



Simona Kubová
Radim Jebavý
Vladimír Hojka

Možnosti ovlivnění výkonnosti elitních plavců silovou přípravou

Možnosti ovlivnění výkonnosti elitních plavců silovou přípravou

Simona Kubová, Radim Jebavý, Vladimír Hojka

Recenzovali

doc. PaedDr. Martin Pupiš, Ph.D.

doc. PaedDr. František Langer, CSc.



**Financováno
Evropskou unií**
NextGenerationEU



Publikace byla vydána za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy a Národního plánu obnovy v rámci projektu Transformace pro VŠ na UK (reg. č. NPO_UK_MSMT-16602/2022).

Vydala Univerzita Karlova
Nakladatelství Karolinum
Praha 2022
Redakce Ladislav Janovec
Grafická úprava Jan Šerých
Sazba DTP Nakladatelství Karolinum
Vydání první

© Univerzita Karlova, 2022
© Simona Kubová, Radim Jebavý, Vladimír Hojka, 2022
Cover photo © Miroslav Nowak, 2022

ISBN 978-80-246-5145-3
ISBN 978-80-246-5238-2 (pdf)



Univerzita Karlova
Nakladatelství Karolinum

www.karolinum.cz
ebooks@karolinum.cz

Obsah

Úvod	8
I. Silové schopnosti a plavecká ramena	11
1. Teoretická východiska	12
1.1 Plavání	12
1.1.1 Fyziologické funkce	12
1.2 Plavecký způsob kraul	15
1.2.1 Modelová technika kraul	18
1.3 Struktura plaveckého výkonu	19
1.3.1 Geneze sportovního výkonu	19
1.3.2 Struktura sportovního výkonu	20
1.3.2.1 Systémové pojetí sportovního tréninku	20
1.3.2.2 Faktory ovlivňující výkon	21
1.3.3 Zatížení	27
1.4 Zátěžová diagnostika v plavání	28
1.4.1 Plavecké ergometry	30
1.5 Kineziologické a biomechanické aspekty ramenního kloubu	31
1.5.1 Lateralita horních končetin	33
1.5.2 Plavecké rameno	33
1.6 Elektromyografie (EMG)	38
1.6.1 Přehled literatury k problematice EMG u plavců	40
1.7 Historie hodnocení bolesti	42
1.7.1 Subjektivita hodnocení bolesti	42
1.7.2 Možnosti hodnocení bolesti	43
2. Cíle práce, výzkumné otázky a hypotézy I. části monografie	46
2.1 Cíl práce	46
2.2 Výzkumné otázky	46
2.2.1 Výzkumná otázka 1	46

2.2.2 Výzkumná otázka 2	47
2.3 Hypotézy	47
2.3.1 Hypotéza 1	47
2.3.2 Hypotéza 2	47
3. Metodologie	48
3.1 Výzkumná metodologie	48
3.2 Výzkumný soubor	49
3.3 Průběh výzkumu	50
3.4 Metody výzkumu	51
3.4.1 Hodnocení bolesti	51
3.5 Vyšetření aktivace vybraných svalů pomocí PEMG	52
3.6 Cohenovo D	53
3.7 ANOVA	53
3.8 Magnitude Based Difference	53
3.9 Statistické zpracování dat	53
3.10 Vymezení výsledků výzkumu	54
3.11 Omezení výsledků výzkumu	55
4. Výsledky	56
4.1 Vyhodnocení dle normalizace k MVC	56
4.2 Statistické zpracování výsledků	65
4.3 Statistické zpracování výsledků – ANOVA	71
4.4 Hodnocení bolesti	76
5. Diskuze	78
5.1 Vliv silového tréninku na svalovou aktivitu pletence ramenního u vrcholových plavců	78
5.2 Vliv silové intervence na vnímání bolesti v ramenním kloubu u vrcholových plavců	80
5.3 Vliv dechového stereotypu na motorický vzor plavecké lokomoce	81
5.4 Plavecké rameno	81
6. Diskuze k hypotézám	83
6.1 Hypotéza 1	83
6.2 Hypotéza 2	86
7. Doporučení pro praxi	88
8. Závěr	91

