

**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](http://www.karolinum.cz)  
[ebooks@karolinum.cz](mailto:ebooks@karolinum.cz)



# OBSAH

Úvod .....	7
<b>I. ÚLOHA ZÁTĚŽOVÉ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKY VE SPORTU .....</b>	<b>11</b>
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
<b>II. OBECNÉ ZÁSADY ZÁTĚŽOVÉ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKY .....</b>	<b>25</b>
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
<b>III. METODICKÉ ASPEKTY ZÁTĚŽOVÝCH TESTŮ .....</b>	<b>41</b>
7. Spiroergometrie – test $VO_2$ max .....	43
7.1 Test $VO_2$ max – zátěžový protokol .....	44
7.2 Test $VO_2$ max – 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
<b>IV. PŘÍKLADY VYUŽITÍ ZÁTĚŽOVÉ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKY V RŮZNÝCH SPORTECH .....</b>	<b>87</b>
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. Zápas .....	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 realnosti 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 prvé 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 opětne 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 definitivě 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. Galon. 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 kardiiovaskulárně 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 kardiiovaskulární 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 svalech 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 Fin-silver. 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.

# 2 HISTORIE ZÁTĚŽOVÉ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKY V BÝVALÉM ČESKOSLOVENSKU

Zakladatelem oboru sportovní medicíny, respektive tělovýchovného lékařství v bývalém Československu, byl profesor MUDr. Jiří Král (1899–1995), který již v roce 1928 založil první lékařskou poradnu pro sportovce. Nicméně rozvoj zátěžové funkční diagnostiky lze zaznamenat až v období po druhé světové válce. Mezi zakladateli české fyziologie tělesných cvičení vynikali zejména prof. MUDr. Vladislav Kruta (1908–1979), prof. MUDr. Václav Seliger (1916–1980) a prof. MUDr. Miloš Máček (1922–2015). V roce 1948 byl prof. Králem na nynější 1. lékařské fakultě Univerzity Karlovy založen první Ústav tělovýchovného lékařství, kde bylo zřízeno fyziologické oddělení, jehož vedením byl pověřen prof. V. Kruta, fyziolog a vojenský lékař, který získal zkušenosti se studiem lidské výkonnosti během války při pobytech v armádních ústavech ve Velké Británii. Jeho prvním asistentem se stal MUDr. Václav Seliger. Ten ale záhy přešel na nově založený Institut, později Fakultu tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy (1953) budovat novou katedru fyziologie a prof. Kruta odešel na místo vedoucího katedry fyziologie na lékařskou fakultu do Brna (Máček, 2008). Profesor Seliger se intenzivně zabýval rozvojem techniky pro funkční zátěžovou diagnostiku, v padesátých letech se podílel na vytvoření zařízení pro telemetrické monitorování srdeční frekvence, zasloužil se o tuzemskou výrobu elektromagneticky brzděných bicyklových ergometrů (v podniku Kolínské cukrovarny) a zavedl poměrně náročnou, ale přesnou metodu analýzy vydechaných plynů pomocí interferometrů Zeiss, za průběžné kontroly Scholanderovým přístrojem. Jako první v celosvětovém měřítku v průběhu šedesátých let zjišťoval v terénních podmínkách energetický výdej při sportovních aktivitách různého typu (Seliger, 1967) a tyto jeho výsledky jsou v publikacích zaměřených na fyziologii sportu citovány dodnes. K základním charakteristikám práce prof. Seligera a jeho týmu byly vysoké nároky na kvalitu metodik a následnou přesnost a spolehlivost výsledků. Vždy dával přednost práci se staršími a jednoduššími, ale spolehlivými přístroji oproti automatickým analyzátorům, které vyhovují rutinním vyšetřením, ale nemusí být dostatečně přesné a vhodné pro vědecké práce. Kritické hodnocení vlastních výsledků pro něj představovalo podnět pro zpřesňování metodik a postupů, aby se vyloučily možné technické chyby a minimalizoval rušivý vliv lidského faktoru, ať již ze strany vyšetřujícího personálu či vyšetřovaných osob. Významným stimulem pro rozvoj zátěžové funkční diagnostiky v tuzemských podmínkách bylo r. 1966 vyhlášení Mezinárodního biologického programu (IBP), který měl dokumentovat zdravotní, funkční, výživový i antropologický stav populace a shromáždit i další biologické údaje, které by sloužily jako základ pro srovnání dalších údajů v budoucnosti. Program vyhlásilo UNESCO ve spolupráci s WHO a program probíhal v letech 1967–1974. Koordinací tohoto programu za



