

ZÁTĚŽOVÁ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKA VE SPORTU

**Východiska, aplikace
a interpretace**

Jan Heller

Zátěžová funkční diagnostika ve sportu

Východiska, aplikace a interpretace

Jan Heller

Recenzovali: prof. MUDr. Václav Zeman, CSc.
prof. PaedDr. Ján Junger, Ph.D.

Vydala Univerzita Karlova
Nakladatelství Karolinum
Redakce Barbora Klímová a Lenka Ščerbaničová
Grafická úprava Kateřina Řezáčová
Sazba DTP Nakladatelství Karolinum
Vydání první

© Univerzita Karlova, 2018

© Jan Heller, 2018

ISBN 978-80-246-3359-6

ISBN 978-80-246-3391-6 (online : pdf)



Univerzita Karlova
Nakladatelství Karolinum 2019

www.karolinum.cz
ebooks@karolinum.cz

OBSAH

Úvod	7
I. ÚLOHA ZÁTĚŽOVÉ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKY VE SPORTU	11
1. Historie zátěžové funkční diagnostiky ve sportu	13
2. Historie zátěžové funkční diagnostiky v bývalém Československu	16
3. Význam zátěžové funkční diagnostiky ve sportu	20
II. OBECNÉ ZÁSADY ZÁTĚŽOVÉ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKY	25
4. Indikace zátěžové funkční diagnostiky ve sportu	27
5. Volba zátěžových testů dle různých kritérií a hledisek	32
6. Specificita a ekologie zátěžových testů	38
III. METODICKÉ ASPEKTY ZÁTĚŽOVÝCH TESTŮ	41
7. Spiroergometrie – test VO_2max	43
7.1 Test VO_2max – zátěžový protokol	44
7.2 Test VO_2max – výstupy a hodnocené parametry	48
8. Zátěžové protokoly anaerobních testů	52
8.1 Wingate test dolních končetin	55
8.2 Wingate test horních končetin	62
8.3 Test F-v, síla-rychlost (respektive odpor-rychlost)	66
8.4 Boscův test opakovaných výskoků	73
8.5 Anaerobní testy na běhacím koberci	77
8.6 Intermitentní anaerobní testy	80
IV. PŘÍKLADY VYUŽITÍ ZÁTĚŽOVÉ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKY V RŮZNÝCH SPORTECH	87
9. Atletické běhy	89
10. Badminton	102
11. Basketbal	112
12. Cyklistika	121
13. Fotbal	129
14. Judo	142
15. Kanoistika	150
16. Karate	165
17. Krasobruslení	171
18. Lední hokej	182
19. Lyžování – alpské disciplíny	194
20. Lyžování – běh	201
21. Orientační běh	211
22. Plavání	217

23. Sportovní gymnastika	230
24. Squash	243
25. Stolní tenis	251
26. Taekwondo	260
27. Tenis	276
28. Volejbal	286
29. Zápás	294
 Souhrn	 304
Summary	306