II. Stimulace explozivní síly u plavců	93
9. Komparace vztahu explozivní síly DK končetin v krátkém a dlouhém bazénu	95
9.1 Cíl	95
9.2 Výzkumný soubor	95
9.3 Design výzkumu	96
9.4 Statistická analýza	96
9.5 Výsledky	97
9.6 Diskuze	98
9.7 Závěr	99
10. Explozivní síla u elitních plavců v rámci letní části RTC	100
10.1 Cíl studie	100
10.2 Hypotézy	100
10.3 Design výzkumu	101
10.4 Výsledky	103
10.5 Diskuze	105
10.6 Závěr	107
11. Profil plavce	108
12. Závěrečný komentář	111
Seznam zkratk	112
Seznam literatury	114
Shrnutí	125
Summary	125
Zusammenfassung	126
Резюме	127
Seznam obrázků	128
Seznam tabulek	129
Přílohy	132
Příloha 1 – Silová intervence	132
Příloha 2 – Ukázka kompenzačních cvičení	133
Originál dotazníku SFPS (Drake 2010)	139

Úvod

Není jiného sportu než plavání, kde by se rychleji měnily tabulky s národními a světovými rekordy. Naši trenéři si leckdy kladou otázku, proč jsou ve světě často lepší plavci než u nás. Na to samozřejmě nelze snadno odpovědět. Důvodů je nepochybně víc. Určité kvalitativní rozdíly v přípravě můžeme nalézt i mimo bazén.

V poslední době se u našich plavců čím dál častěji ozývají názory na větší zastoupení v přípravě mimo bazén, tzv. suchá příprava. Ve srovnání s evropskými zeměmi i s USA je tento úsek tréninků pro naše trenéry stále poměrně velkou neznámou. Každá trať a plavecký způsob vyžadují trochu odlišný přístup silové přípravy i procentuální zastoupení v zaměření na jednotlivé tělesné segmenty. Plavci se většinou nejvíce zaměřují na svalstvo v oblasti trupu a až poté na velké svalové skupiny.

Pokud se podíváme nejdříve na plavání jako pohybovou činnost, pak v nejširším slova smyslu zahrnuje oblast různorodých pohybových aktivit ve vodě v různých polohách, při vznášení nebo s kontaktem s pevnou oporou (Frömel et al. 1999). Plavání v nejužším slova smyslu znamená pohyb lidské bytosti ve vodě, který je uskutečněn pomocí pohybů končetin a trupu, překonávající určitou vzdálenost z místa na místo (Čechovská et al. 2003). Plavání je individuálním sportem, pro který je typický cyklický pohyb ve vodním prostředí. Plavání je jedinečný sport, který spojuje práci horních a dolních končetin s kardiovaskulárním tréninkem. Rozeznáváme čtyři základní plavecké způsoby, a to prsa, kraul, znak a motýlek (Bernaciková et al. 2011).

Závodní plavci jsou nejvíce náchylní k poranění pohybového aparátu horních končetin, kolen a páteře (Wanivehaus et al. 2012). Plavání, obzvláště závodní plavání, je známé pro velmi dlouhé a obtížné tréninky

(Maglischo 2003). Plavci na profesionální úrovni trénují 20–30 h týdně a naplavou až 14 km za den. Během jednoho tréninku, který běžně trvá 2 h, průměrný plavec uskuteční až 5 000 záběrů jednou paží (Kirshnan et al. 2004). Tento opakovaný pohyb, který plavci provádí po několik let, se stává hlavním etiologickým faktorem pro vznik tzv. „plaveckého ramene“. Kennedy použil název „plavecké rameno“ v 70. letech 20. století k popisu bolesti anteriorní části ramenního kloubu během a po skončení plaveckého tréninku (Kirshnan et al. 2004).