Československo byl pověřen prof. MUDr. Václav Seliger, vedoucí katedry fyziologie FTVS UK. Celkově bylo na osmi participujících pracovištích (FTVS UK, 1. LF UK, 2. LF UK, sportovně lékařské oddělení ÚVN Praha, LF UK v Hradci Králové, LF MU Brno, LF UP Olomouc a LF UK Bratislava) vyšetřeno 2186 mužů a 1576 žen ve věkových skupinách 12, 15, 18, 25, 35, 45 a 55 roků, kde byly uplatněny zásady náhodného výběru. Spolupráce na řešení programu měla velký význam pro metodické i technické sjednocení zátěžové funkční diagnostiky na tuzemských pracovištích a kladla vysoké nároky na kvalitu všech prací. Výsledky programu slouží dodnes jako národní populační normy ukazující průměrnou funkční kapacitu náhodně vybraného vzorku naší průměrné populace (Seliger a Bartůněk, 1976). Do vyšetření nebyli záměrně zahrnuti ani sportovci s vyšší výkonností ani osoby nějakým způsobem oslabené. Velký počet vyšetřených, jejich reprezentativní výběr i dodržení jednotné metodiky programu IBP doznaly vysokého zahraničního ocenění a jsou dodnes v celosvětovém měřítku unikátní (Máček & Máčková, 2008). Zůstává otázkou, zda jsou hodnoty získané před 40 lety ještě dnes použitelné, protože se mění způsob výživy, celkový výdej energie pohybem i celkový způsob života, který se odráží v tělesné hmotnosti populace a podílí se v mladších věkových kategoriích na sekulárním trendu růstu. Nicméně novější studie Máčka a Máčkové (1996) prokázala, že výsledky Mezinárodního biologického programu (IBP) jsou ve shodě s novějšími nálezy obdobných evropských i severoamerických studií a lze je i nadále využívat jako referenční hodnoty jak u dětí a mládeže, tak i skupin dospělých ve věku 25 až 60 let.

Řada autorů pro hodnocení naměřených morfoloogických a funkčních ukazatelů používá jako referenční hodnoty různé zahraniční normy, ty ale v řadě případů nepředstavují reprezentativní výběry populace a zpravidla jde o záměrné výběry motivovaných osob, jako například rozsáhlá studie Jacksona et al. (1995) u mužů ve věku 25–70 let, zaměstnanců NASA. Také v našich domácích podmínkách byla provedena obdobná šetření, která ale vzhledem k omezenému rozsahu a způsobu výběru osob nelze považovat za reprezentativní, a proto výsledky těchto studií nemohou být využívány jako spolehlivé referenční hodnoty pro tuzemskou populaci (Jirák et al., 2004a, 2004b).

Uplatňování funkční zátěžové diagnostiky u sportujících, obdobně jako celý systém sportovní přípravy, probíhalo od padesátých let do roku 1989 pod větším či menším tlakem ze strany státních a politických orgánů, protože sportovní úspěchy státní reprezentace byly propagací politického systému na domácím, ale zejména na mezinárodním poli. Odhlédneme-li od politických tlaků a od nich se odvíjejících negativních jevů ve sportu, lze na druhé straně s odstupem více jak dvou desetiletí pozitivně hodnotit některé jiné aspekty podpory sportu a organizace sportovní přípravy. Například lze velmi pozitivně hodnotit činnost bývalé Zdravotnické rady a Vědeckometodického oddělení ÚV ČSTV za nemalé úsilí při rozsáhlé ediční činnosti, podpory mezinárodní spolupráce i pořádání tuzemských i mezinárodních konferencí a seminářů. Charakteristickým trendem této činnosti bylo propojování oblastí teorie, tj. výzkumu, vývoje a oblasti sportovní praxe, což bylo někdy sice obtížné, ale ve svých důsledcích přínosné. Výzkumní pracovníci byli nuceni interpretovat výsledky výzkumných studií až na úroveň praktických aplikací a odpovídat tím na aktuální problémy praxe. Naopak mnozí pracovníci sportovní praxe byli díky spolupráci s výzkumnou sférou motivováni k využívání kvalitního systému vzdělávání a doškolování a následně se někteří z nich integrovali do výzkumných týmů a napomáhali oboustrannému přenosu informací mezi sportovní teorií a sportovní praxí. V neposlední řadě byl přínosný přímý vzájemný kontakt odborníků z akademické a servisní oblasti i ze sportovní praxe, který byl podporován tzv. „přenosovými“ semináři i rozsáhlou ediční činností. Ta měla dílčím způsobem kompenzovat ome-

