

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

VZTAH MEZI ÚROVNÍ AEROBNÍ A ANAEROBNÍ KAPACITY A VÝKONEM
HRÁČE LEDNÍHO HOKEJE V ÚNAVOVÉM PROTOKOLU

Diplomová práce
(magisterská)

Autor: Bc. Ondřej Schneider, TV – UM

Vedoucí práce: Mgr. Karel Hůlka, Ph.D.

Olomouc 2016

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora:	Ondřej Schneider
Název diplomové práce:	Vztah mezi úrovní aerobní a anaerobní kapacity a výkonem hráče ledního hokeje v únavovém protokolu
Pracoviště:	Katedra sportu
Vedoucí diplomové práce:	Mgr. Karel Hůlka, Ph.D.
Rok obhajoby bakalářské práce:	2016

Abstrakt: Diplomová práce je zaměřena na zjištění těsnosti vztahu indikátorů aerobní a anaerobní kapacity s indikátory pro RSA ze specifického únavového protokolu. Cílem práce bylo analyzovat výsledky ze spiroergonomického vyšetření W_{170} , anaerobního Wingate testu na bicyklovém ergometru a z únavového protokolu a následně posoudit jejich vzájemný vztah. Výzkumný soubor tvořilo 12 hráčů juniorské nejvyšší soutěže ve věku 18.88 ± 0.76 let. Pro posouzení těsnosti vztahů mezi jednotlivými indikátory jsme použili Spearmanův korelační koeficient. Zjistili jsme významnou asociaci pro VO_2 , VCO_2 a R jako indikátorů aerobní kapacity s TT z únavového protokolu ($r = 0,73$, $r = 0,61$, $r = 0,67$; $p < 0,05$) v tomto pořadí. U ukazatelů anaerobní kapacity jsme zaznamenali signifikantní sílu asociace ATH, IÚ a LA s TT ($r = 0,57$, $r = 0,56$, $r = 0,57$; $p < 0,05$) a ATH a AnC s Sdec ($r = 0,62$, $r = -0,62$; $p < 0,05$) v tomto pořadí. Z výsledků korelační analýzy je patrné, že indikátory aerobní i anaerobní kapacity mohou mít vliv na provádění opakované činnosti maximální intenzity, avšak hlavní indikátor aerobní kapacity ($VO_2\max$) neshledávám tak významným činitelem výkonu v ledním hokeji.

Klíčová slova: Wingate test, terénní testování, laboratorní testování, intermitentní zatížení, index únavy

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author's first name and surname:	Ondřej Schneider
Title of the master thesis:	The relationship between the level of aerobic and anaerobic capacity and performance of ice hockey players in fatigue protocol.
Department:	Department of sport
Supervisor:	Mgr. Karel Hůlka, Ph.D.
The year of presentation:	2016

Abstract: The thesis is focused on determining the relative tightness of indicators of aerobic and anaerobic capacities with indicators for RSA from the specific fatigue protocol. The aim was to analyze the results of spiroergonomic test W₁₇₀, Wingate anaerobic test on a bicycle ergometer and the fatigue protocol and then assess their interrelation. The research group consisted of 12 junior players top competition at the age of 18.88 ± 0.76 years. To assess the tightness of interrelations between indicators are used Spearman correlation coefficient. We found a significant association for VO₂, VCO₂ and R as indicators of aerobic capacity with TT from fatigue protocol ($r = 0.73$, $r = 0.61$, $r = 0.67$; $p < 0.05$) respectively. For indicators anaerobic capacity we observed a significant strength of association ATH, IÚ and LA with TT ($r = 0.57$, $r = 0.56$, $r = 0.57$; $p < 0.05$) and ATH and AnC with Sdec ($r = 0.62$, $r = -0.62$; $p < 0.05$) respectively. The results of correlation analysis shows that the indicators of aerobic and anaerobic capacity may affect the implementation of repetitive activities maximum intensity, but the main indicator of aerobic capacity (VO₂max) I do not find a significant factor of performance in ice hockey.

Key words: Wingate test, field testing, laboratory testing, intermittent exercise, fatigue index

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Diplomová práce byla vypracována v souladu s dlouhodobým záměrem Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Karla Hůlky, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

Děkuji Mgr. Karlu Hůlkovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování diplomové práce. Dále děkuji p. Jiřímu Šejbovi za vstřícné jednání při výzkumu.

OBSAH

1 ÚVOD	8
2 PŘEHLED POZNATKŮ	10
2.1 Herní výkon v ledním hokeji.....	10
2.2 Vnitřní zatížení.....	11
2.2.1 <i>Srdeční frekvence.....</i>	<i>11</i>
2.2.2 <i>Koncentrace laktátu.....</i>	<i>12</i>
2.2.3 <i>Distribuce svalových vláken</i>	<i>13</i>
2.2.4 <i>Aerobní kapacita.....</i>	<i>14</i>
2.2.5 <i>Anaerobní kapacita.....</i>	<i>16</i>
2.2.6 <i>Energetické krytí.....</i>	<i>17</i>
2.3 Vnější zatížení	19
2.4 Repeated sprint ability (RSA).....	22
2.5 Teorie testování.....	24
2.5.1 <i>Motorický test</i>	<i>25</i>
2.5.2 <i>Zátěžové testy.....</i>	<i>26</i>
2.5.2 <i>Terénní testy.....</i>	<i>27</i>
2.5.3 <i>Laboratorní testy.....</i>	<i>28</i>
2.5.4 <i>Vlastnosti testů.....</i>	<i>29</i>
3 CÍLE PRÁCE	32
3.1 <i>Dílčí cíle.....</i>	<i>32</i>
3.2 <i>Výzkumné otázky.....</i>	<i>32</i>
4 METODIKA	33
4.1 <i>Výzkumný soubor</i>	<i>33</i>
4.2 <i>Metody sběru dat</i>	<i>33</i>
4.3 <i>Postup při získávání dat</i>	<i>38</i>
4.4 <i>Statistické zpracování dat</i>	<i>39</i>
5 VÝSLEDKY A DISKUSE	40

5.1 Ukazatelé aerobní a anaerobní kapacity	40
5.2 Specifický únavový protokol.....	42
5.3 Korelace vybraných testů.....	43
6 ZÁVĚRY	49
7 SOUHRN.....	50
8 SUMMARY.....	51
9 REFERENČNÍ SEZNAM	52

1 ÚVOD

Lední hokej je vzrušující hra, která zrychluje tep milionů sportovních diváků a je velice populární jak v zámoří, tak u nás v České Republice. K tomuto boji mezi mantinely, vyprodávající zimní stadiony, patří nádherné přihrávky, parádní góly, ale také emoce a tvrdé osobní kontakty zvyšující atraktivitu ledního hokeje. Kanadsko-americká NHL, ruská KHL, naše Extraliga či jiné nejvyšší ligy v ostatních zemích a čeští hokejisté a hokejové legendy působící v oněch týmech jsou velkou motivací pro začínající hokejisty. Skutečnost, že byl lední hokej zařazen do programu Olympijských her již po první světové válce, je bezesporu důkaz o jeho popularitě.

Úspěch českých hokejistů na Olympijských hrách v Naganu v roce 1998 byl pro mě motiv a inspirace k nastartování své hokejové kariéry v rodné Moravské Třebové. Zde také doposud hraji a podílím se na trénování nejmladších hokejistů a uplatňuji své dosavadní didaktické dovednosti jak v zimní sezóně, tak v letní přípravě.

Tato týmová hra je jednou z nejrychlejších na světě, o čemž vypovídá rychlost, kterou hráči dosahují na bruslích a také rychlost, kterou se pohybuje kotouč v průběhu hry. Výkonnost každého hráče je determinována kombinací schopností a dovedností, které dělají hokejistu hokejistou. Síla, rychlost, vytrvalost, obratnost, technika střelby a bruslení, tvrdé střety, týmová spolupráce, herní inteligence a další jsou předpoklady charakteristické pro lední hokej.

Již desítky let zaznamenáváme zvyšující se tendenci v oblasti výkonnosti hráčů a každým rokem rostou i nároky kladené na jednotlivé hráče. Tato postupně vzrůstající výkonnost inspirovala ruskou osobnost ledního hokeje Viktora Tichonova, který kdysi řekl:

„Neexistuje hranice toho, jak dobrým se může hokejista stát.“

Ať už kondiční či herní připravenost jsou předpoklady, které jsou pro hráče ve hře nezbytné. Nové poznatky z oblasti sportovního tréninku, tréninkových metod, fyzických, psychických i fyziologických předpokladů jsou bezesporu důležitou součástí trenérova povědomí a umožňují tak posouvat tréninkové jednotky a tím i připravenost hráčů k požadovaným hranicím. Hráčská výkonnost je stále častěji ověřována a prověřována formou různých druhů testů. Tato oblast herní výkonnosti mě vždy

zajímala, a proto jsem se jí zabýval již v mé bakalářské práci. Při provádění specifického únavového protokolu v Pardubicích mi bylo umožněno nahlédnout do výsledků všech možných testů, které junioři prováděli. V tu chvíli se zrodila myšlenka diplomové práce, kterou podpořil také můj vedoucí Mgr. Karel Hůlka, Ph.D. a pomohl mi vybrat důležité indikátory aerobní a anaerobní kapacity a také specifického únavového protokolu, prováděného v rámci bakalářské práce.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Herní výkon v ledním hokeji

Lední hokej je branková sportovní hra, kde hráči uplatňují rychlost, tvrdost, obratnost, sílu, tvořivost, techniku a taktiku s cílem dosáhnout co největšího počtu vstřelených branek do soupeřovy sítě (Kostka, Bukač, & Šafařík, 1986). Zahrnuje v sobě širokou škálu pohybů a typické je střídání cyklických (bruslení vpřed, vzad, s kotoučem, bez kotouče) a acyklických pohybových činností (střelba, přihrávka) (Demetrovič, 1988; Pavliš, 1995).

Herní způsobilost můžeme označit jako určitý stupeň připravenosti hráče participovat v ději utkání, či k výkonu v dílčích herních činnostech (Dobry, 1977). Buzek (2007) charakterizuje herní výkonnost jako dlouhodobou schopnost hráče podávat opakovaně herní výkon a herní výkon jako aktuální projev specializovaných předpokladů hráčů.

Rozlišujeme individuální herní výkon (IHV) a týmový herní výkon (THV). Podle Dobrého a Semiginovského (1988) je IHV neboli herní činnost jednotlivce každý pohybový akt, který je zaměřen na řešení specifického herního úkolu. Jiní autoři uvádí, že IHV je souhrn osvojených herních činností integrovaných do herního výkonu družstva a jeho složky jsou herní dovednosti, pohybové schopnosti, somatické charakteristiky a psychické procesy. Na druhou stranu tým představuje jedinečnou sociální skupinu. THV představuje celek jeho částí, jimiž jsou herní výkony jednotlivých hráčů. THV je ovlivněn spoluprací jednotlivých hráčů a také tím, že se jednotlivé IHV navzájem doplňují, regulují a kompenzují. Vyústěním jejich spolupráce při překonávání soupeře je THV (Nykodým, 2006; Buzek, 2007).

Lední hokej je intermitentním kolektivním sportem. To znamená, že představuje intervalový a přerušovaný typ pohybové činnosti. Vyžaduje široké spektrum motorických dovedností, vysokou úroveň celkové tělesné zdatnosti a také rozhodovací a reakční schopnosti (Nykodým, 2006; Pavliš, 1995). Důležitým faktorem výkonu v intermitentních kolektivních sportech, jako je hokej, je schopnost opakovat činnosti maximální intenzity. Tato schopnost provést opakované úseky maximální nebo velmi vysoké intenzity cvičení s krátkými intervaly odpočinku, typickými jen jako schopnost opakovaných činností maximální intenzity (RSA), je považována za důležitou nebo

klíčovou složku fyziologického profilu hráče (Rampinini et al., 2007; Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005).

Podle některých autorů se interval zatížení a zotavení v ledním hokeji pohybuje okolo 50:250 sekund (Bangsbo, Mohr & Krustup, 2006). Montgomery (1988) uvádí, že optimální „ice time“, tedy doba zatížení je 30 – 45s při průměrné intenzitě 80 – 95% VO₂max. Podle Green et al. (1976) mají obránci asi o 33% vyšší „ice time“, o 17% vyšší počet střídání, o 21% delší pobyt na ledě za střídání a o 35% nižší dobu zotavení, než útočníci.

Herní výkon v ledním hokeji rozděluje Bukač (2005) na strukturu vnějších a vnitřních faktorů, tedy jako vnější a vnitřní reakci organismu na zátěž.

2.2 Vnitřní zatížení

Vnitřní zatížení můžeme chápat jako odezvu organismu na právě provedenou činnost, tedy jako reakci organismu nebo jeho jednotlivých systémů na vnější zatížení (Dovalil et al., 2009; Hůlka, 2012). Lze vyjádřit řadou charakteristik:

- srdeční frekvence (SF),
- koncentrace laktátu,
- distribuce svalových vláken,
- aerobní kapacita,
- anaerobní kapacita,
- energetické krytí.