ÚVOD

Fyziologie tělesné zátěže se zaměřuje na sledování odezvy organismu na zatížení a na studium adaptací navozených fyzickým zatěžováním. Důležitou součástí tohoto studia představuje popis a charakterizace různých fyzicky a psychicky náročných výkonů a identifikace vhodných morfologických a funkčních charakteristik, které podmiňují úspěšné zvládnutí těchto náročných činností a výkonů. To se týká například širokého spektra psychofyzicky náročných profesí, jako jsou ozbrojené, bezpečnostní a záchranné složky, nebo letecký a kosmický personál atd., které jsou v centru zájmu pracovní fyziologie a pracovního lékařství, letecké fyziologie a kosmické medicíny a dalších příbuzných oborů. K oblasti psychofyzicky náročných profesí lze přiřadit i rozmanitou oblast sportovních výkonů, které se vyznačují vysokou variabilitou intenzity a doby trvání zatížení, způsobu energetické úhrady, nároků na rychlost, sílu, vytrvalost a koordinaci, respektive techniku pohybu. Tyto výkony jsou na jedné straně podmíněny výrazným rozvojem fyziologických funkcí specifických pro dané sportovní zaměření, na druhé straně jsou charakterizovány vysokou ekonomikou či úsporností práce, což bývá podmínkou dosažení vysokých sportovních výkonů. Fyziologie tělesné zátěže aplikovaná do oblasti sportu se proto zaměřuje na popis a charakterizaci sportovních výkonů a identifikaci vhodných fyziologických charakteristik pro různé sportovní činnosti a výkony, které se mohou značně lišit v závislosti na úrovni sportovní výkonnosti, od rekreační a amatérské úrovně, přes výkonnostní sport až po elitní či vrcholovou sportovní úroveň. Studium sportovních výkonů a morfologických a funkčních předpokladů pro jejich realizaci představuje významnou oblast výzkumu rozsahu funkcí a limitních možností lidského organismu a obohacuje mimo jiné svými poznatky i oblasti řady aplikovaných fyziologických oborů včetně srovnávací fyziologie. Praktickým motivem pro studium zákonitostí a mechanismů tréninkových adaptací je sportovní soutěžení a růst sportovních výkonů. Zvyšování objemu a intenzity tréninku přitom nemusí vždy navozovat žádoucí tréninkové adaptace, ale naopak může někdy vést k poklesu výkonnosti a syndromu únavy a přetrénování. To je podnětem pro výzkumy, které se zaměřují na odhalování vrozených dispozic pro různé pohybové činnosti a sportovní výkony i na větší či menší míru individuální adaptability, která limituje efektivitu sportovního tréninku a nárůst sportovní výkonnosti. Dalším významným motivem výzkumu jsou zdravotní aspekty pohybu člověka, kdy je zřejmé, že fyzické zatěžování vhodné frekvence, intenzity a objemu může podporovat a udržovat zdraví a působit profylakticky i terapeuticky pro řadu zdravotních problémů souvisejících s hypokinezou a současným civilizačním stresem. Otevřenou otázkou ale zůstává volba individuálně vhodného typu zátěže, individuálně vhodné intenzity, doby trvání a frekvence adaptačních podnětů. Obecně doporučované

sporty a pohybové aktivity nemusí být vždy vhodné pro jednotlivce, kteří se navzájem liší svými individuálními morfologickými a funkčními dispozicemi. I tato skutečnost vyzdvihuje význam kvalifikované diagnostiky, na jejímž základě by se mělo realizovat odborné poradenství pro oblast pohybových aktivit a sportu.

Základní místo v této kvalifikované diagnostice zaujímá zátěžová funkční diagnostika se svými východisky a principy, standardizovanými metodami i způsoby vyhodnocení a interpretace výsledků. Laboratorní zátěžová funkční diagnostika zpravidla představuje i tzv. „zlatý standard“, ke kterému se vztahují různě modifikované zátěžové testy, a to jak testy terénní, tak i laboratorní sportovně specifické diagnostiky, využívající různé trenažéry a formy zařízení, které modelují více či méně zdařile pohybovou činnost probíhající v reálných podmínkách daného sportu. Podobně laboratorní zátěžová funkční diagnostika představuje standard i pro mnohé výkonové či motorické testy. Ty bývají zaměřeny na posouzení úrovně pohybových schopností nebo komponent zdatnosti, ale zpravidla vyžadují i nějakou dovednost, respektive techniku pohybu, což může výrazně limitovat jejich výpovědní hodnotu. Výsledky v mnoha výkonových či motorických nebo v tzv. specifických zátěžových testech proto ovlivňuje významným způsobem zácvek, kdy se se zvyšujícím počtem opakování daného testu zlepšuje i jeho výsledek. V případě terénních testů jsou výsledky diagnostiky významně ovlivňovány zejména proměnlivými podmínkami zevního prostředí, které mohou měnit náročnost výkonu a mohou ovlivňovat reakci vyšetřovaného jedince na zátěž. Podmínky zevního prostředí mohou mít někdy vliv i na kvalitu činnosti diagnostické techniky, jako je tomu např. v případech extrémní vlhkosti či výrazně vysokých či výrazně nízkých teplot. Závislost výsledků diagnostických testů na řadě zjevných, ale i skrytých zevních a vnitřních faktorů problematizuje jejich validizaci, reliabilitu i senzitivitu na změny trénovanosti, ať již ve smyslu zlepšení trénovanosti jako celku či vybraných komponent trénovanosti nebo naopak poklesu funkcí v průběhu detréningu. Typickým příkladem problematické terénní diagnostiky jsou tzv. „celostní“ testy, které nelze validizovat ani se nelze kvalifikovaně vyjádřit k jejich reliabilitě a senzitivitě.

