
VT2	druhý ventilační práh (odpovídá RCP)
W170 (W150, W130)	výkon při SF 170 (150, 130)
W	práce

Úvod

Tento učební text je primárně určen studentům tělovýchovných fakult. Nicméně svou komplexností, a hlavně reálnou využitelností najde své místo určitě i v trenérské praxi. Jedná se o druhé vydání, které jsme připravili s pečlivostí a důrazem na největší praktické využití přímo v terénu. Zaměřili jsme se zejména na přidání terénních testů, které jsou svou výpovědní hodnotou cenným zdrojem poznatků progresu sportovce. Text je vhodný i pro samotné sportovce všech sportovních disciplín. V předložené publikaci autoři poskytují komplexní přehled nejčastěji využívaných testů s cílem objektivního posouzení trénovanosti (výkonnosti) testované osoby a také zjištění reakce organismu (fyziologické i patologické) na zátěž. Klíčovým aspektem každého testování je následná interpretace získaných dat a její využití v praxi. Z tohoto důvodu poskytujeme čtenáři textu v mnoha případech normy, které slouží k rychlému zařazení testované osoby do konkrétní kategorie. V tomto duchu jsme přesvědčeni, že poznání jenom jednoho parametru nerozhoduje o dosaženém úspěchu, respektive neúspěchu v konkrétní sportovní disciplíně. Skutečné mistrovství spočívá v správné interpretaci dat, pečlivém a pravidelném záznamu dosažených výsledků s cílem využitelnosti v tréninku.

Pevně věříme, že text se stane zdrojem informací, které využijete v praxi. Námi prezentované informace vycházejí ze současné odborné vědecké literatury.

Skutečná věda se stává vědou jen tehdy, pokud je možné její výsledky využít v praxi. Proto si přejeme praktickou využitelnost textu.

Autoři

1. Zátěžová diagnostika jako komplexní nástroj posouzení tělesné zdatnosti

Kateřina Kapounková, Iva Tomášková, Ivan Struhár, Ján Novotný

V současném pojetí můžeme tělesnou zdatnost rozdělit na dvě základní subkategorie:

- **výkonově orientovaná zdatnost;**
- **zdravotně orientovaná zdatnost.**

Výkonově orientovaná zdatnost podmiňuje pohybový výkon v konkrétní sportovní specializaci a zahrnuje komponenty jako reakční čas, síla, rychlost, rovnováha nebo koordinace.

Na druhé straně zdravotně orientovaná zdatnost ovlivňuje zdravotní stav člověka a působí hlavně preventivně, například na zdravotní problémy spojené s nedostatkem pohybové činnosti (Caspersen, Powell, & Christenson, 1985). Mezi hlavní komponenty zdravotně orientované zdatnosti patří aerobní zdatnost, tělesná kompozice a svalová zdatnost. Zde je potřeba si uvědomit zásadní rozdíl mezi výkonově a zdravotně orientovanou zdatností. Uvedeme příklad sportovce, který může dosahovat vynikajících výsledků ve své sportovní disciplíně, ale například výrazně překračuje optimální úroveň tělesného tuku nebo nedosahuje aerobní zdatnosti vzhledem k pohlaví a věku. Sportovec má následně, i když pravidelně participuje na vykonávání svých specifických cvičení, vyšší předpoklad k rozvoji chronických neinfekčních onemocnění. Podpora zdravotně orientované zdatnosti proto není aktuální jen v běžné populaci.

V souvislosti s tělesnou zdatností je také důležité ujasnit si dva častokrát nesprávně interpretované pojmy, a to pohybová aktivita a pohybové cvičení. Pohybové cvičení není synonymem pohybové aktivity. Jedná se o subkategorii, kterou můžeme definovat jako pohybovou aktivitu vyžadující fyzickou námahu, která je plánována, strukturována, pravidelně opakována s cílem zlepšení nebo udržení tělesné zdatnosti jako hlavního cíle (Caspersen, Powell, & Christenson, 1985). V tomto bodu chceme čtenáře upozornit na důležitost testování nejen jako zdroje dat, která nám umožňují modifikovat například tréninkový proces, ale i reálnou využitelnost při poznání tělesné zdatnosti člověka ve smyslu prevence chronických neinfekčních onemocnění.