2.2.1 Srdeční frekvence

Monitoring srdeční frekvence (SF) je jeden z nejčastěji používaných indikátorů vnitřního zatížení. Je oblíbený zejména svou lehkou dostupností fyziologických ukazatelů a také spolehlivou veličinou k posouzení intenzity zatížení. Měříme ho kardiografy či elektrokardiografy v laboratorním prostředí a v terénním prostředí sport-testery, či pohmatem na velkých tepnách (Přidalová & Riegrová, 2002).

Stanula a Rocznio (2014) prezentují ve své studii u polského národního juniorského týmu průměrné hodnoty maximální srdeční frekvence $186,3 \pm 6,3$ tepů za minutu u útočníků a $186,4 \pm 11,2$ tepů za minutu u obránců. Průměrné hodnoty srdečních frekvencí zaznamenaných u útočníků a obránců, analyzovaných ve všech utkáních, byly v daném pořadí 161 a 158 tepů za minutu, což odpovídá střední intenzitě. Jiní říkají, že srdeční frekvence po dobu na ledě převyšuje 170 tepů za minutu a po dobu odpočinku klesá na 100 – 120 tepů za min (Green et al., 1976; Montgomery, 1988). Zatímco Kostka, Bukač a Šafařík (1986) uvádí, že ani na střídače neklesá tepová frekvence pod 120 tepů za minutu, což je dáno především vlivem emočním. Také se shodují s ostatními autory o průměrné srdeční frekvenci, která dosahuje 165 – 170 tepů·min⁻¹ a hraniční hodnoty jsou 190 – 200 tepů·min⁻¹. Průměrná SF analyzovaná po utkání byla vyšší než SF po tréninku během kontrolního měření (76 ± 13 vs. 68 ± 11 tepů·min⁻¹) (Piira, Huikuri & Tulppo, 2011). Sledování maximální SF u jednotlivých postů (mimo brankáře) před, během a po sezóně je vyjádřeno v tabulce 1.

Tabulka 1. Maximální SF u obránců a útočníků, upraveno dle Durocher, Leetun & Carter (2008).

	Před sezónou (tepů·min⁻¹)	V průběhu sezóny (tepů·min⁻¹)	Po sezóně (tepů·min⁻¹)
Obránci (n = 6)	$188,3 \pm 1,3$	$185,2 \pm 1,1$	$186,0 \pm 3,5$
Útočníci (n = 6)	$192,7 \pm 3,6$	$192,2 \pm 4,5$	$192,2 \pm 4,1$

Vysvětlivky: n = počet hráčů

2.2.2 Koncentrace laktátu

Hokejisté, jako účastníci vysoko intenzivního přerušovaného sportu, splňují z bioenergetického hlediska hodně jeho energetické náročnosti prostřednictvím anaerobního metabolismu (Montgomery, 1988).

Glukóza, jednoduchý monosacharid, představuje pohotový a dostupný zdroj energie. Glukóza je doplňována buď ze sacharidů získaných potravou, nebo glukoneogenezí, tedy přeměnou z nesacharidových zdrojů - tuků a aminokyselin (Pavliš, 1995). Dalším zdrojem glukózy může být i laktát (LA), produkt anaerobního metabolismu. Může být ve svalové tkáni, kde byl vytvořen, nebo ve tkáni do které se

dostal krví buď zpátky oxidován na pyruvát a rozložen v mitochondriích, nebo se z něj zpětně může vytvořit zásobní glykogen. Využití laktátu s časem roste. Během tělesné práce aerobní využití laktátu převyšuje využití glukózy a stává se tak hlavním aerobním substrátem, čímž šetří sacharidy.

Nejvyšší koncentrace LA je podle Green (1979) v první a druhé třetině, konkrétně 8,7 a 7,3 mmol·l⁻¹ krve. Ve třetí třetině klesá na hodnotu 4,9 mmol·l⁻¹, což je dáno skutečností již zmíněnou, a to že využití laktátu s časem roste. Stejný autor také poukazuje na vyšší hodnoty u útočníků (5,5 mmol·l⁻¹) a nižší u obránců (2,9 mmol·l⁻¹). Vyšší laktátové koncentrace v utkání jsou zaznamenány u evropských mužstev ve srovnání s americkými, což je dáno různou dobou střídání, která je v Evropě delší (Green et al., 1976). V ledním hokeji je povaha zátěže intermitentní, kdy se střídají činnosti maximální intenzity s odpočinkem a tudíž, s rostoucí pracovní dobou, narůstá únava i hladina laktátu v krvi, která sepo posledním střídání pohybuje v rozmezí 1,2 – 8,9 mmol·l⁻¹ (Noonan, 2010). Tabulka 2 vyjadřuje hladinu laktátu u různých postů během zápasu, před zápasem a v tréninku.

Tabulka 2. Rozsah laktátových koncentrací (podle Roi, G., 1994).

	Útočníci	Obránci	Brankáři
Před zápasem	1,3 – 1,8	1,3 – 2,3	1,1
První třetina	4,3 – 9,6	2,0 – 10,5	1,4
Druhá třetina	3,8 – 8,5	2,2 – 8,1	1,7
Třetí třetina	4,9 – 6,3	3,0 – 3,0	-
Trénink	4,0 – 8,9	1,6 – 2,5	-

Vysvětlivky: Hodnoty jsou udávány v mmol·l⁻¹krve.

2.2.3 Distribuce svalových vláken

Lidské tělo obsahuje asi 660 svalů. Základní jednotkou kosterního svalu jsou svalová vlákna. Rozlišujeme tři základní typy svalových vláken:

1. *Pomalá (oxidativní) vlákna typu I* – nezbytná pro dlouhodobou, vytrvalostní, aerobní svalovou práci, mají malý průřez, obsahují málo glykogenu a smršťují se pomaleji (70 – 140 ms). Obsahují málo glykolytických enzymů, které se

účastní v anaerobních reakcích, a velké množství oxidativních (aerobních) enzymů (Grasgruber & Cacek, 2008).

2. *Rychlá (oxidativně-glykolytická) vlákna typu IIa* – tyto vlákna představují jakýsi přechod mezi pomalými a rychlými vlákny, mají velký průřez, poměrně velké zásoby glykogenu i kreatinfosfátu a střední rychlost smrštění (50 – 100 ms). Aktivita enzymů oxidativních i glykolytických je na stejné úrovni (Grasgruber & Cacek, 2008).
3. *Rychlá (glykolytická) vlákna typu IIb* – tyto vlákna jsou důležitá pro anaerobní sporty s dominantní explozivní energií. Mají největší dynamickou sílu ze všech tří typů, ale malé prokrvení. Průřez je menší než u IIa a větší než u typu I. Tyto vlákna mají velké zásoby kreatinfosfátu a glykogenu a smršťují se nejrychleji (20 – 50 ms) (Grasgruber & Cacek, 2008).

Sharkey (2006) uvádí poměr rychlých a pomalých svalových vláken u hokejistů 57:43. Jako důsledek specifické adaptace na silově vytrvalostní trénink dochází u hráčů ledního hokeje ke zvýšení procenta vláken typu IIa z 38% na 45% a snížení vláken typu IIb z 12% na 4%. Tento vzestup a pokles je míněn před a po sezóně. Nesledujeme žádnou změnu u vláken typu I, ale u vláken IIa a IIb dochází k hypertrofii o 20 – 22% (Green et al., 1979).

2.2.4 Aerobní kapacita

Lední hokej je intermitentní, vysoko intenzivní kontaktní týmový sport, který vyžaduje kombinaci aerobního a anaerobního metabolismu, k provádění sekvencí dobře koordinované činnosti a vysoké úrovně technických dovedností (Montgomery, 1988; Cox et al., 1995; Rocznik et al., 2013).

Jako aerobní kapacitu můžeme označit souhrn funkčních vlastností organismu spojených s dodáním a využitím kyslíku při svalové práci. Základním ukazatelem úrovně diagnostiky aerobní kapacity je spotřeba kyslíku při práci. Její velikost a dobu práce při určité spotřebě kyslíku, můžeme vyjádřit, jako aerobní výkon a aerobní kapacitu (Pavliš, 1994). Aerobní výkon ($VO_2\max$) vyjadřuje výši maximální aerobní kapacity, která se obvykle vyjadřuje v $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Definujeme ji jako maximální

množství přijatého kyslíku, které je organismus schopen využít při svalové práci. Větší množství kyslíku umožňuje podat vyšší vytrvalostní výkon a odolat tak únavě. Čím vyšší má hráč hodnotu VO_{2max} , tím rychleji dochází k utilizaci laktátu a resyntéze ATP. Hodnoty maximální aerobní kapacity jsou výsledkem vzájemné interakce centrálních a periferních faktorů, tedy kardiorepiračních a svalových faktorů (Basset & Howley, 2000). Využitelnost kardiorepiračního systému záleží na oxidativní kapacitě svalstva a energetické náročnosti pohybu. Spotřeba kyslíku stoupá přímo úměrně s náročností pohybu. Lidské tělo má ale hranici, při níž organismus už nedokáže využít větší množství kyslíku, i když se rychlost pohybu a intenzita zatížení neustále zvyšuje (Nykodým et al., 2010). Na výši maximální aerobní kapacity má vliv také dlouhodobá adaptace na specifický druh pohybové aktivity. Pokud srovnáme VO_{2max} u hokejisty a běžce, mohou vykazovat na bicyklovém ergometru stejné hodnoty, avšak ve svém specifickém prostředí budou jejich parametry VO_{2max} výrazně odlišné (Koepp & Janot, 2008).

Grasgruber a Cacek (2008) udávají průměrné hodnoty u mužů okolo 3 – 3,5 $l \cdot min^{-1}$ ($45 - 50 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) a u žen v rozmezí 2 – 2,5 $l \cdot min^{-1}$ ($35 - 40 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). U vrcholových a výkonnostních sportovců je to až 7 $l \cdot min^{-1}$ u mužů a 5 $l \cdot min^{-1}$ u žen. Pavliš (1994) rozlišuje hodnotu dosaženého VO_{2max} jako nízkou pro 50 – 53, střední 55 – 59, dobrou 60 – 64 a vynikající jsou hodnoty vyšší než $65 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Patterson (1979) ve své publikaci zmiňuje, že průměrná intenzita, kterou hráči ledního hokeje dosahují během zápasu je 70 – 80 % VO_{2max} . Během posledních patnácti až dvaceti let se hodnoty VO_{2max} zvýšili z 55 na $62,8 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Tato vzrůstající tendence může být spojována s rychlejším tempem hry. Někteří autoři uvádí průměrné hodnoty VO_{2max} 58,6 – 62,1 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (Hoff, Kemi & Helgerud, 2005; Léger, Seliger & Brassard (1979). Ve většině studiích se objevuje skutečnost, že ze tří postů, které v hokeji jsou, tedy útočníci, obránci a brankáři, dosahují nejvyšších hodnot právě útočníci. Na druhou stranu nejnižších hodnot VO_{2max} dosahují brankáři. Jiní autoři zaznamenali u útočníků průměrné hodnoty VO_{2max} $60,3 \pm 5,0 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ a u obránců $58,8 \pm 8,7 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (Stanula & Rocznio, 2014).

Tabulka 3. Popisná statistika maximální spotřeby kyslíku (podle Stanula et al., 2014).

Parametr	N	Mean ± SD	Min – Max
VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	24	58,75 ± 2,44	54 – 65

Vysvětlivky: N = počet platných, SD = směrodatná odchylka, Min = minimum, Max = maximum

2.2.5 Anaerobní kapacita

Anaerobní kapacita znamená míru schopnosti podat svalový výkon v nepřítomnosti kyslíku. Konečným produktem anaerobní glykogenolýzy je kyselina mléčná, neboli laktát. Čím větší je produkce laktátu, tím větší je objem vykonané práce bez přístupu kyslíku a tím větší je anaerobní kapacita (Máček & Radvanský, 2011).

„Anaerobní práh (AP) můžeme definovat jako hraniční intenzitu zátěže, jejíž překročení vede k ochranné fyziologické únavě během desítek sekund až několika minut, zatímco při intenzitách zátěže pod AP nastává únava podstatně později“ (Máček & Radvanský, 2011, 74). AP je údaj, který se původně získával podle koncentrace laktátu ve venózní nebo kapilární krvi. Tento postup se už ale nepoužívá a v současnosti převládá neinvazivní měření ventilace, tedy určení bodu, kdy se odchyluje od paralelního vzestupu spotřeby kyslíku. Tento zlom se označuje jako ventilační anaerobní práh (VAP). Obvykle se VAP stanovuje z grafu, ve kterém je v čase zobrazena minutová ventilace, výdej CO₂, spotřeba O₂, hodnota respiračního kvocientu (RQ), někdy i ventilační ekvivalent pro dýchací plyny (Máček & Radvanský, 2011).