Ve sportu, podobně jako v dalších činnostech člověka, jsou patrné aspekty racionalizace a efektivity. V oblasti sportu se týkají např. výběru talentů, vytváření návrhů programů sportovní přípravy a zpětnovazební hodnocení jejich efektivity, a to jak vcelku, tak i v dílčích oblastech předpokladů sportovního výkonu. V oblasti vrcholového či elitního sportu je tlak na efektivitu a následně i racionalizaci tréninkové přípravy a zpětnovazebního ověřování efektivity dílčích kroků přípravy zřejmý, vzhledem k náročnosti a nákladnosti této přípravy. Ale i v oblasti výkonnostního nebo systematického rekreačního sportu se řada sportovců zajímá o možnosti racionalizace svého tréninku na základě průběžných kontrol a hodnocení tréninkových efektů, např. ověřování vlastních kapacit ve vztahu k vytyčeným krátkodobým či dlouhodobým výkonnostním cílům. Na této sportovní úrovni bývá racionalizace přípravy zaměřena například na přerozdělování času a sil mezi zaměstnáním, rodinou a ostatními volnočasovými aktivitami. Funkční zátěžová diagnostika se může kvalifikovaně vyjádřit k reálnosti vytyčených krátkodobých či dlouhodobých výkonnostních cílů s ohledem na aktuální stav jedince a individuální možnosti sportovní přípravy.

Hovoříme-li o racionálním přístupu ve sportovní přípravě, je třeba zmínit i řadu faktorů, které zjednodušený technokratický model „příčina – následek“ mohou výrazně ovlivňovat. V první řadě se jedná o širokou biologickou variabilitu, která je oproti ostatním příslušníkům živočišné říše u člověka nesmírně široká. Lze zmínit širokou variabilitu morfologie kosterního svalu člověka a rozmanitost metabolického vybavení, pestrost genetických predispozic k fyzickým či psychofyzickým aktivitám různého typu, omezené či naopak široké možnosti

adaptability člověka, variabilitu fyziologických regulací i různou citlivost na vnější i vnitřní vlivy podmiňující naši zdatnost a výkonnost. Někteří jedinci například pocítují vyšší, jiní naopak nižší meteosenzitivitu, tj. individuální citlivost, respektive reaktivitu na náhlé změny atmosférických přesunů, na změněnou ionizaci vzduchu a změny zemského magnetismu. Z vnitřních vlivů, které ovlivňují naši zdatnost a výkonnost, lze uvést v první řadě biorytmicitu a závislost na ranním či večerním chronotypu sportovce. Pro sportovce, kteří se při svých soutěžích musí často přesunovat přes různá časová pásma je významná odolnost na desynchronizaci rytmu a schopnost následně rychlé a kvalitní opětné resynchronizace. Pro některé jedince jsou uvedené faktory málo významné či téměř nepodstatné, ale u jiných mohou zásadním způsobem ovlivňovat jejich výkonnost.