Úvod do zátěžových testů

V následujícím textu poskytneme základní obecnou teorii, kterou je nezbytné znát před samotným testováním. Pro lepší orientaci se zaměříme na anamnézu, cíle a podstatu zátěžových testů, volbu testu a také na bezpečnost, kterou je nutné dodržet při každém testování.

1.1 Anamnéza

Anamnéza (anamnesis = vzpomínání) je souhrn údajů. Anamnéza patří mezi nejdůležitější součásti vyšetření a je jedním ze základních předpokladů úspěšného výsledku testování. Tvorí základ vyšetření, proto by měla vždy předcházet i zátěžovému vyšetření. Stejně jako ostatní údaje jsou i anamnestická data předmětem ochrany dat každého probanda a podléhají povinné mlčenlivosti stanovené aktuálními právními předpisy státu.

V obsahu anamnézy lze rozlišit:

- **Objektivní údaje** – zjistí nezávisle druhá osoba pozorováním (barva kůže, přítomnost třesu, zápachu, pocení, grimasování, zaujatá poloha klienta atd.).
- **Subjektivní údaje** – sděluje proband sám (jeho vnímání zdravotního stavu). Patří mezi ně sdělení klienta o bolesti, svědění, nevolnosti, strachu, úzkosti, starostech, obavách atd.

Všechny získané informace je nutné *zaznamenat přesně a věcně*.

Struktura získávání anamnézy je rozdělena na (Obr. 1):

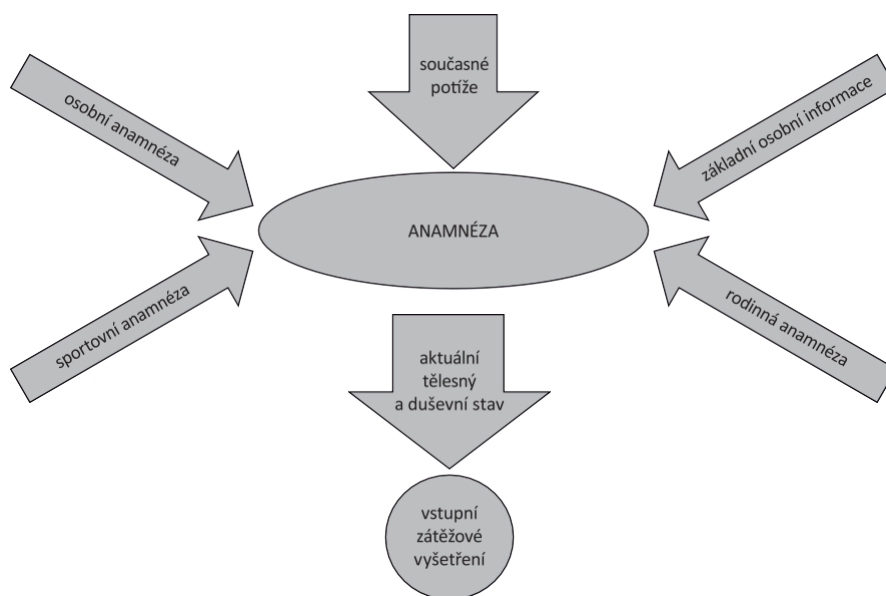
- **Anamnestické údaje**, které lze získat buď z dostupné dokumentace (např. zdravotnické), nebo strukturovaným rozhovorem od probanda (respektive od doprovodu probanda – rodič, trenér apod.).
- **Zjištění příznaků** (určujících znaků nebo rizikových faktorů a jejich příčin) prostřednictvím pozorování k posouzení aktuálního stavu nebo vyšetřením pomocí testů a škál. Anamnestická data je vždy nutné cílit.

Anamnéza obsahuje:

- **Základní osobní informace**, jako jsou národnost, věk, pohlaví, zaměstnání a eventuálně zájmy.
- **Současné potíže** (současný zdravotní stav) – anamnéza je cílena na akutní potíže, které jsou kontraindikací zátěžového vyšetření. Jsou to dotazy na akutní infekční onemocnění (chřipka, viróza apod.), akutní bolesti, dušnost, závratě, křeče, akutní stádium zhoubných nádorů, stavy po úrazech apod.; ze životosprávy je nutné se dotazovat na trvání a kvalitu spánku, stravovací a pitný režim.
- **Osobní anamnézu** zahrnující choroby s trvalými nebo dočasnými následky (spála, infekční žloutenka a jiné). Další dotazy musí být cíleny na onemocnění, která patří mezi kontraindikace zátěžového vyšetření (hypertenze, nádorová onemocnění s metastázami, dekompenzovaný diabetes mellitus apod.). Je nutné zaznamenat škodlivé návyky probanda (kouření, alkohol, drogy).
- **Rodinnou anamnézu** – rizikové faktory v rodině probanda zahrnující nemoci srdce, cév, metabolická a nádorová onemocnění.
- **Sociální anamnézu**. Tato část může být vynechána.