Energie pro vysoko intenzivní výkon trvající mezi 30 – 85 sekundami proloženým 2 – 5 minutovým odpočinkem mezi střídáními je zásobován anaerobním metabolismem. To má za následek vyčerpání zásob adenosintrifosfátu (ATP) a kreatinfosfátu (CP). Tím pádem dochází k hromadění vodíkových iontů (H⁺), zvýšení hladiny laktátu a poklesu hodnoty pH, zatímco oxidativní fosforylace během odpočinku je nezbytná pro dosažení dostatečného zotavení před zahájením další práce (Bishop, Lawrence & Spencer, 2003; Montgomery, 2006; Gaitanos, Williams, Boobis & Brooks 1993). Všechny tyto fyziologické mechanismy jsou spjaty se vznikem únavy a poklesem výkonu (Carey, Drake, Pliego & Raymond, 2007). Lední hokej vyžaduje, aby anaerobní glykolýza poskytovala největší část energie v průběhu aktivní fáze, tedy v herní situaci. Zatímco občasné odpočinky a zastávky ve hře umožňují aerobnímu systému zpracovávat nahromaděný pyruvát, který se hromadí v průběhu zápasu (Green et al., 1976; Montgomery, 1988). S ohledem na anaerobní charakteristiky energetických požadavků na střídání, výzkumníci používají různé laboratorní testy na měření vrcholů anaerobních výkonů a anaerobní kapacity zkušených hráčů ledního hokeje (Power et al., 2012). K měření anaerobní výkonnosti se většinou užívá Wingate test, a to nejlépe

s vyšší zátěží, která odpovídá rychlostně silovému charakteru bruslení. Měření anaerobní kapacity se provádí v úsecích 30 – 45 s dlouhých, které odpovídají průměrné době strávené na ledě (Grasgruber & Cacek, 2008).

2.2.6 Energetické krytí

Při každé lidské činnosti spotřebovává organismus určité množství energie. energii pro pohybovou činnost získává organismus ze sloučenin, které jsou bohaté na energii – makroergních substrátů. Tato energie je vázána v makroergních vazbách, které jsou spojeny s fosforem. Jediným možným získáním energie pro svalovou činnost, je rozštěpení těchto makroergních vazeb fosforu. I na ten nejnepatrnější pohyb musíme použít energii z těchto sloučenin. Jediným možným zdrojem energie pro stah svalu je chemická látka adenosintrifosfát (ATP). Obsahuje tři fosfory, které jsou spojené makroergní vazbou. Při kontrakci svalového vlákna se uvolňuje energie z ATP pomocí enzymu ATPázy, který odštěpuje fosfátovou jednotku z ATP za vzniku adenosindifosfátu (ADP). ATP nemůže být transportováno do pracujícího svalu z jiných částí těla, tudíž musí být tento zdroj energie neustále doplňován přímo v pracující svalové tkáni. Zásoba ATP ve svalu je malá (asi $5 \text{ mol} \cdot \text{g}^{-1}$), pokrývá ale potřebu energie pro práci maximální intenzity trvající v prvních sekundách zatížení (Neuls et al., 2013; Pavliš & Perič 1995; Přidalová & Riegrová, 2002).

Již v prvních sekundách intenzivní svalové činnosti koncentrace ATP výrazně klesá a vyvstává tak potřeba jeho resyntézy (znovuzískání). Pokles koncentrace ATP v buňce vyvolá mechanismy jeho obnovy. Pro resyntézu ATP je potřeba určité množství energie, kterou nám zajišťují jiné, rezervní látky, kterých máme v těle větší množství. Jsou to hlavně: kreatinfosfát, glukóza, glykogen, lipidy a aminokyseliny. Kreatinfosfát (CP) je nejrychlejším zdrojem pro recyklaci ATP. Při štěpení kreatinu a fosfátu se uvolní energie, která spolu s fosfátem recykluje ADP na ATP. Množství CP, které může být skladováno ve svalu je ale malé ($11 - 23 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ svalu). Karbohydráty jsou dalším rychlým zdrojem energie. Primárním zdrojem energie a fosfátu pro recyklaci ATP je svalový glykogen, který bezprostředně nahrazuje ubývající CP. Odpadá tedy ztrátový čas pro krevní transport glukózy do svalu. Tuky jsou dalším důležitým energetickým zdrojem pro regeneraci ATP během svalové práce. I když jsou tuky

energeticky bohatším zdrojem než karbohydráty, jejich metabolizace je pouze aerobní, tudíž se energie uvolňuje velice pomalu. Proteinový metabolismus je pro resyntézu ATP tou nejméně ekonomickou a nejpomalejší cestou (Neuls et al., 2013).

Podle toho, které sloučeniny využíváme pro resyntézu, a v jakých procesech jsou zapojeny, hovoříme o zónách energetického krytí (Pavliš & Perič 1995).

1. ATP-CP systém

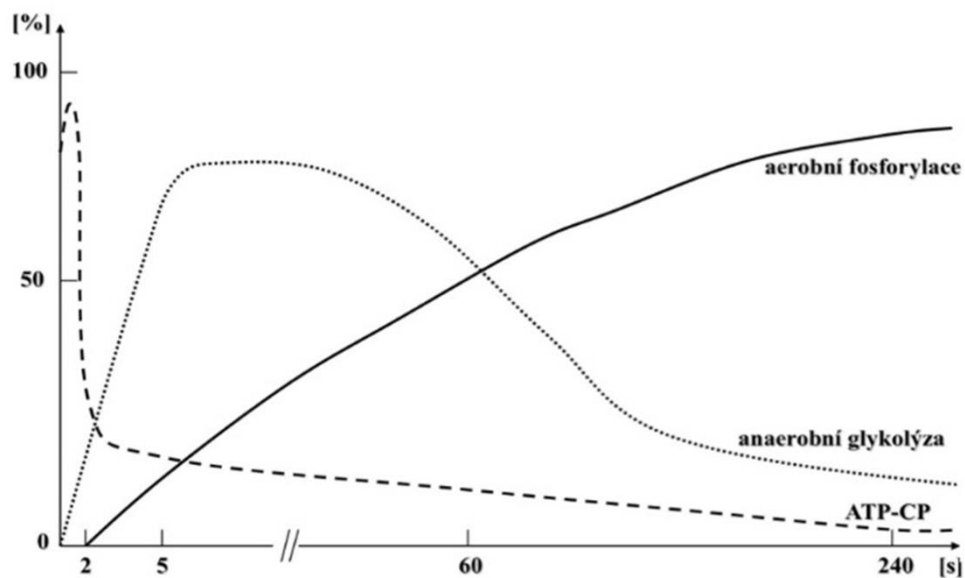
Jedná se o anaerobní, alaktátový systém, který dokáže udržet maximální svalovou kontrakci pouze do 4 – 6 sekund. Poté se projeví snížená dodávka tohoto energetického zdroje a celý systém se zpomalí. CP tedy doplňuje energii ATP pouze v prvních sekundách zatížení, a jakmile zásob CP ubývá, stává se svalový glykogen mnohem důležitějším zdrojem energie. Tento systém tedy dominuje pouze v prvních 2 sekundách intenzivní svalové činnosti, pak jeho podíl významně klesá (Neuls et al., 2013).

2. Anaerobní laktátová zóna

Je to rychlá, ale nevhodná cesta tvorby energie pro ATP. Svalový glykogen se stává hlavním zdrojem energie a fosfátu pro regeneraci ATP asi po 5 sekundách a ztrácí svou účinnost po 30 – 40 s. V první fázi je tento proces anaerobní a rapidně uvolňuje energii, ve druhé fázi je aerobní a recykluje ATP pomaleji. V této zóně se tvoří pyruvát a uvolňují se vodíkové ionty (H^+). Pokud je dostatek kyslíku, jsou tyto substance metabolizovány v aerobní fázi glykolýzy. Pokud ale není dostupné dostatečné množství kyslíku, část pyruvátu a H^+ formují kyselinu mléčnou. Ta způsobuje pokles svalového pH a zvyšuje tak aciditu vnitřního prostředí svalové buňky. Nahromadění kyseliny mléčné ve svalu znamená acidózu, což je pravděpodobnou příčinou únavy (Neuls et al., 2013).

3. Aerobní alaktátová zóna

Pomalejší, ale energeticky efektivnější cesta vzniku ATP. Aerobní glykolýza neprodukuje žádné finální metabolity, které způsobují únavu. Konečnými produkty aerobního metabolismu jsou CO_2 , H_2O a energie využitá pro resyntézu ATP. Voda a oxid uhličitý jsou látky snadno eliminovatelné v dalších procesech. Čím více kyslíku je dopraveno, tím více pyruvátu a H^+ je oxidováno a nezpůsobí tak acidózu a únavu. Během aerobní fáze glykolýzy je vytvořeno 39 molekul ATP, zatímco při anaerobní fázi pouze 3 molekuly ATP (Neuls et al., 2013).



Obrázek 1. Zapojování energetických systémů a jejich přibližný podíl na produkci energie při jednorázové vysoko intenzivní práci (Lehnert et al., 2014).

2.3 Vnější zatížení

K základním lokomočním činnostem v ledním hokeji řadíme bruslení (Grasgruber & Cacek, 2008). Při hře je nemožné trvale udržet intenzitu výkonu. Střídající se období odpočinku a zatížení vyžadují širokou paletu pohybových schopností a vysoký stupeň tělesné připravenosti. Aby byli hokejisté schopni držet krok s protivníky, musí prokázat vysokou úroveň rychlosti, síly a vytrvalosti. Fyzické a fyziologické nároky na hráče jsou odvislé od postavení hráče (útočník, obránce, brankář) a také od stylu hry a strategie zápasu (Roi, 1994; Cox et al., 1995; Burr et al., 2008; Wilson et al., 2010; Ransdell & Murray, 2011).

Doba pobytu na ledě se během utkání pohybuje většinou okolo 40 – 60 sekund během jednoho střídání, přičemž doba zatížení během střídání je asi 20 – 40 s. Proto se uvádí jako optimální „ice-time“ 35 sekund (Green et al., 1976; Montgomery, 2006). Někteří autoři tvrdí, že délka střídání se může pohybovat od pár sekund do více jak dvou minut. A v průměru, udávají čas strávený během jednoho střídání na ledě 91,2 – 126,3 s. Což může být opakováno 4,5x – 5,8x za třetinu a 13,5x – 17,4x během hry. Odpočinek mezi střídáními je 3 – 4 minuty, přičemž v jednom střídání je 5 – 7 sprintů

(činností maximální intenzity) s průměrnou dobou trvání 2,0 – 3,5 s. Celkový čas sprintů během jednoho utkání je 4 – 6 minut (Patterson, 1979; Twist & Rhodes, 1993; Hoff, Kemi & Helgerud, 2005; Montgomery, 2006).