Do procesu kontroly zdatnosti a trénovanosti vstupuje řada faktorů psychosociální povahy. Přístup amatérského sportovce, který od testování očekává rady a doporučení pro splnění svých sportovních cílů, se bude významně lišit od přístupu příslušníků záchranných a bezpečnostních sborů, rozhodčích a dalších profesí s tzv. minimálními standardy na zdatnost a výkonnost. U řady z nich, podobně jako u stárnoucích profesionálních sportovců, mohou výsledky testování významně ovlivnit jejich další setrvání v profesi a udržení stávajícího sociálně ekonomického statusu. Jejich úzkost a obavy se navenek často projevují negativním přístupem k testování, bagatelizací smyslu zátěžového vyšetřování a zpochybňováním jeho validity pro výkon dané profese či sportovní výkonnost v určité disciplíně. Naopak mladí kondičně dobře připravení kolegové těchto stárnoucích profesionálů budou v daném případě příznivé výsledky zátěžových testů spíše přeceňovat a na základě závěrů zátěžové funkční diagnostiky požadovat víceméně automatické získání profesionální pozice nebo zařazení do elitních sportovních týmů. Průběh a výsledky zátěžového testování mohou významně záviset na míře vnitřní motivace, očekávání a sebedůvěry, odlišné reakce lze očekávat při pravidelném kontrolním testování a jiné, provázené úzkostí a stresem, při vyřazovacím výběru sportovců do užších elitních týmů. Celkově průběh zátěžového testování a jeho výsledky významně závisí i na zkušenostech a empatii vyšetřujícího týmu vůči testované osobě, u osob poprvé testovaných, starších osob či jedinců, kteří vykazují známky úzkosti a stresu, je třeba ponechat dostatečný prostor pro habituaci a seznámení se s technologiemi, vysvětlení jednotlivých fází testování a jejich smyslu i principy kontroly a zajištění bezpečného zatěžování. U osob opakovaně testovaných může být instrukce stručnější, důležité je přitom navazovat na minulé dosažené výsledky. Během přípravy na test a v průběhu zátěžového testování je třeba s vyšetřovaným jedincem vytvořit neformální vztah, pozitivně jej motivovat a dát mu najevo, že provedení úspěšného zátěžového testu je jejich společným cílem.

Z výše uvedených poznámek je patrné, že zátěžová funkční diagnostika aplikovaná ve sportu má široké využití v objektivizaci různých aspektů zdatnosti a výkonnosti lidského organismu. I přes primární biologickou orientaci logicky navazuje na sociálněpsychologické disciplíny aplikované v dané oblasti. Svými výstupy směřuje především do empirických vědních oblastí, což dokumentuje tendence k matematizaci výsledků i jejich vyjadřování ve fyzikálních jednotkách. Záměrem publikace je podat přehled o zátěžových testech využívaných v diagnostice u sportujících, se zaměřením na standardní aerobní a anaerobní zátěžovou diagnostiku, s uvedením vlastních zkušeností získaných v různých oblastech zátěžové funkční diagnostiky. Druhá část monografie přináší příklady využití zátěžové funkční diagnostiky v různých sportech a sportovních odvětvích, kde jsou uváděny vlastní výsledky zátěžové funkční diagnostiky a jsou následně konfrontovány a diskutovány s výsledky i diagnostickými koncepty srovnatelných domácích i zahraničních studií.