Další anamnestická data souvisí s tím, za jakým účelem je zátěžové vyšetření prováděno. Pokud se jedná o sportovce, pak je vhodné anamnézu doplnit ještě i o sportovní anamnézu, která by měla být cílena na sportovní přípravu probanda. Slouží ke zjištění podstatných údajů o sportovní činnosti (trénink v posledním období).

U některých probandů je anamnéza doplněna i o farmakologickou anamnézu. Především je nutné zjistit pravidelné užívání léků, které by mohly zkreslit výsledky zátěžových testů (například užívání betablokátorů).



Obr. 1 Anamnéza

1.2 Cíle a podstata zátěžových testů

- Zjistit funkční schopnost člověka a posoudit připravenost k pohybovému (sportovnímu) výkonu:
 - vyhledávání talentů pro sport,
 - posouzení efektivity tréninku.
- Získat vodítka pro řízení intenzity tréninkové zátěže nebo pohybové léčby.
- Odhalit skryté oslabení organismu (poruchy, nemoci).
- Posoudit druh a míru poškození a dysfunkce orgánů a systémů.

1.3 Volba testu

Podstatnou částí samotného koncipování testu je dodržení následujících vlastností, které je nutno vzít v potaz. Test by měl být:

- 1) příslušný (specifický) a platný (validní) – skutečně zjišťuje to, co chceme zjistit,
- 2) dostatečně přesný (precizní),
- 3) dostatečně nebo přiměřeně citlivý (senzitivní),
- 4) s co nejmenší chybou,
- 5) spolehlivý (reliabilní) – dává stejné výsledky při jeho opakování,
- 6) opakovatelný – lze jej opakovaně provádět stejným způsobem,
- 7) objektivní – je co nejméně ovlivněn osobou testovanou i testující.

Uvedené vlastnosti testu mají zásadní význam zejména při porovnávání výsledků v průběhu času. Použití jiného testovacího protokolu, byť se stejným cílem testování, je faktor, který zásadně ovlivňuje získané hodnoty z testu. Vzhledem k častým chybám proto doporučujeme postupovat v následujícím pořadí:

- 1) Uvědomit si, co je cílem testu, kterého chceme dosáhnout.
- 2) Promyslet, který z ukazatelů (parametrů) testované vlastnosti člověka je nejvhodnější.
- 3) Promyslet vlastnosti různých testů, druhy a způsoby zatížení, měření a vyhodnocování výsledků.
- 4) Zvážit další podmínky realizace (prostorové, časové, finanční, organizační, personální, přístrojové, materiální).
- 5) Vybrat vhodný test.

Dalším podstatným bodem je volba místa realizace testování. Laboratorní i terénní testování má své výhody i nevýhody. V níže uvedené tabulce uvádíme krátkou charakteristiku.

Tab. 1 Charakteristika zátěžových testů vzhledem k místu realizace

Zátěžové testy		
V laboratoři	← VÝHODY – NEVÝHODY →	V terénu
stabilnější	fyzikálně-chemické podmínky prostředí vzduch, voda – teplota, proudění atd.	nestabilní
přesnější	zátěž, provedení, dávkování	variabilnější
lepší	možnost sledování odezvy organismu	horší
menší – malá	podobnost zátěže – přenositelnost výsledků v testu a v tréninku či soutěži	větší – vysoká
lepší – dobrá	opakovatelnost, možnost srovnání výsledků	horší

1.4 Bezpečnost během vykonávání zátěžového testu

Před každým testováním je nutné dbát bezpečnostních pokynů a zvážit následující:

- 1) nebezpečí zranění (prostor, umístění, stav ergometru, okolní předměty),
- 2) nebezpečí selhání oslabených vnitřních orgánů a systémů,
- 3) příprava personálu k řešení problému:
 - dlouhodobá – vzdělání, praxe, cvičení,
 - bezprostřední příprava – metodika testu;
- 4) důvody neprovedení a přerušení testu,
- 5) příprava laboratoře:
 - prostor, uspořádání ergometrů a přístrojů, větrání, klimatizace apod.,
 - zdravotní materiál a léky pro první pomoc a resuscitaci (AED);
- 6) příprava a sledování testovaného:
 - vysvětlení průběhu testu, zácvik, způsob komunikace, sdělení potíží, způsob ukončení testu apod.,
 - průběžná komunikace, sledování odezvy na zátěž – známky selhávání atd.;
- 7) zvláštnosti testování dětí, seniorů a žen:
 - DĚTI – větší obava, jednodušší vysvětlení, rychlejší reakce, nestabilita,
 - SENIOŘI – pomaleji reagují, vyšší riziko selhání oslabených orgánů,
 - ŽENY – častější neurocirkulační (TK) labilita, problém umístění a stabilizace EKG elektrod.

Zejména je důležité poznat situace, za nichž není vhodné test provést, respektive důvody, které vedou k přerušení testování.

Důvody neprovedení testu (kontraindikace):

- 1) bolesti, dušnost, závratě, křeče, poruchy vědomí, porucha motoriky, nespoleupráce,
- 2) poruchy pohybového aparátu (po úrazech, neurologická a metabolická onemocnění),
- 3) akutní infekční onemocnění (chřipka, angína, viróza apod.),
- 4) floridní stádium zhoubných nádorů, metastázy,
- 5) selhávání funkcí vnitřních orgánů a systémů:
 - selhávání krevního oběhu (poruchy srdce, výrazná hypertenze nebo hypotenze),
 - vážná porucha metabolismu (dekompenzace diabetu, acidóza, alkalóza apod.).

Důvody přerušení testu (zátěže):

- 1) subjektivní potíže:
 - **bolesti hrudníku**, hlavy, břicha, kloubů, svalů, křeče atd.,
 - dušnost, závratě, křeče, poruchy vědomí, nespoleupráce,
 - vyčerpání – únava, neschopnost pokračovat v práci;
- 2) objektivní poruchy:

- poruchy motoriky a udržení polohy těla, poruchy vědomí,
- akutní selhání srdce (**EKG**) a krevního oběhu (**STK** > 240 mmHg), kolapsový stav.

1.5 Úloha ergometrie a spiroergometrie

Důvody provádění těchto zátěžových testů jsou preventivní nebo diagnostické. V rámci prevence se to týká jak sportovců, tak pacientů, kteří mají zájem o různé pohybové aktivity. Pro pacienty je pohyb zároveň součástí jejich terapie. Pro rekreační i výkonnostní sportovce je zátěžové vyšetření důležité nejen pro jejich tréninkovou přípravu, ale především pro včasné odhalení kardiovaskulárních onemocnění.

Než se stát nemocným je pro každého z nás samozřejmě lepší předejít nemoci a zůstat zdravý. To je principem primární prevence (Rosolová, 2013). Závodní sportovci mají tyto testy pravidelné, záleží na úrovni soutěže, věku závodníka a typu sportu. Pro ně jsou dle současné legislativy prohlídky nutné. Zátěžové testy lze provést v laboratoři nebo v terénu

Ergometrie v laboratoři se provádí buď na běhátku, rotopedu nebo veslařském trenažeru. Zátěž na rotopedu je stupňovitá, většinou se zátěž zvedá po 2 minutách o 0,5–1 W/kg, podle kondice jedince. Celou dobu zátěže je monitorováno EKG a v pravidelných intervalech (většinou po 2 minutách) měřen krevní tlak. Na běhátku se stupňuje rychlost pásu. Počáteční rychlost stanovíme podle kondice jedince (4–7 km/hod). Celou dobu zátěže je opět monitorováno EKG, krevní tlak zde z technických důvodů měříme pouze před testem a těsně po ukončení. Výsledkem pro takto testované jedince je vyloučení či potvrzení srdečních arytmií nebo ischemických změn, tlaková reakce na zátěž a tolerance zátěže neboli kondice testovaného (W/kg). Terénní testy se provádí spíše jen u sportovců, kteří potřebují otestovat svůj výkon, změřit maximální spotřebu kyslíku s určením anaerobního prahu. Terénní testy jsou v těchto případech mnohem lepší pro sportovce, kteří potřebují otestovat výše uvedené parametry přímo u vykonávání svého sportu. Díky telemetrickému snímání EKG, přenosnému měření spotřeby kyslíku nebo odběru laktátu se tyto testy stávají stále vyhledávanější.