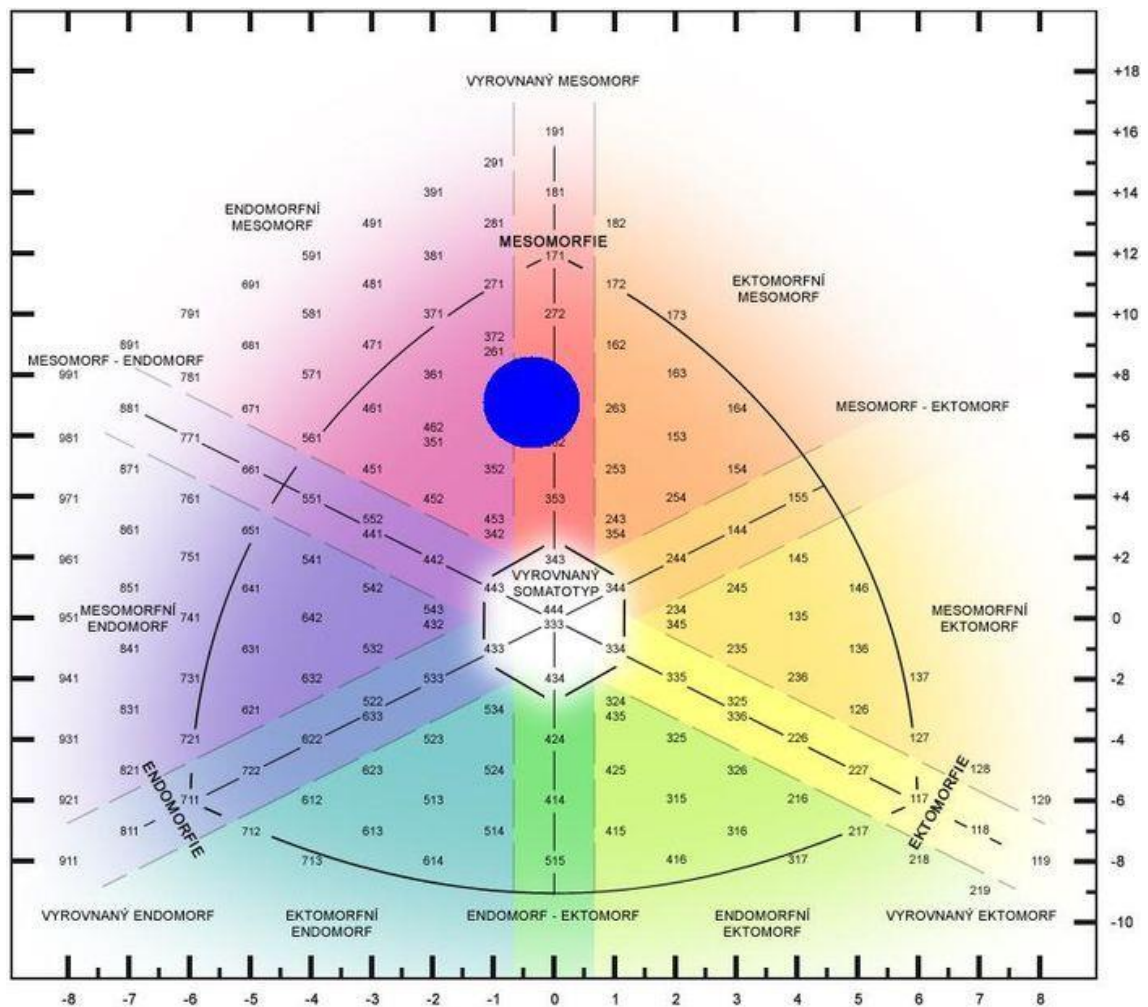
Rychlost bruslení je jednou z hlavních komponent výkonu v profesionálním hokeji. Každé střídání vyžaduje krátké sprinty maximálního úsilí, jak pro útočníky, tak pro obránce, kteří rychle bruslí z jedné brankové čáry na druhou. Hráči musí mít zvládnutou schopnost co nejrychleji zrychlit ze statické pozice, stejně jako technické dovednosti při bruslení, střelbě a přihrávce, zatímco musí rychle reagovat na měnící se prostředí. Rychlost bruslení dozadu a agility mohou být považovány za indikátory pro rozlišení mezi dobrým, průměrným a slabým bruslařem (Cox et al., 1995). Maximální rychlosti v jízdě vpřed dosahují hráči až 56 km/h, zatímco v jízdě vzad 24 km·h⁻¹ (Gilder & Grogan, 1993). Průměrná rychlost je během zápasu relativně stálá, i když v poslední třetině klesá zhruba o 5,2 % (Green et al., 1976). Během utkání hráči ujedou vzdálenost okolo 5 – 6 km, špičkoví hráči, jak uvádí Montgomery (1988) ujedou vzdálenost až 7200m.

Co se jednotlivých postů týče, se autoři moc neshodují. Někteří autoři se domnívají, že útočníci a obránci mají relativně stejný „ice-time“. Jiní autoři toto tvrzení vyvracejí a říkají, že obránci stráví na ledě o 21 % více času než útočníci a také, že mají obránci o 35 % kratší dobu na zotavení mezi jednotlivými střídáními (Green et al., 1979; Léger, Seliger & Brassard, 1980). Z vlastní zkušenosti mohu říci, že obránci stráví na ledě o něco více času, než útočníci a proto se přikláním spíše k tvrzení, že poměr času stráveného na střídačce ku času stráveného na ledě je u obránců v poměru 2 ku 1 a u útočníků 3 ku 1.

Biomechanická analýza bruslení rozlišuje fáze postoje, odrazu a skluzu. Pro dobrou techniku bruslení je charakteristický nízký postoj. Pro maximální odraz je ideální úhel 90° - 100° v kyčelním kloubu, 125° - 160° v kolenním kloubu a sklon trupu 10°-35°. Na fázi odrazu závisí budoucí rychlost pohybu hráče. Je tím účinnější, čím je větší odrazové úsilí, čím delší je dráha odrazu a čím menší je jeho úhel se směrem celkového pohybu hráče. Přičemž však nesmí být porušen úhel postavení brusle ve fázi odrazu, aby nedošlo k jejímu podklouznutí. Odraz začíná prudkým napnutím nohy v kolenním a kyčelním kloubu. Biomechanika střelby je poněkud složitější. Vychází z pohybu jednotlivých částí těla, tedy jejich těžišť, dále jsou důležité vyvíjené síly, které

prostřednictvím hole působí na kotouč. Dále také dráha, zrychlení a rychlost zejména čepele, hole a kotouče. Bylo také zjištěno, že silové schopnosti trupu a horních končetin nehrají tak významnou roli na rychlost letícího kotouče, ale rozhodujícím faktorem je technika střelby (Pavliš et al., 1995; Schneider, 2013).

Ze somatického hlediska se lední hokej řadí mezi typické silové sporty (vzpírání, sportovní gymnastika či vrhačské disciplíny). Hokejisté jsou většinou atletického typu s robustními postavami a dobře vyvinutým svalstvem. Jejich dlouhé paže jsou výhodou při střelbě. Jednotlivé posty se však mohou somaticky lišit. Nejvíce se odlišuje brankář, který je oproti ostatním hráčům nejlehčí a nejflexibilnější. Průměrná výška hráčů je mezi 180cm a 190cm, optimální váha by měla být mezi 85 kg a 90 kg, robustní a silová konstrukce s množstvím tělesného tuku v rozmezí mezi 8 až 13 %. Oproti běžné populaci mají hokejisté vyšší podíl aktivní tělesné hmoty a výkonnější oběhový systém. Velké procento váhy by mělo být u svalů. Pokud je hráč menší a lehčí, kompenzuje tuto ztrátu mrštností a dynamikou v obloucích a při startu na puk (Bernaciková, Kapounková & Novotný, 2010; Kazda, 2010).



Obrázek 2. Somatograf hokejistů. Upraveno podle Bernaciková, Kapounková & Novotný (2010).

2.4 Repeated sprint ability (RSA)

V současné době dochází na základě vědeckých poznatků ke změně uvažování trenérů nad podstatou a způsobem kondiční přípravy hráčů ve sportovních hrách. Při vytváření strategií tréninku se zdůrazňuje rozvoj specifické herní vytrvalosti. Pro její rozvoj je důležitá znalost herního výkonu a aplikace jeho požadavků do tréninku pro dosažení specifických adaptací organismu. Z tohoto důvodu je analýza zatížení hráčů v utkání jednou ze základních předpokladů umožňujících modelovat herní zatížení v utkání (Hůlka, 2012).

Časová analýza pohybu ukázala, že lední hokej je vysoko rychlostní intermitentní invazivní hra, podobná ostatním hrám (Montgomery, 1988; Buchheit,

Lefebvre, Laursen & Ahmaidi, 2011). Hra je charakteristická nepravidelnými změnami mezi vysokou a nízkou intenzitou činnosti po velmi krátkou dobu (až do 10 s) s velmi častým tělesným kontaktem. Nízká intenzita činností souvisí se zotavením.

Schopnost rychle doplnit zásoby energie během krátkého a intenzivního odpočinku v pracujících svalech je kritické pro výkon v ledním hokeji (Montgomery, 1988) což můžeme nazvat jako schopnosti opakovat sprinty, dále jen RSA. Trenéři a odborníci v oblasti sportovních her nazývají kapacitu hráče opakovaně vykonávat činnosti maximální intenzitou s minimální dobou na zotavení jako „repeated sprint ability“ (RSA) a považují ji za limitující herního výkonu, a to i přesto, že sportovnímu výkonu dominuje technická a taktická připravenost (Sencer et al., 2005; Girard, Mendez-Villanueva & Bishop, 2011). Cvičení založená na RSA jsou charakteristická opakovanými sprinty, které jsou proložené krátkými úseky odpočinku. Taková cvičení mají za následek podobné metabolické reakce, jaké se vyskytnou během skutečného utkání. Což je pokles svalového pH, CP a ATP, aktivace anaerobní glykolýzy a výrazné zapojení aerobního metabolismu (Wragg, Maxwell & Doust, 2000; Rampinini et al., 2007). Z tohoto důvodu použití cvičení založených na RSA během trénování a testování roste (Spencer, Bishop, Dawson & Goodman, 2005). Bishop et al. (2003) také zjistil korelaci mezi $VO_2\text{max}$ a RSA, ovšem pouze u průměrných hráčů, u elitních hráčů už tomu tak není. Stejný autor také tvrdí, že lepší pufrovací kapacita při RSA umožňuje delší zapojení glykolýzy, která vede k nárůstu laktátu, ale bez zvýšení H^+ . To znamená, že hráči, kteří mají menší H^+ v relaci s laktátem, mají lepší RSA.

Vzhledem k respektování nových tréninkových požadavků, které jsou založeny na herních potřebách, je důležité vyvinout nové testy výkonnosti. Proto se testy několika násobných sprintů, nebo RSA stávají stále populárnějšími, jako způsob vyhodnocování funkčních schopností sportovců zapojených do těchto sportů (Glaister et al., 2009).

Někteří autoři, kteří pracují s RSA testy, používají poměr práce a odpočinku, počet sprintů a dobu trvání jako pozadí pro tvorbu těchto testů (Psotta, Blahuš, Cochrane & Martin, 2005; Meckel, Gottlieb & Eliakim, 2009; Alizadeh, Hovanloo & Safania, 2010). Další autoři přidali „agility“ parametr (jako změny směru a lokomoce) pro lepší simulaci požadavků hry (Wragg, Maxwell & Doust, 2000; Aguiar et al., 2008; da Silva, Guglielmo & Bishop, 2010). Power, Faught, Przysucha, McPherson a

Montelpare (2012) navrhli a ověřili vysokou intenzitu anaerobních intermitentních testů s velmi krátkou dobou zatížení a intervaly odpočinku pro hráče ledního hokeje, zvaný „Repeating Ice Skating Test“ (RIST), kde účastníci podstoupili 6 x 49 m okruhy s 10 sekundovým odpočinkem mezi pokusy. Jako první publikoval Reed et al. (1976) tento typ testu zvaný „Reed Repeat Sprint Test“ (RRS), který se skládal z 6 x 91 m sprintu s 30 sekundovým odpočinkem mezi každým sprintem. Tento protokol byl však mnohými kritizován za to, že je příliš vyčerpávající. Proto ho Carey, Drake, Pliego & Raymond (2007) upravili a používají protokol s 5 x 1 kolo sprintu s 30 sekundovým odpočinkem mezi koly.

Hůlka, Bělka, Cuberek a Schneider (2014) vytvořili specifický „on-ice repeated ability test“ (RAT) pro hokejisty. V tomto testu jsme se snažili, aby simuloval nároky na hráče ve hře. Za prvé, podle Léger, Seliger a Brassard (1979), kteří dokázali nižší mechanickou účinnost (7,9 %) běžců v porovnání s bruslaři, je během testu důležité, aby byly údaje o RAT platné. Za druhé, není žádný důkaz o testu výkonnosti, který je konstruován pro indikaci RSA, stejně jako užívání vzorku agility (starty, opakované sprinty se změnou směru ve sprintu, zastavení, a různé druhy bruslení) během stejného zatížení, jako při utkání. Hlavním rozdílem mezi námi zkonstruovaným protokolem a ostatními testy vidíme i ve větší specifičnosti zatížení díky době odpočinku, krátkým sprintům, hodně změnám směru a také díky bruslení vpřed i vzad během každého pokusu. Kromě toho, před použitím RAT, by měli výzkumníci určit spolehlivost tohoto testu.

Mnoho autorů shledalo index únavy jako průměrně spolehlivý (Oliver, Williams & Armstrong, 2006; Psotta et al., 2011). Důvodem může být stimulační efekt, nebo nedostatečné seznámení se s testem (Oliver, 2009). My jsme zvolili „sprint decrement“ (Sdec), (úbytek ve sprintu) jako indikátor únavy. Cílem této studie bylo zkonstruovat a určit spolehlivost specifického hokejového testu indikující RSA hráčů.

2.5 Teorie testování

Problematikou testování se zabývají samostatné disciplíny, které známe pod názvem antropometrie, psychometrie, sociometrie. Testy mohou být také didaktické, inteligenční, alergenové, motorické apod. Testem rozumíme vědeckou metodu, pomocí

kteře zjišťujeme znak osobnosti s kvantitativním cílem výpovědi o jeho úrovni (Lienert, 1969; Schneider, 2013).

2.5.1 Motorický test

Motorické testy jsou velmi důležitým prostředkem diagnostiky nejen v tělesné výchově, ale i u všech ostatních sportů. Můžeme je označit jako standardizované zkoušky, které jsou vymezené pohybovým úkolem. Měkota a Blahuš (1983) označují motorický test jako souhrn pravidel pro přiřazování číslic pohybovým výkonům. Užívají je pracovníci jak v praxi (učitelé, lékaři, trenéři), tak i ve výzkumu v různých modifikacích, proto jsou výsledky nesrovnatelné. Jsou zdrojem důležitých informací potřebných pro správné rozhodování a řízení tělovýchovného procesu.