zenou dostupnost zahraničních informací i nedostatek přímých zahraničních kontaktů. Pro oblast funkční zátěžové diagnostiky bylo jedním z významných počínů Vědeckometodického oddělení ÚV ČSTV v roce 1983 vydání příručky „Soubor funkčních zátěžových vyšetření sportovců v laboratoři i v terénu“, kterou pod vedením prof. Máčka zpracoval tým 17 autorů, zpravidla sportovních lékařů, spolupracujících s reprezentačními týmy. V příručce byly shrnuty dostupné poznatky o možnostech funkční zátěžové diagnostiky v daném sportovním odvětví a autoři kapitol popsali i vlastní zkušenosti s funkčním vyšetřováním a jeho využitím ve sportovní přípravě v daných sportovních disciplínách. Obdobně v roce 1988 vyšel jako metodický dopis Vědeckometodického oddělení ÚV ČSTV souborný materiál „Diagnostika trénovanosti a pretrénovanosti vrcholových športovcov“, jehož hlavním editorem byl MUDr. Dušan Hamar z FTVŠ UK z Bratislavy. Ucelený materiál zpracovalo 17 sportovních lékařů, včetně tří zahraničních odborníků, zde byly nejnovější poznatky výzkumu konfrontovány se zkušenostmi sportovních lékařů, kteří aplikovali specifické postupy zátěžové funkční diagnostiky a vyhodnocovali dosažené výsledky v průběhu přípravy vrcholových sportovců.

Od devadesátých let lze, jako součást rozsáhlých společenských změn, zaznamenat jistý odklon fyziologických a tělovýchovně lékařských pracovišť od problematiky sportu a sportovní přípravy, a zaměření zejména na oblast primární a sekundární prevence a dalších klinických aplikací zátěžové medicíny. Uplatňování zátěžové funkční diagnostiky u sportujících jedinců, s výjimkou povinných tělovýchovně lékařských prohlídek (preventivních, speciálních a orientačních u boxerů i u technických sportů a činností) se dostalo zcela do kompetence jednotlivých sportovců a jejich trenérů, respektive realizačních týmů, za menší či větší podpory jednotlivých sportovních svazů či sportovních klubů. Širší využití zátěžové funkční diagnostiky u sportujících limituje někdy jejich ekonomická náročnost, častěji ale nedosta- tečné know-how, respektive omezené znalosti a zkušenosti, jak vhodně pracovat s výsledky diagnostiky. Někdy může být překážkou i časová náročnost, kdy vrcholoví sportovci do svého programu jen obtížně zařazují jeden či dva dny bez zatížení, které by měly předcházet vlastnímu testování. Využívání zátěžové funkční diagnostiky se v současnosti zpravidla pře- sunuje často do kompetence kondičních trenérů, kteří rozhodují o typech diagnostických testů i o období přípravy, kdy je bude sportovec využívat. To se odráží i v postupné obměně nabídky a poptávky v oblasti diagnostických testů, kde se náročnější a obtížněji interpretovatelné testy nebo invazivní vyšetření jako například svalová biopsie nebo odběry venózní krve pro posouzení hormonálních regulací, přestávají sportovní praxí využívat a zvyšuje se poptávka po jednodušších a časově i technicky méně náročných testech s pokud možno jednoznačnými výstupy do sportovní přípravy. V praxi to mnohdy znamená odklon od ověřených a spolehlivých metodik a technologií a využívání zjednodušených a méně přesných metod hodnotících odezvu organismu na zatížení. To s sebou na druhou stranu mnohdy nese bohužel i riziko jistého zjednodušení a snížených nároků na validitu a reliabilitu diagnostických testů (Heller, 2013).

## Literatura

- Hamar, D. et al. (1987). *Diagnostika trénovanosti a pretrénovanosti vrcholových športovcov*. Praha, VMO ÚV ČSTV.
- Heller, J. (2013). Vyšetřovací metody sportujícího jedince. In S. Bartůňková et al. (Eds.), *Fyziologie pohybové zátěže*, s. 196–213, Praha, Univerzita Karlova.