Kdo by měl ergometrii absolvovat?

- Dospělí jedinci, kteří chtějí začít sportovat a chtějí omezit riziko kardiálních problémů.
- Pacienti, kterým byla doporučena pravidelná pohybová aktivita. Pro správnou preskripci a co největší bezpečnost z hlediska kardiální zátěže, je tento test velmi vhodný.
- Závodní sportovci.

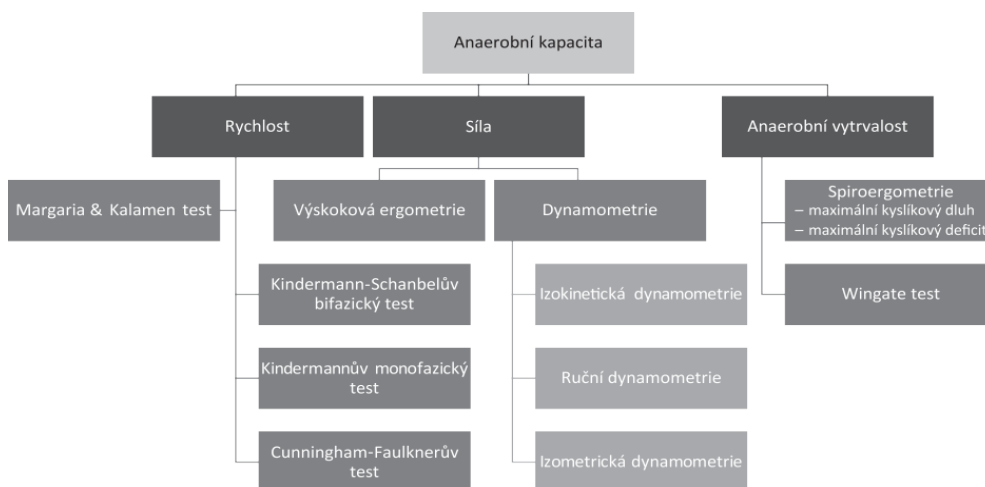
Spiroergometrie se stejně jako ergometrie provádí na běhátku, rotopedu, veslařském trenažeru. Během zátěže jsou měřeny dechové plyny (O_2 a CO_2). Díky těmto měřením můžeme určit aerobní i anaerobní práh a maximální spotřebu kyslíku při zátěži. Současně díky monitoraci EKG a krevního tlaku vyloučíme srdeční arytmie, ischemické změny nebo patologickou tlakovou reakci na zátěž a toleranci (kondici) testovaného ve W/kg. Maximální spotřeba kyslíku nám zároveň ukazuje na schopnost jedince vykonávat spíše vytrvalostní sport nebo sport s krátkodobou zátěží.

Kdo by měl spiroergometrii absolvovat?

- Dospělí jedinci, kteří chtějí začít sportovat především vytrvalostní pohybové aktivity, mají sporttester na měření tepové frekvence.
- Dospělí jedinci, kteří chtějí hubnout, a tedy trénovat v aerobním pásmu a mají sporttester.
- Sportovci, kteří provádějí vytrvalostní sport a potřebují znát tréninkové tepové pásmo pro vytrvalostní sport.
- Pacienti, jimž lékař doporučil vytrvalostní pohybovou aktivitu. Jsou to všichni kardiaci, pacienti s vysokým krevním tlakem, metabolickým syndromem. Diagnóz je celá řada. Obecně platí, že od středního věku výše jsou vytrvalostní aktivity vhodné pro každého, protože u těchto aktivit je nízké riziko maligních srdečních arytmí.

2. Testování anaerobní kapacity a silových schopností organismu

Ivan Struhár, Jan Novotný, Martina Bernaciková, Kateřina Kapounková



2.1 Laboratorní možnosti testování

2.1.1 Spiroergometrie jako test anaerobních schopností

Poznámka: Tato spiroergometrie se běžně neprovádí, protože výpočet sledovaných parametrů nebývá ve standardní softwarové výbavě spiroergometrických systémů.

Cíl testu:

Cílem testu je zjištění a posouzení anaerobní schopnosti.

Fyziologická poznámka:

Anaerobní schopnost je schopnost získávat energii pro svalovou práci anaerobním (neoxidativním) způsobem z chemických zdrojů – z adenosindifosfátu (ADP), kreatinfosfátu (CP) a z glukózy (anaerobní glykolýza s produkcí kyseliny mléčné a laktátu). Anaerobní schopnost umožňuje provádět krátkodobější pohybové výkony, které jsou prováděny větší silou (opakované silové výkony) nebo s větší rychlostí pohybu (sprinterské výkony).