Antropomotorika se zabývá studiem lidského pohybu, můžeme také mluvit o motometrii. Je to nauka o měřeních, které se uplatňují při kvantifikaci pohybových předpokladů (schopností) a také při kvantifikaci různých pohybových projevů a znaků. Jako hlavní složky motometrie můžeme označit posuzování a testování (Měkota & Blahuš, 1983). Nebo diagnostika základních pohybových dovedností může být založena buď na změření výkonu, nebo na posouzení průběhu. Motorickým testům někdy říkáme výkonové, protože měří finální výsledek, výkon. Standardním způsobem se testuje od čtyř let věku dítěte např. v délce skoku z místa, hodů míčkem, rychlosti běhu apod. Zaznamenaný výsledek (skóre), jako počet úspěšných nebo neúspěšných hodů na cíl atd., se porovnává s normou, která je odvozená statisticky či expertizou. Zatímco na posouzení průběhu pohybového aktu se uplatňuje škálování. To je založeno na porovnání pohybového projevu dítěte a určení jeho vývojového stupně se vzorem vyzrálé pohybové dovednosti (Měkota & Cuberek, 2007). Motorické testy můžeme rozdělit podle různých hledisek. Měkota a Blahuš (1983) rozlišují testy maximální výkonnosti a testy typického pohybového projevu. Podle počtu současně testovaných osob rozeznáváme testy skupinové, kdy zkoušíme celou skupinu osob najednou a individuální, kdy je testu podroben každý jedinec samostatně. Pro praxi v tělesné výchově jsou nejdůležitější testy motorických schopností (silové, rychlostní, vytrvalostní) a testy motorických dovedností (plaveckých, volejbalových, basketbalových). Další dělení nám udává přesnost stanoveného obsahu testů. Jsou buď standardizované, které nám zaručují reprodukovatelnost testu, nebo částečně

standardizované. Podle místa, kde se testy provádí, je rozdělujeme na laboratorní a terénní.

Pokud chceme zachytit krom kvality také kvantitu, užíváme měření. Je to přiřazování čísel určitým předmětům nebo jevům, které se děje podle určitých pravidel. Pravidla mohou být dobrá nebo špatná, od čehož se odvíjí výsledky měření, které jsou věrohodné či nevěrohodné. Při zkoumání se může stát, že se setkáme s proměnnou, která není přímo měřitelná (tvořivost, morálka apod.). Zde dochází k měření ukazatelů, které s danou proměnnou souvisejí (Chráska, 2007).

Stejný autor také rozlišuje čtyři úrovně měření podle charakteru prováděného přiřazování čísel.

1. *Nominální měření* – užíváme čísel jen jako označení určité charakteristiky (chlapci – 1, dívky – 2). Čísla nemají význam kvantitativní, ale počítáme četnost číselných symbolů.
2. *Ordinální (pořadové) měření* – přiřazujeme objektům čísla tak, že vyjadřují pořadí dle určitého kritéria. Například dětem ve skupině přiřadíme čísla podle toho, v jakém pořadí splnili úkol.
3. *Intervalové měření* – přiřazujeme čísla tak, že vyjadřují, jak velké jsou mezi nimi rozdíly. Příkladem může být měření úrovně vědomostí didaktickým testem.
4. *Poměrové měření* – přiřazujeme hodnoty tak, že vyjadřují množství vlastnosti, kterou měří. Např. věk či hmotnost dětí. Poměrové i intervalové měření bývají souhrnně nazývány jako metrická měření.

2.5.2 Zátěžové testy

Cílem zátěžového testování je měření dat vyjadřujících: aerobní kapacitu (schopnost provádět zátěž při vysoké spotřebě kyslíku), anaerobní kapacitu (schopnost provádět zátěž v intenzitě překračující maximální spotřebu kyslíku), vytrvalostní schopnosti (schopnost provádět zátěž aerobního charakteru s prodlouženým trváním), silové schopnosti (schopnost překonávat odpor či konat práci proti vysokému odporu), flexibilitu (kloubní rozsah v rámci daného rozpětí), neuromuskulární dovednosti (schopnost realizovat aktivity vyžadující koordinaci a pohybové dovednosti), funkční

výkonnost (schopnost vykonávat běžné každodenní pohybové aktivity). Při zátěžovém testování dochází k měření a posuzování odezvy, případně i adaptace různých orgánových funkcí v závislosti na určitém zatížení – posuzování trénovanosti jedince. Zátěžové testy můžeme dělit podle místa provedení na laboratorní a terénní a podle velikosti zatížení na maximální, sub-maximální a supra-maximální („Wingate test“) (Anonymous, *n.d.*).

2.5.2 Terénní testy

Terénní testy, při nichž se sleduje odezva na specifickou zátěž ve sportovním prostředí, vyžadují speciální přístrojovou přenosnou techniku. Výhoda spočívá v tom, že poznáváme, co se děje se sportovcem při jeho vlastním výkonu. Pracuje ve známých podmínkách (atletický stadion, sportovní hala, apod.). Tyto testy jsou praktické, finančně i časově nenáročné, jednoduché na provedení i s větší skupinou probandů a můžeme je také přímo použít v tréninku. Na druhou stranu počet měřených veličin není v porovnání s laboratorními testy tak velký. Tím, že jsou v terénu nestálé podmínky a vlivy prostředí hrají svou roli, je často obtížné standardizovat podmínky a zajistit plnou opakovatelnost testu. S tím souvisí i nepřesnost měření a relativně nepřesné stanovení zatížení. Motorické testy tvoří obsah celé řady testovacích systémů, určených pro různé věkové skupiny: děti a mládež, dospělí, seniory nebo pro osoby se zdravotním postižením (Měkota & Blahuš, 1983). Při diagnostikování základní motorické výkonnosti se nejčastěji využívají testy terénní, někdy také označovány jako testy zdatnosti. Jsou to většinou testové baterie, které obvykle zahrnují 4 – 10 položek. Vybrané testy základní motorické výkonnosti a zdatnosti: ICSPFT („standard fitness test“) pro věkovou skupinu 6 – 32 let, EUROFIT („european test of physical fitness“) pro mládež, EUROFIT pro dospělé, UNIFITTEST pro věkovou kategorii od 6 do 60 let, SFT test pro seniory, FITNESSGRAM pro věkové rozmezí od 5 do 21 let (Měkota & Cuberek, 2007).

Jednoduché funkční zkoušky patří také do terénních testů, kterými většinou zjišťujeme jeden ze základních ukazatelů výkonnosti kardiovaskulárního systému – srdeční frekvenci (SF) v klidu, při zátěži a po zátěži. Nejznámější funkční zkoušky jsou Ruffierova zkouška a Step-test. Poněkud složitější terénní testy, kde už sledujeme více

ukazatelů, jsou například: chodecký test, člunkový běh (Leger's test), Cooperův test, Conconiho test. Tyto terénní testy nám umožňují pomocí složitých vzorců vypočítat index zdatnosti, odhad $VO_2\max$ či určení anaerobního prahu (Anonymous, *n.d.*).

2.5.3 Laboratorní testy

V laboratoři jsou vytvořeny standardní laboratorní podmínky a můžeme přesně stanovit velikost zatížení na daném stroji, což nám umožňuje přesnější hodnocení a také lepší interpretaci získaných výsledků. Laboratorního testování se užívá ke sledování zdravotního stavu a stupně výkonnostního rozvoje, dále také k posouzení aktuální výkonnosti sportovce, tvorbě tréninkových programů či preskripci pohybové aktivity. Nevýhodou laboratorního testování je, že sportovci mohou dosahovat horších výsledků vlivem odlišného pohybového stereotypu nebo nervozity z neznámého prostředí. Při testech prováděných v laboratoři je následně nutná transformace výsledků do terénních podmínek (Anonymous, *n.d.*). Zdrojem fyzického zatížení bývají ergometry. Nejčastější je bicyklový ergometr a běžecký pás. Jsou to speciální stroje s přesně dávkovatelnou mechanickou zátěží. Působí odporem vůči pracujícím svalům. U bicyklového ergometru je výkon W daný odporem a frekvencí, u běžeckého pásu je výkon dán rychlostí a elevací (Anonymous, *n.d.*).

Laboratorní zátěžové testy známe sub-maximální (W_{170}), maximální (test do vita maxima), supra-maximální (wingate). Test W_{170} je zátěžový test, který zjišťuje teoretický výkon (P), který by měl proband podat při SF $170 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$. Tato SF je přibližnou hodnotou, při které se u mladého zdravého jedince nachází anaerobní práh. Pro starší a nemocné osoby se někdy volí modifikace tohoto testu, a to W_{150} či W_{130} . CHR test je zátěžový test kardiovaskulárního systému, který je založený na principu zpětnovazebného řízení intenzity zatížení (W) tepovou frekvencí. Je to test sevřené srdeční frekvence, což znamená, že SF je držena v nastaveném pásmu $\pm 4 \text{ tepy} \cdot \text{min}^{-1}$. Tento test umožňuje hodnocení kardiovaskulárního systému a doporučení programu pohybové aktivity (Stejskal, 1994). Maximální zátěžové testy jsou laboratorní testy, při kterých je intenzita zatížení postupně zvyšována až do maxima. Smyslem těchto testů je zjistit zejména $VO_2\max$. Při těchto testech se dále sledují i ostatní ukazatele, jako jsou: SFmax, SF při AnP, saturace, Wmax, W při AnP, laktát, dechové plyny – O_2 , CO_2 ,

ventilace, RQ. Maximální test bývá někdy označován jako test do vita maxima, tedy do volního maxima. Ukončení tohoto testu je většinou pro neschopnost pokračovat dál. Nejznámějším supra-maximálním testem je Wingate test, který je nejčastěji používaný u hokejistů (Anonymous, *n.d.*).

2.5.4 Vlastnosti testů

Pokud realizujeme určité pedagogické měření, jeho kvalita není ničím samozřejmým. Vždy vyvstává otázka, kdy narážíme na skutečnost, že měřená proměnná odráží vliv měřené veličiny, jiných veličin a náhodné chyby (přepisy, chyby přístroje atd.). Základní model měření je tedy složen ze vztahu mezi neznámou správnou hodnotou proměnné T a naměřenou hodnotou Y ($Y = T + E$), kde E je celková chyba měření. Chyba může být systematická, která nabývá vždy přibližně stejné hodnoty a náhodná, která mění náhodně svoji velikost i směr. Ve výsledku nám jde o to, aby měření vedlo k dobrému odhadu hodnoty T a minimalizaci chyby E . Snažíme se tedy, aby měření bylo objektivní, praktické, reliabilní a validní. Praktičnost měření lze vyjádřit mnoha synonymy, jako jednoduchost, úspornost, malá časová náročnost, snadná proveditelnost či hospodárnost. Objektivita měření znamená, jak moc jsou výsledky nezávislé na měřeném jedinci nebo na výzkumníkovi ve smyslu subjektivního zkreslení (Hendl, 2006; Chráska, 2007).

Reliabilita

Reliabilita měření znamená stupeň shody výsledků při měření jedné osoby nebo objektu provedeného za shodných podmínek. Tento pojem se často nahrazuje slovy, jako jsou spolehlivost, přesnost, stálost, stabilita, konzistence. Reliabilita může být vyjádřena dvěma aspekty - spolehlivostí měření, což znamená, že při opakování za stejných podmínek poskytuje zhruba stejné výsledky a také přesností měření. Za přesné měření považujeme takové, kdy chyby nejsou příliš velké a není jich mnoho. Stupeň reliability se vyjadřuje koeficientem reliability. Je to číslo, které nabývá hodnoty od 0 do 1, přičemž 0 je nulový stupeň reliability a 1 je maximální reliabilita. Určování koeficientu reliability je možné různými postupy (Hendl, 2006; Chráska, 2007).

1. Opakované měření (test-retest reliability) – označuje shodu opakovaných měření, která jsou oddělena určitým časovým intervalem. Koeficient reliability se určuje jako koeficient korelace pro obě měření (Hendl, 2006).
2. Paralelní měření– znamená shodu měření s jiným ekvivalentním měřením, které je konstrukcí stejné. Koeficient reliability se určuje stejně jako u předcházející metody (Hendl, 2006).
3. Půlení („split-half“ reliability) – měření se rozděluje na dvě poloviny, které se potom samostatně vyhodnocují. Koeficient reliability se stanoví jako korelace obou polovin (Chráska, 2007).
4. Koeficient reliability pomocí Kuderova-Richarsonova vzorce – vychází se ze známého počtu úloh v testu, z obtížnosti jednotlivých úloh a ze směrodatné odchylky (Chráska, 2007).
5. Reliabilita pomocí Cronbachova koeficientu alfa – vychází z dvojnásobné analýzy rozptylu (Chráska, 2007).