Elektromyografie (dále EMG) je diagnostická metoda, která slouží především k určení poruch nervosvalového aparátu. Její podstatou je měření elektrických potenciálů vzniklých v důsledku činnosti kosterní svaloviny. Povrchová EMG slouží také k ohodnocení míry svalové aktivity při provádění různých pohybů, stejně jako k hodnocení timingu svalů, což má velký význam při posuzování kvality prováděných pohybů. Tím může povrchová EMG diagnostikovat vznik obtíží nebo může pomoci určit nový pohybový stereotyp. Velký význam využití je ve vrcholovém sportu (Hrazdira a Morstein 2001).

Díky EMG získáváme informace o změně akčního potenciálu na membráně, který je převáděn na svalová vlákna. Měření poskytuje informace o volních a reflexních pohybech, pořadí a intenzitě zapojení jednotlivých svalů během pohybu. Tím dosáhneme určité objektivizace pohybu a jeho biomechanické analýzy, můžeme ohodnotit výši svalové aktivity, synergie a sekvenčního zapojení (Cifrek et al. 2000).

Pro plavce je velmi frustrující, když se nemůže maximálně věnovat tréninku, protože ho bolí každý plavecký cyklus a rehabilitace nepomáhají. Proto naše monografie propojuje ve dvou oddělených částech pohled na možná rizika přetížených tělesných segmentů, konkrétně pletence ramenního a na důležité prvky ze silové přípravy mimo bazén.

I. Silové schopnosti a plavecká ramena

První část naší monografie věnujeme problematice, která propojuje silovou přípravu a bolesti ramenních kloubů u plavců. Málom který vrcholový plavec s uvedenými segmenty nemá během své kariéry zdravotní problémy. Mnoho z nich kvůli tomu ukončuje předčasně i svoji sportovní kariéru. Následným obsahem se snažíme podhalit možné souvislosti silového tréninku s plaveckým pohybem. Tato část monografie obsahuje texty uvedené v disertaci a vědeckém článku od elitní české plavkyně, která výzkum uskutečnila výhradně na plavcích vrcholové úrovně (Kubová 2020; Kubová et al. 2020).

1. Teoretická východiska

První kapitola je věnována problematice plavání. Věnujeme se v ní fyziologii člověka během sportovního výkonu a energetickému zajištění výkonu. Dále detailně popisujeme techniku plaveckého způsobu kraul, strukturu sportovního výkonu a faktory, jež sportovní výkon ve vodním prostředí ovlivňují. Kapitola zátěžové diagnostiky v plavání analyzuje možnosti vyhodnocování zátěžových parametrů pro plavce a dvě možnosti laboratorního vyšetření. Následující kapitola se věnuje popisu ramenního kloubu jak z pohledu kineziologie a anatomie, tak biomechaniky a podrobně jsou shrnuty i informace týkající se tzv. „plaveckého ramene“ a bolestem s ním spojenými. Detailněji je pojednáno také o EMG, povrchové EMG v plavání, vše je podloženo vědeckými studii týkajícími se této problematiky. Poslední kapitola teoretických východisek analyzuje historii hodnocení bolesti, její subjektivitu, možnosti hodnocení bolesti a speciálně popisuje použité metody hodnocení bolesti v rámci této monografie.

1.1 Plavání

1.1.1 Fyziologické funkce

Nervosvalový systém

Nervosvalový systém hraje při sportovním výkonu zásadní roli. Svalová činnost je řízena z primární korové oblasti mozku pyramidovou dráhou končící ve svalových vláknech na nervosvalové ploténce. Volní činnost je tak těsně propojena s motorickou oblastí mozkové kůry a je doladěna

vzruchovou aktivitou z proprioreceptorů. Veškerá vzruchová aktivita je zpřesňována reflexními zpětnými vazbami, jimiž se zabezpečuje dokonalé a plynulé provedení pohybu. To je úzce propojeno s funkcí komplexního analyzátoru. Nervový systém funkčně podmiňuje proces motorického učení, vytváření pohybových vzorců na úrovni CNS. Autonomní nervový vegetativní systém zajišťuje nervové regulace prostřednictvím nervových vláken sympatiku a parasympatiku. Tyto nervové regulace úzce souvisí s hormonální regulační aktivitou organismu. Procentuální zastoupení typů svalových vláken (bílá, přechodná, červená) v kosterním svalu jsou do jisté míry dána geneticky, ale rovněž trénink má určitý vliv na zastoupení svalových vláken (Dovalil et al. 2009; Widmaier et al. 2016).