- Jackson, A. S., Beard, E. F., Wier, L. T., Ross, R. M., Stuteville, J. E. & Blair, S. N. (1995). Changes in aerobic power of men, ages 25–70 years. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(1), 113–120.
- Jiráček, Z., Šimíček, J., Tomášková, H., Bužga, M., Tučníková, Z. & Zavadilová, V. (2004a). Vývoj fyzické zdatnosti a zdravotní stav mužské a ženské populace severomoravského regionu ve věku 15–18 let za posledních 25 let. *České pracovní lékařství*, 5(3), 161–168.
- Jiráček, Z., Šimíček, J., Tomášková, H., Bužga, M., Čermáková, Z. & Tesař, Z. (2004b). Vývoj fyzické zdatnosti a zdravotní stav mužské a ženské populace severomoravského regionu ve věku 45 až 60 let za posledních 25 let. *České pracovní lékařství*, 5(3), 107–116.
- Máček et al. (1983). *Soubor funkčních zátěžových vyšetření sportovců v laboratoři i v terénu*. Praha, VMO ÚV ČSTV – Olympia.
- Máček, M. (2008). Historie zátěžového testování – vývoj nových metod. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 17(3), 158–161.
- Máček, M. & Máčková, J. (1996). Platí ještě dnes hodnoty získané v Mezinárodním biologickém programu v letech 1968 až 1974? *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 9(1), 1–3.
- Máček, M. & Máčková, J. (2008). Začátky zátěžového testování v České republice, význam Mezinárodního biologického programu (IBP). *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 17(4), 206–211.
- Seliger, V. & Bartůněk, V. (1976). *Mean values of various indices of physical fitness in the investigation of Czechoslovak population aged 12–55 years*. Prague, Czechoslovak Union for Physical Culture, 117 s.
- Seliger, V. (1967). *Energetický metabolismus u vybraných tělesných cvičení*. Praha, Universita Karlova.

# 3 VÝZNAM ZÁTĚŽOVÉ FUNKČNÍ DIAGNOSTIKY VE SPORTU

Hovoříme-li o úloze zátěžové funkční diagnostiky ve sportu, je třeba zdůraznit, že podle Evropské charty sportu, přijaté v roce 1992, se sportem rozumí všechny formy tělesné činnosti, které ať již prostřednictvím organizované účasti či nikoli, si kladou za cíl projevení či zdokonalení tělesné a psychické kondice, rozvoj společenských vztahů nebo dosažení výsledků na všech úrovních. Ve starším pojetí se sportem označovaly pouze pohybové aktivity, které se vyznačují jasnými pravidly, podle kterých se soutěží, tj. dochází k poměrování jejich výsledků a převažovala výkonnostní kritéria. Současné pojetí sportu je tedy širší a bere v úvahu celé kontinuum různorodých aktivit a úrovní, na kterých je sport provozován, tj. vrcholovou, respektive profesionální či poloprofesionální úroveň, výkonnostní, respektive poloprofesionální či amatérskou úroveň, i rekreační úroveň. Prvek soutěžení přitom zůstává primární, ale mimo soutěžení a zvyšování výkonnosti se při provozování sportu klade důraz i na upevňování zdraví, vhodné využití volného času, dodržování rovného přístupu ke sportu a šíření zásad fair play. V článku 7 Evropské charty sportu se přímo odkazuje na nezbytnost zajištění odborné lékařské péče a využívání poznatků sportovních věd, pomoc vědeckému řízení sportu a tréninku i dalšímu vzdělávání trenérů a dalších funkcionářů v oblasti sportu, což bezprostředně souvisí s postavením a úlohou zátěžové funkční diagnostiky.

V široké oblasti sportu se zátěžová funkční diagnostika týká v prvé řadě vyšetřování zdatnosti a výkonnosti jedince. Zdatnost zahrnuje soubor předpokladů optimálně reagovat na různé podněty prostředí, které mohou být různého druhu, například teplotní, akustické, hypoxické, vibrační, psychické atd. nebo podnět prostředí představuje pohybové zatížení. Zdatnost se někdy definuje jako připravenost nebo způsobilost organismu konat práci, vyrovnat se s vnějšími nároky, respektive odolávat aktuálním vlivům okolí. Fyzická zdatnost je součástí obecné zdatnosti, představuje schopnost řešit dané úkoly spojené s pohybovým výkonem bez zjevné únavy nebo se charakterizuje jako optimalizace funkcí organismu při řešení vnějších úkolů spojených s pohybovým výkonem a způsobilostí odolávat vnějšímu stresu (Beunen, 2001). Termín fyzická zdatnost v širším pojetí představuje schopnost přiměřeně reagovat na vlivy zevního prostředí jako je fyzická zátěž a teplotní vlivy, v užším slova smyslu znamená míru adaptace na fyzickou tj. zejména pohybovou zátěž, eventuálně komplexnější typy zátěží, mezi nimiž dominuje pohybová zátěž (Heller, 2013).

Výkonnost představuje schopnost podávat objektivně měřitelný výkon v určité pohybové oblasti nebo sportovním odvětví. Výkonnost oproti zdatnosti či přesněji fyzické zdatnosti představuje užší a méně obecnou oblast. Sportovní výkonnost znamená dispozici podávat určitý výkon či opakovaně podávat určitý výkon na poměrně stabilní úrovni. Úroveň výko-