Validita

Ekvivalentem pro pojem validita je v českém jazyce slovo platnost. Měření má dobrou validitu tehdy, jestliže měří skutečně to, co podle předpokladu měřit má (Chráska, 2007). Validitu můžeme označit také jako pravdivost či stupeň platnosti testu, což je obecná vlastnost, která určuje, zda má vypovídající hodnotu. To znamená, že zadané kritérium testu vyjadřuje přesně vymezený účel testování a měřítko toho, co se má testovat (Měkota & Blahuš, 1983). Podle Hendla (2006) validita odkazuje na přiměřenost, smysluplnost a užitečnost specifických závěrů, které se provádějí na základě výsledku měření. Stejný autor také poukazuje na starší definici validity, která požaduje, aby procedura měření skutečně měřila to, co předpokládáme, že měří. A také novější definici validity, která vychází z požadavku, že uživatel má z výsledků měření odvodit správná rozhodnutí.

Obecně platí, že bez reliability měření nemůžeme dosáhnout validity. Přičemž metoda měření může mít velkou reliabilitu, ale přesto malou validitu. Podle toho, k čemu se validita vztahuje, rozlišujeme stránku obsahovou, kritériální a konstruktovou. Při ověřování obsahové validity posuzujeme, do jaké míry se měří stanovený obsah,

tedy do jaké míry měření skutečně reprezentuje dané vlastnosti či kvality. Kriteriační validitu posuzujeme, do jaké míry se měření shoduje s jiným měřením týchž objektů. Posuzujeme tedy shodu výsledků zaváděné procedury s kriteriační proměnnou nebo jiným měřením, které jsou již ověřené. Kriteriační validita může být souběžná (hodnota proměnné existuje v současnosti) a prediktivní (hodnota proměnné se realizuje v budoucnu). Konstruktová validita se zabývá teoretickými aspekty měřené proměnné (konstrukt). Konstrukt je nějaký faktor, který ovlivňuje výsledky provedeného měření. Tato validita může mít konvergentní charakter (prokazuje vztahy k proměnným, které očekáváme podle teorie) nebo diskriminační charakter (nemá vztah k proměnným, když tento vztah neočekáváme). Validitu můžeme vyjádřit koeficientem validity, který nabývá hodnot od 0,00 do 1,00. Pokud je tento koeficient v rozpětí od 0,8 – 0,85 označujeme tuto skutečnost jako velmi dobrou validitu. Nad 0,85 je validita výborná (Čelikovský, Štěpnička & Teplý, 1967; Hendl, 2006; Chráska, 2007).

3 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem práce je posouzení závislosti aerobních a anaerobních indikátorů výkonu s výkonem hráčů ledního hokeje ve specifickém únavovém protokolu RAT.

3.1 Dílčí cíle

1. Zjištění aerobní a anaerobní výkonnosti sledovaných hráčů.
2. Zjištění výsledků specifického únavového protokolu.
3. Posouzení těsnosti vztahů mezi zjištěnými výsledky.

3.2 Výzkumné otázky

1. Jaký je vztah mezi indikátory aerobní kapacity a výsledky specifického únavového protokolu?
2. Jaký je vztah mezi indikátory anaerobní kapacity a výsledky specifického únavového protokolu?

4 METODIKA

4.1 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvořili hráči ledního hokeje v kategorii „Junior“. Jednalo se o hráče nejvyšší mládežnické republikové soutěže. Výzkumu se zúčastnilo 23 hráčů (12 útočníků, 9 obránců, 2 brankáři). Pro potřeby diplomové práce, jsem vybral pouze 12 hráčů, kteří byli také testováni v únavovém protokolu.

Vyšetření v rámci námi vytvořeného specifického únavového testu proběhlo na počátku roku 2013. Po souhlasu trenéra byli všichni hráči seznámeni s průběhem měření a souhlasili s účastí, kterou stvrdili podpisem na připravený informovaný souhlas s měřením.

Tabulka 4. Základní popisné charakteristiky (antropometrické proměnné).

	N	Průměr ± SD	Minimum	Maximum
Kalendářní věk(roky)	12	18,87 ± 0,76	17,90	20,40
Tělesná hmotnost (kg)	12	83,64 ± 6,65	75,20	96,00
Tělesná výška (m)	12	1,84 ± 0,06	1,76	1,94
Tuk (%)	12	9,71 ± 4,35	5,10	21,70
ATH (kg)	12	75,33 ± 4,33	70,50	85,00
BMI(kg·m⁻²)	12	24,74 ± 2,19	21,19	30,30

Vysvětlivky: N – počet účastníků; SD – směrodatná odchylka; ATH – aktivní tělesná hmota (tukuprostá hmota); Tuk - procentuální zastoupení tukové složky; BMI – body mass index, % - procento.

4.2 Metody sběru dat

Hráči absolvovali **laboratorní zátěžový test W₁₇₀** s monitoringem zátěžového EKG, krevního tlaku a analýzou vydechovaných plynů. Tento test byl prováděn na bicyklovém ergometru tělovýchovného lékařského oddělení v Pardubicích. Test W₁₇₀ je zátěžový test zjišťující pracovní kapacitu při srdeční frekvenci (SF) 170 tepů za minutu (tep·min⁻¹). Tedy zjišťuje teoretický výkon, který by měl proband podat při SF 170tep·min⁻¹. Jedná se o jeden z nejstarších sub-maximálních testů stanovující tělesnou zdatnost. SF 170 tep·min⁻¹ je přibližnou hodnotou, při které se u mladého zdravého jedince nalézá anaerobní práh (AnP). Test se skládá ze dvou (někdy 3 – 4) stupňové

ergometrie a mezi stupni mohou být minutové pauzy. Trvání každého stupně je 4 – 6 minut. Na konci každého stupně se měří SF a intenzita zatížení by měla být taková, aby SF byla na konci prvního stupně vyšší jak $120 \text{ tep} \cdot \text{min}^{-1}$. Pokud je nižší, nemusí platit pozitivní korelace mezi SF a intenzitou zatížení. Tato lineární závislost vyplývá ze skutečnosti, že od 120 – 170 (180) $\text{tep} \cdot \text{min}^{-1}$ se nemění systolický objem, srdeční výdej je tedy závislý jen na SF. Test W_{170} se může použít i pro odhad $VO_2\text{max}$ tak, že provedeme standardně test, ale neextrapolujeme výkon při SF 170, ale při hodnotě SFmax, kterou buď vypočítáme (220-věk) nebo je dána tabulková hodnota. Zjištěný výkon se dosadí do vzorce: $VO_2\text{max} (\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) = 10,88 \cdot W + 411$. Dá se použít pro výkony mezi 100 až 400 W, s chybou méně jak 10 %. Spotřeba O_2 a výdej CO_2 se stanovuje pomocí analyzátoru dechových plynů na základě rozdílů v koncentraci O_2 (CO_2) v nadechnutém a vydechnutém vzduchu v daném dechovém objemu. Testovaná osoba má náustek a svorku na nose nebo masku (Anonymous, n.d.).

Jako další byl použit **anaerobní Wingate test (WG)**. Je to test maximální intenzity na bicyklovém ergometru trvající 30 sekund. Byl vyvinut v roce 1970 a slouží k vyhodnocení anaerobního výkonu (Beneke et al., 2002; Pollmann, Bleif, Leithäuser & Hütler, 2002). Bicyklový ergometr je napojený na systém, který je spojen s počítačovým softwarem, jenž získává data (Aziz & Teh, 2004). Konkrétně počítač zaznamenává otáčky pedálů (Power, Faught, Przysucha, McPherson & Montelpare, 2012). Nejčastěji se zaznamenávají ukazatele jako je průměrný výkon, maximální výkon a index únavy (Beneke et al., 2002).

Třiceti sekundový cyklistický Wingate test (cWG) je populární a spolehlivý test na stanovení anaerobních schopností sportovcova výkonu v laboratorních podmínkách. Test prokázal, že existují silné asociace s jinými odhady anaerobního potenciálu, jako je nahromaděný kyslíkový deficit, kyslíkový dluh, pozátěžová hladina laktátu a plocha příčného průřezu rychlými svalovými vlákny (Aziz & Teh, 2004).

Tento test se zaměřuje na rychlostně silové kondiční schopnosti. Z bioenergetického hlediska se jedná o krátkodobé a střednědobé anaerobní schopnosti. Wingate test se tedy používá k objektivnímu posouzení anaerobních kondičních předpokladů u hráčů ledního hokeje. Z pravidla stanovuje a vyhodnocuje:

1. *Maximální pěti-sekundový anaerobní výkon (P_{max})* – hodnotí se ve wattech či ve wattech na kilogram tělesné hmotnosti a poukazuje na „alaktátové“ předpoklady a krátkodobé rychlostně silové schopnosti.
2. *Anaerobní kapacitu (AnC)* – posuzuje se v kJ nebo v $J \cdot kg^{-1}$ a představuje práci vykonanou za 30 sekund, tedy střednědobé rychlostně silové schopnosti a „laktátové“ předpoklady.
3. *Pokles výkonu či „index únavy“ ($IÚ$)* – hodnotí se ve wattech nebo lépe v procentech maximálního anaerobního výkonu. Je to rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším pěti-sekundovým výkonem během testu a poukazuje na předpoklady pro opakovanou či déletrvající maximální práci.
4. *Doplňková kritéria testu:* „vrcholová“ koncentrace laktátu v krvi ($mmol \cdot l^{-1}$), koncová hodnota SF (kontroluje nasazení během testu a měla by dosahovat 85-95 % SF_{max}) (Heller & Vodička, 2012).

V testu WG, který hokejisti absolvovali, bylo použito doporučené zatížení pro sportující muže, tj. $6 W \cdot kg^{-1}$ tělesné hmotnosti, které se považuje za optimální pro dosažený mechanický výkon z hlediska dílčích požadavků na sílu a rychlost šlapání. Byl použit „letmý start“, tj. odlehčení zátěže na počátku testu a automatické spuštění zátěže při dosažení $120 \text{ otáček} \cdot \text{min}^{-1}$. Podmínky startu, standardní pro všechny vyšetřené, umožňují vyloučit případné rozdíly ve výsledcích testu (zejména P_{max}) dané taktizováním na počátku testu (Heller & Vodička, 2012).

Každý takový test má 5 fází sestávajících se z práce nebo z odpočinku. V první fázi je pěti minutové zahřátí („warm-up“), které zahrnuje jízdu na bicyklovém ergometru při nízké intenzitě zatížení. Tato iniciální fáze může být proložena třemi 10-sekundovými sprinty. Účelem této fáze je seznámit účastníka s testem. Druhá fáze je 5 minut odpočinku na sedle ergometru. Třetí fáze byla akcelerující, což byl deseti sekundový odpočet před snížením odporu. To poskytlo probandům čas ke zrychlení otáček pedálu a připravit se na odpor. Čtvrtá fáze zahrnovala třiceti sekundový sprint s použitím předem vypočítaného odporu. Pátá a poslední etapa je období vychladnutí („cool-down“), kdy účastník šlape při nízké intenzitě po dobu 1 – 2 min, aby se mohl zotavit z předchozího cvičení (Power et al., 2012).