Hlavní sledované parametry:

- **Maximální kyslíkový dluh** ($\text{MaxO}_2\text{-debt}$, EPOC – excess post-exercise oxygen consumption; l , [$l \cdot \text{kg}^{-1}$]) = množství kyslíku po skončení maximální zátěže (do vyčerpání), přesahující klidový příjem kyslíku. Tento příjem kyslíku klesá až do dosažení klidové hodnoty. Jde

o „splácení O_2 dluhu“, který se vytvořil v průběhu zátěže (O_2 -deficit). Tento dluh se splácí přibližně 30–60 minut. Hodnotí se „čistý“ O_2 -dluh – po odečtení klidového VO_2 . Ze zkušenosti víme, že hodnoty 30 min. trvajících dluhu mohou být u dospělých trénovaných osob kolem 3–8 l (100 – 150 ml . kg^{-1}).

- **Maximální kyslíkový deficit** ($MaxO_2$ -deficit; MAOD – maximal accumulated oxygen deficit; [l, l . kg^{-1}]) = množství kyslíku, které v průběhu testu s kontinuální nestupňovanou maximální zátěží (do vyčerpání) chybí do teoretické úrovně VO_{2max} . Tento deficit vedou vypočítat pouze některé sofistikovanější spiroergometrické systémy.

V současné době nejsou pro tyto parametry dostupné referenční hodnoty populace; problém je v nejednotném provedení testu, především v různé intenzitě zatížení, v případě dluhu i v časové náročnosti.

Laboratorní vybavení (přístroje, materiál):

- stejné jako při spiroergometrii – aerobním testu.

Bezpečnostní riziko:

- stejné jako při spiroergometrii – aerobním testu.

Příprava testované osoby, přístrojů a materiálu:

- stejná jako při spiroergometrii – aerobním testu; ovšem zdrojem zátěže je pouze bicyklový ergometr.

Způsob zatížení (zátěžový protokol):

1) zahřátí

Lehká zátěž 5 minut (s výkonem přibližně 100–150 W u mužů, 70–100 W u žen). Následuje přestávka 5 minut.

2) supramaximální zátěž

Tato kontinuální zátěž by měla být takové intenzity, aby v důsledku vyčerpání došlo k jejímu ukončení během 3 až 10 minut. Mělo by se tak dosáhnout maximálních hodnot příjmu kyslíku, kyslíkového deficitu i kyslíkového dluhu. Existují i protokoly se zvyšující se zátěží. Jejich popis by však přesáhl rámec této publikace.

- bicyklový ergometr:

Těsně před maximální zátěží se testovaná osoba rozšlape s lehkou zátěží (asi 80–100 W) na 80–100 otáček za minutu, aby zvládla začátek hlavní zátěže a neukončila test předčasně. Nastavení výkonu zátěže může být problém u osob, které jsme takto ještě netestovali, a nevíme, jakou zátěž zvládnou ušlapat a přibližně jak dlouho u nich maximální zátěž potrvá. Lze odhadovat, že maximální výkon může být kolem 4–5 W . kg^{-1} u mužů (kolem 300–350 W) a 3–3,5 W . kg^{-1} u žen (kolem 200–250 W).

- běhátko:

Běh s vyšší rychlostí na pásu bez sklonu nebo se sklonem 1–2 %.

3) klid vsedě na židli

Tab. 2 Maximální akumulovaný kyslíkový deficit (MAOD) u 9 univerzitních studentů na bicyklovém ergometru a na běhátku bez sklonu (Hill et al., 2002)

	Ergometr	Běhátko
MAOD [l]	3,71 ± 1,04	2,37 ± 0,76
MAOD [ml . kg ⁻¹]	58,9 ± 22,5	36,0 ± 8,1

Tab. 3 Maximální akumulovaný kyslíkový deficit (MAOD) stanovený různými metodami u 19 trénovaných běžců na střední a dlouhé tratě (Bosquet et al., 2008; na běhátku bez sklonu se stupňovanou rychlostí od 10 km.h⁻¹; s přírůstků 1 km.2 min⁻¹ do vyčerpání)