Kardiovaskulární systém

Kardiovaskulární systém (KVS) je funkčně úzce propojen s dýchacím ústrojím a má řadu důležitých funkcí. Zajišťuje přísun živin do činných svalů, odvádí zplodiny látkové přeměny (laktát, amoniak), podílí se na termoregulaci, zajišťuje stálost vnitřního prostředí, imunitu a další děje. Během pohybové aktivity vykazují jednotlivé parametry KVS řadu změn, reaktivních i adaptivních (Dovalil et al. 2009; Marieb a Hoehn 2007; Rampling 2016).

Hodnota hematokritu během pohybové aktivity stoupá a projevuje se jako dehydratace organismu v důsledku pocení. Nedochozí ale pouze ke ztrátám vody, nýbrž i ke ztrátám minerálů (sodík, hořčík, draslík). Při zatížení anaerobního laktátového typu se objevuje metabolická acidóza, kdy dochází k tzv. zakyselení krve díky laktátu, který se pohybuje v hodnotách $\geq 6 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, znesnadňuje koordinovaný pohyb a brání pokračování pohybu. V krevním obrazu se během pohybové aktivity zvyšuje počet červených i bílých krvinek a výrazně se zvyšuje srdeční frekvence (SF). Krevní tlak (dále TK) se během zatížení také mění, výrazně se zvyšuje systolický tlak a mírně se zvyšuje nebo i lehce klesá tlak diastolický. Při extrémním vyčerpání mohou oba tlaky strmě klesat a mohou nastat mdloby. Tepový kyslík, minutový srdeční objem i systolický srdeční objem se v závislosti na zatížení zvyšují, nejvyšších hodnot dosahují při submaximálním zatížení (Bartůňková 2014; Dovalil et al. 2009).

Dýchací systém

Dýchací systém se společně s kardiovaskulárním systémem podílí na dýchacích procesech tkání a odvádí metabolity (CO_2). Řada sportovců se učí speciálním dýchacím technikám např. k lepšímu využití bráničního dýchání. U trénovaných jedinců dochází k poklesu klidových hodnot

SF a ke zvyšování hodnot dechového objemu, který může u trénovaných jedinců dosáhnout hodnot $\geq 3,5$ l. Vitální kapacita plic může nabývat hodnot ≥ 7 l, záleží na sportovní disciplíně a stupni trénovanosti. Minutová plicní ventilace se během zatížení zvyšuje až 7×, z 8 l až na 30–50 l. Důležitým ukazatelem je maximální spotřeba kyslíku (VO_{2max}), která se určuje na bicyklových nebo běžeckých ergometrech. U běžné populace jsou hodnoty u žen $35 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, u mužů kolem $45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. U trénovaných osob může spotřeba kyslíku stoupnout až na $80 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Kyslíkový dluh vyjadřuje nadspotřebu kyslíku po skončení anaerobního tréninku a u trénovaných jedinců může dosahovat hodnot až 15–18 l, u netrénovaných 5–6 l (Bartůňková 1993; Marieb a Hoehn 2007).

Centrální nervová soustava

Centrální nervová soustava (CNS) je nejvyšším integračním a koordinačním centrem a úzce souvisí s pohybovou činností. K CNS se řadí prodloužená mícha, kde se nachází centrum krevního oběhu a dýchací soustavy, dále mozeček jako centrum hybnosti, ten zabezpečuje koordinaci pohybu, rovnováhu a svalový tonus. Střední mozek a jeho jádra fungují v rámci extrapyramidových drah. Mezimozek se svojí thalamicou částí podílí na řízení vegetativního nervstva, hormonální činnosti, termoregulace, metabolických funkcí a funkcí některých analyzátorů. Bazální ganglia se podílí na koordinaci pohybu a svalovém tonu (Bartůňková 2014; Dovalil et al. 2009). Limbický systém hraje velkou roli v pohybové aktivitě. Pozitivní i negativní emoce výrazně ovlivňují závodní činnost (Véle 2006).