Podle domácích i zahraničních výsledků u juniorských hráčů ledního hokeje lze orientačně doporučit následující úroveň hodnot:

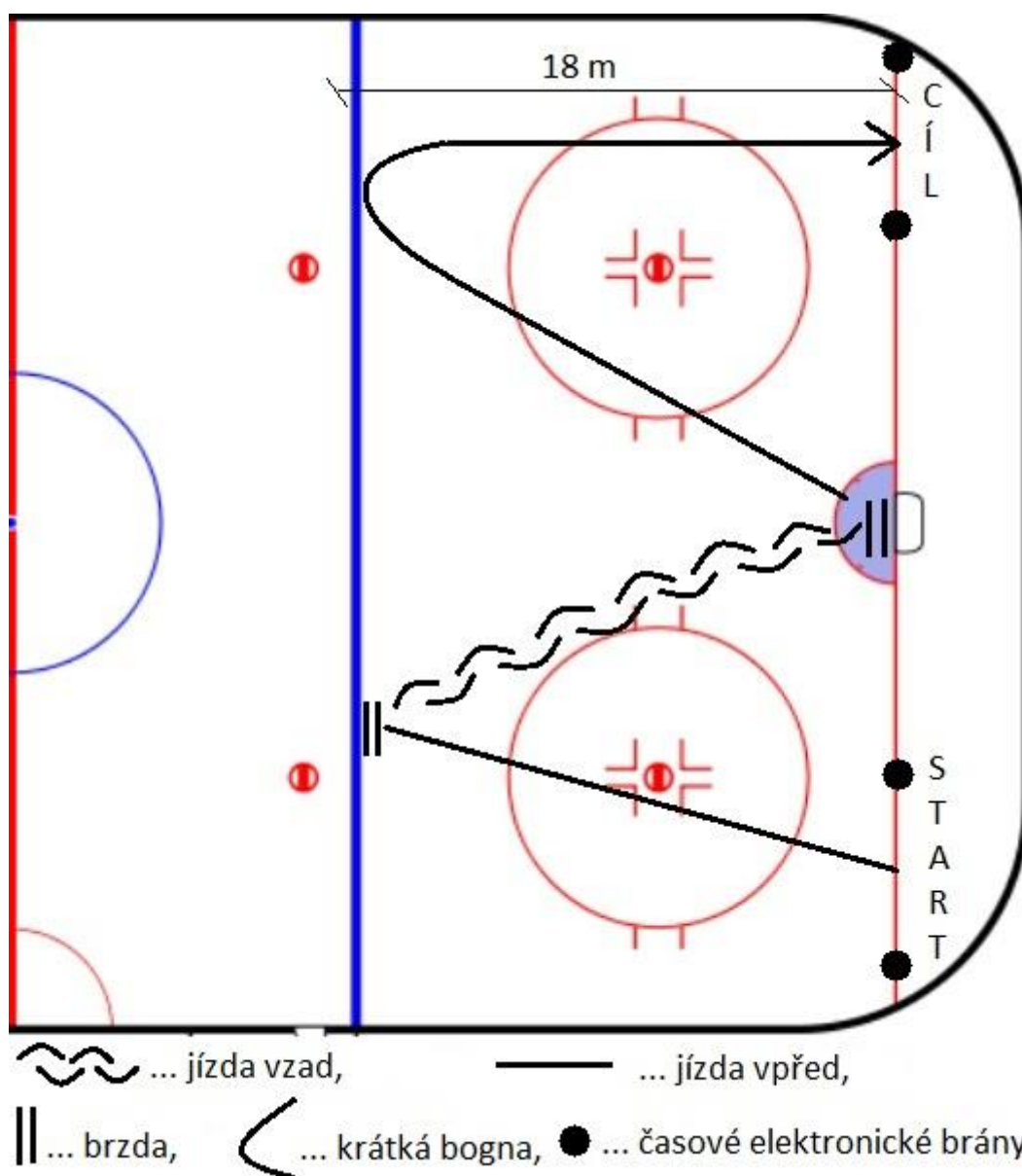
- procento tělesného tuku: cca 8 – 12 %
- množství aktivní či tukuprosté hmoty: cca 70 kg a více
- maximální anaerobní výkon: cca 15 W·kg⁻¹i vyšší
- anaerobní kapacita: 350 – 360 J·kg⁻¹i vyšší
- index únavy: cca 38 – 40 %, který bývá přímo úměrný počátečnímu vrcholu výkonu
- koncentrace laktátu: cca 13 – 14 mmol·l⁻¹
- tepová frekvence: cca 90 % SFmax (cca 175 – 185 tepů·min⁻¹; Heller & Vodička, 2012).

K odebrání laktátu z kapilární krve dochází 5 minut po zotavení, to znamená, když už dojde k vyrovnání koncentrace laktátu ve svalu a v krvi. Koncentrace laktátu by měla odpovídat práci vykonané v podmínkách kyslíkového dluhu.

Index únavy (IÚ) bývá přímo úměrný počátečnímu vrcholu výkonu = vyšší zapojení rychlých svalových vláken na počátku testu se projeví vyšším maximálním anaerobním výkonem na počátku, ale zároveň rychlejším poklesem výkonu, to je výraznějším nástupem únavy v závěru testu. Naopak sportovci s převahou pomalých svalových vláken nejsou schopni na počátku testu vyvinout vyšší výbušnou rychlostní sílu, ale křivka jejich výkonu vykazuje menší pokles v průběhu testu, což znamená i nižší IÚ.

Dalším testem, který je zahrnut do výzkumu je specifický únavový protokol vytvořený v rámci bakalářské práce. Účastníci dokončili patnácti minutové aktivní zahřátí před testováním a poté absolvovali pět úseků činnosti maximální intenzity krátkého trvání (délka hřiště). Pět minut zotavení s popisem testového protokolu pro účastníky.

Účastníci dokončili 12 x 54 m činnosti maximální intenzity podle obrázku 5. Poměr pracovního odpočinku byl stanoven podle výsledků analýzy doby pohybu (Noonan, 2010), poměr práce/odpočinek = 0,43. Průměrná doba činnosti maximální intenzity byla 12,94 ± 0,78 s a přiměřený odpočinek byl stanoven na 30 s. Průměr jednoho krátkého sprintu byl od 2,0 po 3,5 s (Green et al., 1976) a tedy byly zvoleny dvě změny směru. Časy činností maximální intenzity byly měřeny časovými elektronickými branami a doba zotavení stopkami.



Obrázek 5. Schéma specifického únavového testu

Hráč startuje z polovysokého startu, projede brankou elektronických stopek, jede vpřed k modré čáře, brzda, přechod do jízdy vzad, na brankové čáře brzda, přechod do jízdy vpřed, na modré čáře krátký oblouk a jízdou vpřed do cílové branky elektronických stopek.

Spočítali jsme tři proměnné z hrubých dat. První byl čas nejlepšího sprintu (BT) jako indikátor rychlosti a hbitosti (agility), index únavy (%) a celkový čas (s) jako indikátor opakované činnosti maximální intenzity. Index únavy (S_{dec}) byl vypočítán podle (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011):

$S_{dec}(\%) = \left\{ \frac{(S_1 + S_2 + \dots + S_{10})}{10 * S_{best}} - 1 \right\} * 100$, kde S_{1-10} byly časy jednotlivých sprintů, S_{best} byl nejlepší čas z jednotlivých sprintů. Celkový čas byl vypočítán jako součet deseti časů jednotlivých sprintů.

4.3 Postup při získávání dat

Vyšetření probíhalo na konci přípravného období, tedy před začátkem hokejové sezóny 2012/2013. Bylo provedeno standardní metodikou tělovýchovného lékařství. Bylo provedeno spiroergonomické vyšetření W_{170} na bicyklovém ergometru. Klidové vyšetření, klidový záznam EKG, funkční vyšetření plic, ergometrie do „vita maxima“ s monitorem krevního tlaku, zápisem zátěžové křivky EKG a analýzou vydechovaných plynů k určení indexu VO_2max – maximální aerobní kapacity. Dále bylo provedeno vyšetření v podobě anaerobního supra-maximálního testu Wingate.

Výzkum byl proveden v rámci sportovního vyšetření odborným lékařem pro sportovní medicínu. Jednalo se o konziliární vyšetření oddělení tělovýchovného lékařství v Pardubicích. Toto vyšetření proběhlo v polovině srpna roku 2012. Anaerobní WG test proběhl o týden později v biomedicínském centru Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze.

Pro stanovení maximální aerobní kapacity byl použit analyzátor dechových plynů. Pro stanovení anaerobní kapacity se používal bicyklový ergometr se stanovenou zátěží a hodnotila se práce vykonaná za dobu trvání testu (30 s).

Všichni účastníci také podstoupili dvě opakovaná měření specifického testu činnosti maximální intenzity v ledním hokeji. Měli na sobě kompletní hokejovou výstroj. Obě měření byla provedena v jednom týdnu. Mezi měřeními měli účastníci den volna. Výzkum se konal po ukončené sezóně v roce 2013. Pokusy byly provedeny ve stejnou denní dobu, aby se minimalizoval účinek denních variant. Všichni zúčastnění měli volno celý den před každým měřením. Testované osoby byly instruovány, aby dvě hodiny před měřením nepožívali žádné jídlo. Všechna měření se konala na hokejovém stadionu se standardními rozměry hřiště (60 x 30 m).

4.4 Statistické zpracování dat

Data byla statisticky zpracována a analyzována programem Statistica 12 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Pro deskriptivní statistiku základních proměnných jsme použili aritmetický průměr, směrodatnou odchylku (SD), minimum (min) a maximum (max). Tyto parametry se týkaly základních antropometrických proměnných účastníků vyšetření (kalendářní věk, tělesná hmotnost, tělesná výška, procentuální zastoupení tělesného tuku, aktivní tělesná hmota a body mass index). Body Mass Index (BMI) byl stanoven jako podíl tělesné hmotnosti (kg) a druhé mocniny tělesné výšky (m). Dále se tyto základní popisné charakteristiky týkaly proměnných z klidového a klinického vyšetření ($VO_2\text{max}$ – maximální aerobní kapacita; TF_{klid} – klidová tepová frekvence; TF_{max} – maximální tepová frekvence; TF_{R} – respirační tepová frekvence; VO_2 – spotřeba kyslíku; VCO_2 – výdej oxidu uhličitého; R – respirační kvocient). V neposlední řadě jsme získali také popisné charakteristiky proměnných z Wingate testu (Zatížení ve wattech; P_{max} (W) – maximální anaerobní 5-s výkon ve wattech; P_{min} (W) – minimální 5-s výkon ve wattech; IÚ – index únavy; LA ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) – koncentrace laktátu v kapilární krvi v milimolech na litr krve; AnC (kJ) – absolutní anaerobní kapacita; AnC ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$) – relativní anaerobní kapacita vyjádřená v Joulech na kilogram tělesné hmotnosti).

Vzhledem k omezenému počtu probandů jsme pro analýzu zvolili Spearmanův korelační koeficient. Tuto analýzu jsme zvolili také proto, že jsme potřebovali zjistit případné korelační závislosti mezi dvěma soubory dat (výsledky aerobní i anaerobní a výsledky únavového protokolu).

Podle velikosti korelačního koeficientu byly stanoveny pásma síly asociace. Hendl (2006) uvádí následující:

Tabulka 5. Pásma síly asociace.

Síla asociace	$ r $
Malá	0,1 – 0,3
Střední	0,3 – 0,7
Velká	0,7 – 1,0

Hladina statistické významnosti byla určena $p < 0,05$.

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Ukazatelé aerobní a anaerobní kapacity

Pro potřeby práce je nejdůležitějším ukazatelem maximální aerobní kapacita – $VO_2\max$ (maximální spotřeba kyslíku), udávaná v mililitrech na kilogram tělesné hmotnosti za jednu minutu. Průměrné hodnoty aerobní kapacity u dvanácti měřených hráčů je $57,04 \pm 6,04 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Další indexy ukazuje tabulka 6.

Tabulka 6. Základní popisné charakteristiky proměnných z testu W_{170} .

	N platných	Průměr ± SD	Minimum	Maximum
$VO_2\max$ ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	12	$57,04 \pm 6,04$	46,76	63,62
TFklid ($\text{tepy} \cdot \text{min}^{-1}$)	12	$58,5 \pm 2,71$	54,00	60,00
TFmax ($\text{tepy} \cdot \text{min}^{-1}$)	12	$196,42 \pm 0,67$	195,00	197,00
TF_R ($\text{tepy} \cdot \text{min}^{-1}$)	12	$163,58 \pm 6,95$	155,00	176,00
VO_2 ($\text{litr} \cdot \text{min}^{-1}$)	12	$3,55 \pm 0,57$	2,00	4,10
VCO_2 ($\text{litr} \cdot \text{min}^{-1}$)	12	$4,1 \pm 0,7$	2,34	4,95
R	12	$1,05 \pm 0,06$	0,94	1,16

Vysvětlivky: N – počet účastníků; SD – směrodatná odchylka; $VO_2\max$ – maximální aerobní kapacita; TFklid – klidová tepová frekvence; TFmax – maximální tepová frekvence; TF_R – respirační tepová frekvence; VO_2 – spotřeba kyslíku; VCO_2 – výdej oxidu uhličitého; R – respirační kvocient (poměr vydýchaného oxidu uhličitého a přijatého kyslíku).

Průměrné hodnoty anaerobní kapacity zjištěné WG testem, udávané v kilo joulech nebo v joulech na kilogram tělesné hmotnosti, jsou $28,45 \pm 1,9 \text{ kJ}$ a $340,93 \pm 16,23 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$. Další popisné statistiky nám prezentuje tabulka 7.

Tabulka 7. Základní popisné charakteristiky – proměnné z Wingate testu.

	N platných	Průměr	Minimum	Maximum
Zatížení (W)	12	$502 \pm 39,96$	451,00	576,00
Pmax (W)	12	$1247,66 \pm 94,71$	1095,00	1364,00
Pmin (W)	12	$684,03 \pm 33,99$	617,10	722,40
IÚ (%)	12	$44,93 \pm 4,34$	36,30	51,10
LA (mmol/l)	12	$12,14 \pm 1,58$	8,10	14,30
AnC (kJ)	12	$28,45 \pm 1,9$	26,00	31,00
AnC ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$)	12	$340,93 \pm 16,23$	312,50	360,70

Vysvětlivky: N – počet účastníků; SD – směrodatná odchylka; Zatížení ve wattech; Pmax (W) – maximální anaerobní 5-s výkon ve wattech; Pmin (W) – minimální 5-s výkon ve wattech; IÚ – index únavy (Pmax minus Pmin ve wattech respektive v %); LA (mmol/l) – koncentrace laktátu v kapilární krvi v milimolech na litr krve; AnC (kJ) – absolutní anaerobní kapacita (celková práce za 30s vyjádřená v kJ); AnC ($J \cdot kg^{-1}$) – relativní anaerobní kapacita vyjádřená v Joulech na kilogram hmotnosti.