I. ÚLOHA ZÁTĚŽOVÉ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKY VE SPORTU

1 HISTORIE ZÁTĚŽOVÉ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKY VE SPORTU

K hodnocení zdatnosti a výkonnosti se využívá celá řada postupů a metod. Z historického pohledu lze posuzování zdatnosti a výkonnosti člověka zaznamenat již ve starověku, například při hodnocení výsledků tvrdého výcviku mladých chlapců v antické Spartě v 8. století př. n. l. S odhady zdatnosti a výkonnosti se lze setkat i v pozdějších staletích, zejména při posuzování způsobilosti pro výkon fyzicky náročných profesí nebo pro službu v armádě. K přesnějšímu měření lidské výkonnosti ale dochází až koncem 17. století, kdy roku 1699 sepsal francouzský matematik a astronom Philippe de La Hire (1640–1718) pojednání o měření síly člověka, a to prostřednictvím nošení a zvedání zátěže a srovnáváním síly člověka se silou koně. Podobně Angličané Graham a Desaguliers vytvořili v Londýně roku 1763 dynamometr k měření svalové síly bez zapojení synergických svalových skupin a v roce 1798 zkonstruoval a v roce 1801 následně definitivně upravil Francouz Edmé Régnier první praktický dynamometr pro měření stisku ruky, tahu paže a síly zad (Pearn, 1978). V průběhu devatenáctého století se uplatňoval v hodnocení tělesné zdatnosti výkonnosti německý turnerský koncept zaměřený na hodnocení tělesných výkonů různé obtížnosti, nebo se vycházelo z různých neurologicko-motorických konceptů či antropologických hledisek, která rozpracoval anglický genetik a antropolog F. Galton. První výkonové či motorické testy byly vypracovány koncem devatenáctého století v USA (např. Dudley Allen Sargent, autor Intercollegiate Strength Tests, IST 1880 nebo Luther Halsey Gulick, zakladatel Athletic League of the YMCA, 1890). Francouzský fyziolog J. E. Marey (1830–1904) se snažil testy motorických projevů zobjektivizovat, a proto zdokonalil dynamometr tak, že byl schopen měřit vyvíjenou sílu s přesností na jeden gram. Později se začaly vyvíjet tzv. pneumatické dynamometry a chůze člověka byla zachycována na dráze s elektrickými kontakty.

Počátky zátěžové funkční diagnostiky jako laboratorního vyšetřování zdatnosti a výkonnosti lze zaznamenat již koncem 19. století (Van Praagh & Franca, 1998). Například již roku 1883 využil v Německu hesenský lékař C. Speck klikovou ergometrii pro hodnocení pracovního výkonu horních končetin. Nedlouho poté, počátkem roku 1897, ve Francii Elysée Bouny zkonstruoval první mechanicky brzděný bicyklový ergometr a ve stejném roce Američané E. O. Atwater a F. G. Benedict použili první bicyklový ergometr brzděný dynamem pro měření výdeje energie při práci v kalorimetrické komoře. Bicyklový ergometr s torzním brzděním zkonstruoval v roce 1914 švédský fyziolog Magnus Gustaf Blix. Rozvojem elektromagneticky brzděného bicyklového ergometru se zabývali okolo roku 1909 Benedict, Atwater a Carpenter, přičemž prototyp byl následně v roce 1912 zdokonalen a od roku 1913 byl tento typ ergometru široce využíván Augustem Kroghem pro fyziologická měření (Kolesár

& Mikeš, 1981). V Berlíně Nathan, Zuntz a Lehmann vyvinuli v roce 1889 běhací pás, který byl následně v roce 1915 využit Francisem Gano Benedictem a Hansem Murschhauserem k fyziologickému výzkumu lokomoce člověka.

Také anaerobní zátěžová diagnostika má obdobně dlouhou tradici. První výskokové testy k objektivizaci rychlostně-silového výkonu dolních končetin na pneumatické silové desce v testu vertikálního výskoku rozpracoval v roce 1885 francouzský fyziolog E. J. Marey. Krátkodobé testy maximálního výkonu na bicyklovém ergometru zavedli do praxe již v roce 1913 Benedict a Cathcarty (Van Praagh & Franca, 1998).