Metabolismus, energetické zajištění výkonu

Hlavními energetickými zdroji pro výkon jsou makroergní fosfáty (ATP – adenosintrifosfát, CP – kreatinfosfát) a makroergní substráty (cukry, tuky, bílkoviny). ATP jako zdroj energie vystačí při intenzivním cvičení na několik sekund. K obnovení ATP dochází z CP. Tuky slouží jako zdroj energie při déletrvajícím zatížení. Bílkoviny se využívají pouze výjimečně, a to spíše při déletrvajícím zátěži a v období regenerace sil. Cukry vystačí na 2–4 h sportovní činnosti (Dovalil et al. 2009).

V systému ATP–CP dochází k zisku energie pro svalovou kontrakci anaerobní cestou a jako zdroj energie pro svalovou kontrakci slouží výše zmiňovaný ATP a CP (Maud a Foster 1995).

U jevu anaerobní glykolýzy se jedná o chemickou reakci, při které se ATP obnovuje z glykogenu, resp. glukózy cestou anaerobní. Podle Benacikové (2012) i Marieba a Hohena (2007) vzniká ve svalech při těchto

pochodech sůl kyseliny mléčné – laktát. Tento energetický systém produkuje 2 molekuly ATP. Z chemické reakce se jedná o přeměnu glukózy na 2 molekuly pyruvátu za čistého výtěžku z molekul ATP a 2 molekul NADH (anaerobní štěpení glukózy na pyruvát a laktát).

Oxidativní systém je chemická reakce, při které k resyntéze ATP dochází aerobní cestou. Zdrojem energie je jak glykogen, resp. glukóza, tak volné mastné kyseliny. Aerobní glykolýza probíhá v cytoplazmě buňky. Za přístupu kyslíku dochází ke vzniku 34 molekul ATP z glykogenu, resp. glukózy (Bartůňková 2014; Beranciková 2012).

Jednotlivé energetické systémy se zapojí podle intenzity provozované pohybové aktivity. Pokud je výkon prováděn maximálním výkonem, postupně se v čase zapojují všechny systémy (Bernaciková 2012).

Biochemické, např. kreatinkináza (CK), a neuromuskulární, např. špičkový výkon (PPO), markery zotavení jsou příliš drahé a vyžadují specializované zařízení. Vjemová měření jsou účinnou alternativou, ale většina ověřených stupnic je příliš dlouhá pro každodenní použití. Longitudinální studie Shearer et al. (2016) využívá upraveného testu hodnocení nálady (BAM+), přičemž byly využity ještě další čtyři položky a 100 mm dlouhá vizuální analogová škála pro hodnocení zotavení. Elitní atleti (n = 11) byli sledováni v pěti zápasech s daty (BAM+, CK a PPO), která byla shromažďována pro každý zápas vždy 24 h před zápasem a 48 h po něm. Údaje zápasové aktivity každého účastníka byly také shromážděny pomocí GPS monitorů. Vizuální a deduktivní výsledky ukazují, že se BAM+ jeví jako efektivní metoda pro dlouhodobé sledování zotavení u elitních atletů.

1.2 Plavecký způsob kraul

Plavecký způsob kraul je nejrychlejším plaveckým způsobem a během tréninku je nejčastěji využívaným. Rychlost plavecké lokomoce je poměrně plynulá, nastává pouze mírné kolísání rychlosti během plaveckého cyklu. Plavecký způsob kraul vyžaduje mírně skloněnou hlavu s pohledem očí směrem dolů, která udržuje boky a celé tělo horizontálně s hladinou. Hlava je v jedné přímce s tělem, minimalizuje tím turbulenci, jež vzniká při kontaktu hlavy a ramen s vodou. Odpor vytvořený čelním průmětem je velmi nízký, plynulá rotace těla probíhá kolem podélné osy (40–50°) a umožňuje, aby se ramena dostala do výhodné polohy pro obě záběrové fáze (Lukášek 2014; Maglischo 2003; Miler a Čechovská 2008).