	MAOD [l]	MAOD [ml . kg ⁻¹]
Hill et al., 1988	4,5 ± 1,7	60,5 ± 18,8
Medbo et al., 1988	4,2 ± 1,6	57,0 ± 17,7
Whipp et al., 1986	4,0 ± 1,4	54,1 ± 14,7

2.1.2 Wingate test

Wingate test byl navržen vědci Aylon, Inbar a Bar-Or z izraelského tělovýchovného institutu Wingate v roce 1974. Podle místa svého vzniku je odvozen i název samotného testu. Test trvá 30 sekund, během prvních sekund testu vyvine proband maximální kadenci. Dnes se nicméně setkáváme s různými modifikacemi testu, při nichž může být časová délka zkrácena na 20 nebo i 10 vteřin. V níže uvedeném textu budeme popisovat původní 30sekundovou variantu.

Cíl testu:

Cílem testu je posouzení anaerobních schopností organismu.

Fyziologická poznámka:

Pro zahájení pohybu je potřebné určité množství energie. V průběhu několika málo sekund (do 5 sekund) je organismus schopen saturovat vysoké energetické nároky rozpadem vysokoenergetických molekul známých jako adenosintrifosfát (ATP) a kreatinfosfát (CP). ATP a CP poskytují okamžitou energii k pohybovým výkonům svalových akcí. Tyto molekuly mohou být rozloženy jak s kyslíkem, tak i bez něj, a proto v odborné literatuře najdeme termíny aerobní a anaerobní způsob získávání energie. Svalové zásoby ATP a CP jsou bohužel velmi omezené a po několika sekundách vysoce intenzivní pohybové aktivity se rychle vyčerpají.

Hlavní sledované parametry:

- 1) nejvyšší dosažený výkon (Pmax; Wmax; W),
- 2) průměrný výkon (Mean power; W),
- 3) index únavy (Fatigue index, FI) $(W_{max} - W_{min}) \cdot 100$

$$(W_{max})$$

Index únavy definujeme jako pokles výkonnosti v průběhu testu. Udává se v % a ukazuje na míru únavy v průběhu testovaného anaerobního výkonu.

Laboratorní vybavení (přístroje, materiál):

- 1) Bicyklový ergometr.
- 2) Adekvátní softwarové vybavení k ergometru umožňující nastavení konstantního odporu. Tento odpor se sportovec snaží překonávat s maximálním úsilím po dobu 30 sekund.
- 3) Připravený protokol k zaznamenávání dat a následných výpočtů.

Příprava testované osoby:

- 1) Testovaná osoba musí být odpočatá (alespoň 48 hodin po náročném výkonu), ne hladová (jen po lehkém jídle) či dehydratovaná. Musí splňovat podmínky pro bezpečný průběh testu (bez kontraindikace).
- 2) Anamnestické ověření aktuálního zdravotního stavu (dotazy na potíže – bolesti, dušnosti atd.).
- 3) Dohoda a poučení mezi testující a testovanou osobou:
 - o smyslu testu,
 - o postupu při testu,
 - o možnostech komunikace při testu,
 - o způsobu řešení případných problémů (závratě, nevolnosti, bolesti, dušnost, vyčerpání, pád apod.).
- 4) Potvrzení informovaného souhlasu testované osoby.
- 5) Testovaná osoba může v kterékoli fázi test ukončit.

Příprava přístrojů a materiálů:

- 1) Kolem testovací přístrojové linky musí být dostatečný prostor pro případné položení a ošetření testované osoby. Doporučuje se mít k dispozici lehátko, židli a automatický externí defibrilátor.
- 2) Nastartování PC s příslušným programem, nastavení programu v PC.
- 3) Založení záznamu o testu v PC – zapsání identifikačních údajů testované osoby.
- 4) Nastavení „protokolu“ zátěže – konstantní odpor během testu.
- 5) Kalibrace a kontrola správného nastavení délky klik na bicyklovém ergometru.

Nastavení konstantního odporu během testu:

Vzhledem k poměrně velké různorodosti testovaných osob poskytujeme čtenáři základní orientaci pro nastavení konstantního odporu během testu. Tyto hodnoty závisí nejen na vykonávané pohybové aktivitě, ale také na věku a pohlaví. Druhý způsob nastavení konstantního odporu během testu zohledňuje vykonávanou pohybovou aktivitu a aktuální hmotnost probanda. Oba způsoby jsou v praxi běžně používány. V případě opakovaného testování dopo-

ručujeme v průběhu času používat stejnou výši konstantního odporu vzhledem k interpretovatelnosti výsledků a vyvození závěrů pro praxi.