Jeden z prvních kardiovaskulárně zaměřených testů podle Cramptona z roku 1913 porovnával hodnoty srdeční frekvence a systolického krevního tlaku vstoje a vleže, přičemž se předpokládalo, že zdatnější jedinec bude vykazovat maximální zvýšení v krevním tlaku, zatímco srdeční frekvence zůstane beze změn, což by mělo svědčit o kvalitní činnosti splachnického mechanismu, který kompenzuje změny polohy bez zvýšených nároků na aktivitu srdce. Podobně kardiovaskulární test podle Baracha z roku 1919 posuzoval energetické nároky oběhového systému pomocí krevního tlaku a srdeční frekvence, přičemž tzv. energetický index byl stanoven jako součet systolického a diastolického krevního tlaku a poté vynásoben srdeční frekvencí (Kolesár & Mikeš, 1981).

Za průkopníky v oblasti měření spotřeby kyslíku a výdeje oxidu uhličitého při zatížení se považují Francis Gano Benedict a Hans Murschhauser, kteří přispěli k tomu, že se již koncem dvacátých let dvacátého století prosadil názor, že maximální spotřeba kyslíku a kyslíkový dluh představují dva hlavní faktory limitující výkonnost člověka. Rozvoj fyziologie tělesné zátěže významně ovlivnil Dán Augustin Krogh (1874–1949), který studoval výměnu plynů v plicích, využití sacharidů a tuků při různých typech zátěže a jako první změřil systolický objem srdeční s pomocí oxidu dusíku, vytvořil řadu originálních diagnostických přístrojů a za vyřešení problémů transportu dýchacích plynů do svalů a jejich difuze ve svalectech obdržel v roce 1920 Nobelovu cenu. Rozvojem metod ergometrických vyšetření se zabývali zejména představitelé tzv. skandinávské školy Lars-Olof Wahlund, Torgny Sjöstrand, Gerhard Asmussen, Erik Hohwu-Christensen, Heeboll Nielsen a Per Olof Åstrand. Druhým významným centrem rozvoje fyziologie tělesné zátěže byla americká „Harvard Fatigue Laboratory“ (1927–1946) založená biochemikem a fyziologem L. J. Hendersonem (1878–1942) a chemikem D. B. Dillem (1891–1986). Fatigue Laboratory se intenzivně věnovala problematice pracovní kapacity, tělesné zdatnosti, odezvy organismu na zátěž v různých extrémních podmínkách i otázkám energetického metabolismu a problematice zotavení. Zejména v období druhé světové války laboratoř pracovala na konkrétních úkolech dle potřeb americké armády, ale záhy po ukončení války byla její činnost zastavena (Tipton, 1998; Máček & Máčková, 2008). Některé směry zátěžové diagnostiky intenzivně rozvíjené ve dvacátých letech minulého století se ale později výrazněji neposadily, např. Master a Oppenheimer v období 1925–1929 zavedli tzv. Masterův test, využívající vystupování na schůdek, step-test, respektive později vystupování na dvojitý schůdek, což zavedli do praxe kolem roku 1927 Felberbaum a Finsilver. Podobně zatěžování dřepy, například v Martinetově nebo Ruffierově testu, nebo běh na místě, využívaný v Schellongově a Carlsonově testu či v Lianově testu nebo v Letunovově zkoušce, se v současné zátěžové diagnostice uplatňují jen omezeně (Kolesár & Mikeš, 1981).

Literatura

- Kolesár, J. & Mikeš, Z. (1981). *Ergometria v klinickej praxi*. Martin, Osveta, 229 s.
- Máček, M. & Máčková, J. (2008). Začátky zátěžového testování v České republice, význam Mezinárodního biologického programu (IBP). *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 17(4), 206–211.
- Pearn, J. (1978). Two early dynamometers. A historical account of the earliest measurements to study human muscular strength. *Journal of Neurological Science*, 37(1–2), 127–134.
- Van Praagh, E. & Franca, N. M. (1998). Measuring maximal short-term power output during growth. In E. Van Praagh (Ed.) *Pediatric anaerobic performance*, s. 155–189, Champaign, Human Kinetics.
- Tipton, C. M. (1998). Contemporary exercise physiology: fifty years after the closure of Harvard Fatigue Laboratory. *Exercise and Sport Science Review*, 26, 315–339.