Tab. 4 Nastavení konstantního odporu během Wingate testu

Proband	Typ vykonávané pohybové aktivity	Konstantní odpor (kg)	Reference
Zdravý dospělý muž	proband, který nespĺňuje minimální pohybové doporučení dle WHO	0,075	(Inbar et al., 1996)
	proband, který splňuje minimální pohybové doporučení dle WHO	0,098	(Evans & Quinney, 1981)
	atletické disciplíny	0,098	(Evans & Quinney, 1981)
	student tělovýchovné fakulty	0,098	(Dotan & Bar-Or, 1983)
	běh na 100, 200, 400 m cyklistické sprinty	0,100	(Kirksey et al., 1999)
Zdravá dospělá žena	probandka, která nespĺňuje minimální pohybové doporučení dle WHO	0,075	(Inbar et al., 1996)
	studentka tělovýchovné fakulty	0,085	(Dotan & Bar-Or, 1983)
	běh na 100, 200, 400 m cyklistické sprinty	0,100	(Kirksey et al., 1999)

Pozn.: Odpor může být vyjádřen i v N/kg tělesné hmotnosti nebo v kp/kg tělesné hmotnosti.

Tab. 5 Nastavení konstantního odporu na základě aktuální tělesné hmotnosti probanda (Robergs et al., 1996)

Aktuální tělesná hmotnost probanda (kg)	Konstantní odpor (kg)
40–44,9	3,25
45–49,9	3,5
50–54,9	4,0
55–59,9	4,25
60–64,9	4,75
65–69,9	5,0
70–74,9	5,5
75–79,9	5,75
80–84,9	6,25
≥ 85	6,5

Zátěžový protokol:

Pro lepší orientaci uvádíme v tabulce 6 algoritmus jednotlivých fází protokolu při realizaci Wingate testu, a následně v bodech postup při vykonání testu.

Tab. 6 Protokol Wingate testu (Haff & Dumke, 2012)

Fáze protokolu		Délka trvání (min)	Popis
1	Zjištění antropometrických charakteristik probanda	1	Měření tělesné hmotnosti a výšky
2	Rozcvičení (Warm-up)	4–5	A. Odpor nastavený na přibližně 20–25 % konstantního odporu v samotném 30s zatížení. B. Kadence 60–70 otáček za minutu. C. Na konci každé minuty proband vynaloží maximální úsilí s maximální možnou kadencí. Délka těchto „all-out“ sprintů by měla být v rozmezí 4–6 sekund. Intenzita se postupně zvyšuje až do úrovně konstantního odporu během 30 s samotného testu. Počet opakování doporučujeme v rozmezí 3–5.
3	Regenerační fáze	5	Proband zůstává na kole. Intenzita zatížení na úrovni 1 W/kg tělesné hmotnosti, kadence 60–70 otáček za minutu.
4	Wingate-test	< 1	Dvě fáze: A. První fáze, 5–10 sekund: $\frac{1}{3}$ z cílového odporu, kadence 50 otáček za minutu. B. Druhá fáze, 2–5 sekund: Proband dosáhne maximální možné kadence. C. Třetí fáze: Po dosažení maximální možné kadence z druhé fáze je proband vystaven námi navrženému konstantnímu odporu po dobu 30 sekund.
5	Zklidnění po výkonu (Cool-down)	5	Proband zůstává na kole. Intenzita zatížení na úrovni 1 W/kg tělesné hmotnosti, kadence 60–70 otáček za minutu. V případě, že protokol obsahuje několik maximálních „all-out“ zatížení, může být tato část testu prodloužena.

Postup:

- 1) Zjištění základních antropometrických charakteristik probanda (tělesná hmotnost a tělesná výška).
- 2) Nastavení výšky sedla dle antropometrie testované osoby:
 - Sedlo by mělo být vždy ve vodorovné poloze.
 - Kliku natočíme do spodní úvrati, kolmo k zemi. Patu natažené končetiny (v botách či tretrách) položíme na pedál. Noha by měla být jen lehce pokrčená v koleni (5–15°).
- 3) Kalibrace přístroje a nastavení zátěžového protokolu včetně konstantního odporu během Wingate testu.
- 4) Výzkumník kompletně vysvětlí zátěžový test s důrazem na 30sekundové zatížení.