Z tělesného složení můžeme z tabulky 7 vyčíst, že výrazněji zvýšené hodnoty nad doporučenou úroveň 12 % tuku vykazuje pouze hráč 3. Nižší úroveň aktivní či tukuprosté hmoty ATH pod doporučovanou úroveň 70 kg nevykazuje žádný hráč.

Úroveň explozivních rychlostně silových schopností, tedy absolutní maximální anaerobní výkon (Pmax) je dalším ukazatelem. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u hráče 2, většina probandů vykazuje dobré hodnoty okolo 1200 – 1300 W, nejnižší úroveň zaznamenal hráč 5 – viz tabulka 7.

Únava při anaerobní práci, v tabulce 7 označená jako index únavy (IÚ). Nejnižší míru únavy zaznamenali zpravidla kondičně slabší hráči s výrazně nízkým startem a celkově slabší prací v testu nebo hráči s průměrnou či dobrou silovou vytrvalostí, ale slabší výbušností (Heller & Vodička, 2012). Nejnižší IÚ dosáhl hráč 11. Nízký IÚ dosáhl i kondičně dobrý hráč 5, ale většina kondičně dobrých hráčů měla index únavy nad 40 %, nejvyšší hodnotu (51,1 %) dosáhl hráč 2.

Odezva v koncentraci laktátu by měla odpovídat vykonané práci v testu. Například hráč 1 a hráč 2 dosahují při velmi dobrých výsledcích v testu přiměřenou vyšší laktátovou acidózu, ale např. hráč 9 vykazuje při vysoké práci v testu jen nižší tj. ekonomičtější laktátovou acidózu. Nižší hodnoty koncentrace laktátu naznačují možné rezervy v provedení testu. Naopak neúměrně vysoká laktátová acidóza při průměrné či slabší práci by naznačovala vysoké úsilí, ale slabší trénovanost (např. u hráčů s vysokou tělesnou hmotností) (Heller & Vodička, 2012).

Anaerobní silová vytrvalost – anaerobní kapacita v relativním vyjádření. Vysoce nadprůměrná úroveň (nad $370 J \cdot kg^{-1}$) nebyla zjištěna u žádného z vyšetřovaných hráčů, výbornou úroveň dosáhl hráč 2, další dva dosáhli velmi dobré hodnoty nad $350 J \cdot kg^{-1}$, pět testovaných hráčů zaznamenalo $340 J \cdot kg^{-1}$ a více, zbylí vykazují slabší hodnoty pod $340 J \cdot kg^{-1}$, nejnižší hráč 3.

Co se týče anaerobní kapacity v absolutním vyjádření, tak nejvyšší hodnoty dosáhl hráč 12 a nejnižší hodnotu hráč 11.

Tabulka 8. Výsledné proměnné z anaerobního Wingate testu.

	Tuk (%)	ATH (kg)	Zatížení (W)	P _{max} (W)	P _{min} (W)	IÚ (%)	LA (mmol/l)	AnC (kJ)	AnC (J·kg ⁻¹)
Hráč 1	5,1	73,1	463	1206	708	41,3	13,2	27,00	350,50
Hráč 2	9	76,5	505	1364	667,6	51,1	14,3	30,30	360,70
Hráč 3	21,7	75,1	576	1330	714,9	46,2	12,1	30,00	312,50
Hráč 4	8,9	78,3	516	1261	679,4	46,1	13	29,90	348,10
Hráč 5	6,5	70,8	454	1095	666,8	39,1	12,9	26,10	345,00
Hráč 6	11,5	75,8	514	1206	617,1	48,8	11,3	27,10	317,00
Hráč 7	10,5	71,8	481	1229	638	48,1	12,5	27,80	347,00
Hráč 8	7,5	78,6	510	1338	699,2	47,8	13,2	29,70	349,00
Hráč 9	7,3	77,9	505	1326	722,4	45,5	12,6	30,20	359,60
Hráč 10	6,3	70,5	451	1152	665,2	42,2	11,7	26,30	349,50
Hráč 11	12	70,5	481	1116	710,9	36,3	10,8	26,00	324,60
Hráč 12	10,2	85	568	1349	718,9	46,7	8,1	31,00	327,70

Vysvětlivky: Tuk – procentuální zastoupení tukové složky; % - procento; ATH – aktivní tělesná hmota (tukuprostá hmota); kg – kilogram; W – watt; P_{max} – maximální anaerobní pěti sekundový výkon; P_{min} – minimální pěti sekundový výkon; IÚ – index únavy; LA – laktát; mmol/l – milimol na litr krve; AnC – anaerobní kapacita; kJ – kilojoul; J·kg⁻¹ – joul na kilogram hmotnosti.

5.2 Specifický únavový protokol

„Total time“ (TT) je suma všech deseti pokusů jako indikátor pro RSA. Většina hráčů se v součtu všech deseti časů zlepšila oproti prvnímu měření. „Sprint decrement“ (Sdec) je index únavy a uvádí se v procentech. Hráči podstoupili po prvotním seznámení se s průběhem testu 10 úseků činnosti maximální intenzity a vzešla z toho průměrná hodnota indexu únavy $5,41 \pm 1,72$ %. Podle těchto údajů jsem očekával, že při druhém měření bude index únavy relativně stejný, ne-li vyšší. Opak byl pravdou a z druhého měření vyšla průměrná hodnota indexu únavy $4,71 \pm 1,30$ %. I přesto, že probandi byli před druhým měřením instruováni, aby se snažili absolvovat každý úsek v maximálním úsilí, tak se hráči zřejmě podvědomě snažili střídat síly pro všech 10

sprintů. Musíme vzít v úvahu také skutečnost, že testování absolvovali podruhé a věděli, jak bude probíhat, tudíž se projevil efekt učení.

Tabulka 9. Popisné charakteristiky vybraných proměnných únavového protokolu

	N platných	průměr ± SD	minimum	maximum
TT₁(s)	12	122,63 ± 3,75	118,03	127,18
TT₂(s)	12	121,66 ± 3,1	117,18	125,54
S_{dec1}(%)	12	5,07 ± 1,41	2,99	6,82
S_{dec2}(%)	12	4,63 ± 0,86	3,28	5,76

Vysvětlivky: TT₁ – suma všech deseti sprintů v prvním měření; TT₂ suma všech měření v druhém pokusu; S_{dec1} – index únavy v prvním měření; S_{dec2} – index únavy v druhém měření; s – sekunda; % - procento; N – počet zúčastněných probandů; SD – směrodatná odchylka

5.3 Korelace vybraných testů

Pomocí Spearmanova korelačního koeficientu jsme zjišťovali vzájemné souvislosti mezi vybranými proměnnými provedených testů. Nashromážděná data jsme podrobili analýze a roztřídili dle pásem síly asociace korelačního koeficientu.

Tabulka 10. Síla asociací pro hodnotu „Total time“ (TT₁).

	Žádná či triviální (<0,1)	Malá (0,1 - 0,3)	Střední (0,3 - 0,7)	Velká (0,7 - 1,0)
Hmotnost (kg)			0,388	
Výška (m)		0,267		
Post	-0,073			
Tuk (%)			-0,326	
ATH (kg)			0,567	
Zatížení (W)			0,367	
Pmax (W)			0,351	
Pmin (W)	0,025			
IÚ (%)			0,559	
LA (mmol/l)			0,568	
VO₂max		-0,161		
BMI		0,126		
TFklid		-0,168		
TFmax			-0,427	
TF_R	0,077			

VO₂/l				0,732
VCO₂/l			0,609	
R			0,666	
AnC (kJ)			-0,364	
AnC (J·kg⁻¹)		0,130		

Vysvětlivky: Čím vyšší je hodnota koeficientů, tím silnější je vztah mezi proměnnými. Kladné koeficienty znamenají pozitivní asociaci, záporné koeficienty negativní asociaci. Znaménko ale neříká nic o síle vztahu, o té vypovídá absolutní hodnota koeficientu. Hodnota 1 má význam existence perfektního vztahu.

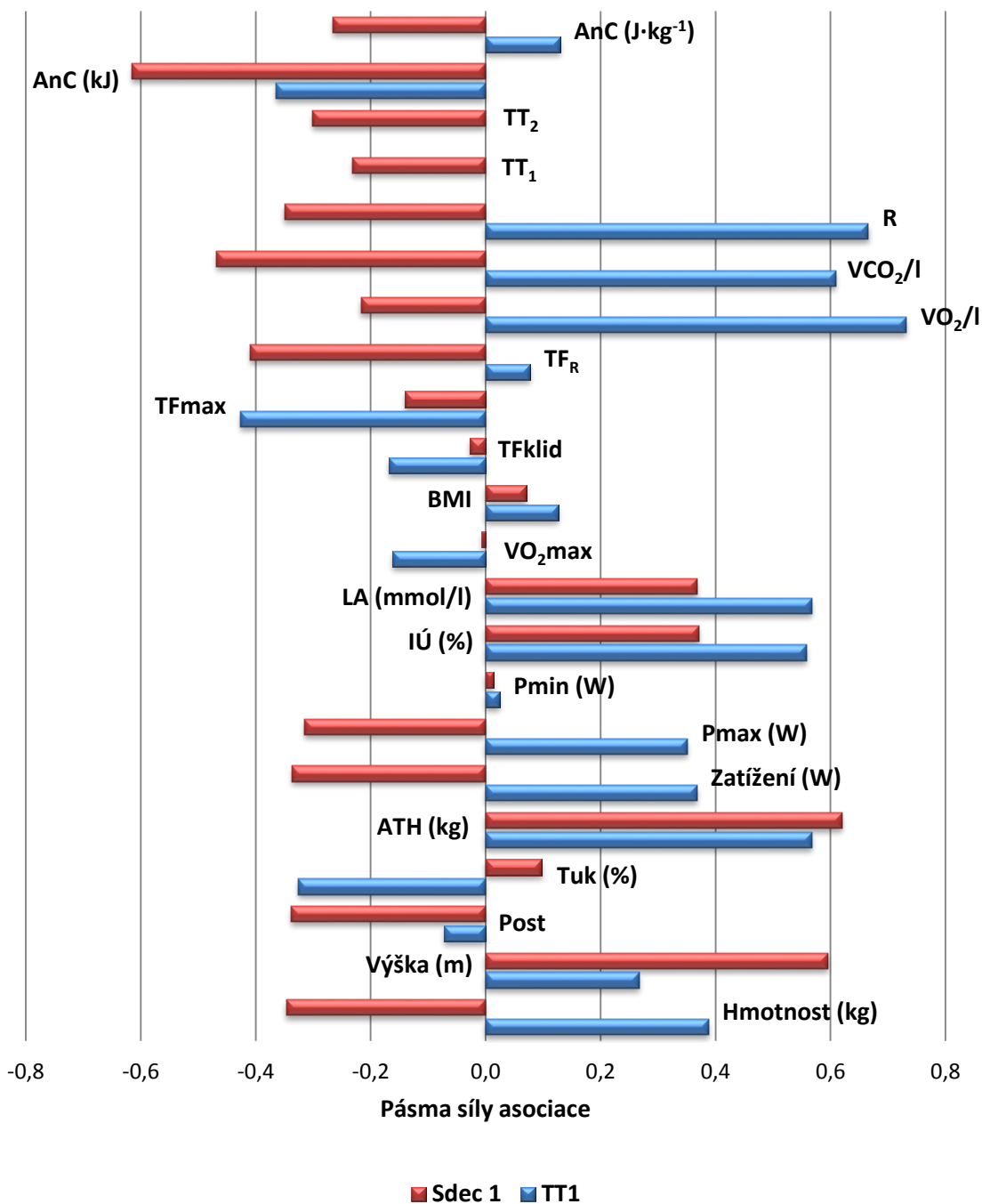
Z tabulky 10 můžeme vyčíst, že herní post, minimální pěti-sekundový výkon a srdeční frekvence na hranici respiračního prahu nemají téměř žádný vztah s proměnnou TT₁. Malé pozitivní asociace můžeme sledovat u proměnných tělesná výška, body mass index (BMI), „sprint decrement“ (Sdec₂) a anaerobní kapacita vyjádřená v joulech na kilogram tělesné hmotnosti. Malou negativní asociaci vidíme u maximální aerobní kapacity, klidové tepové frekvence a Sdec₁. (Při pozitivní asociaci se jedná o těsnost vztahu s přímou úměrou, při negativní asociaci s nepřímou úměrou. Například byla zjištěna malá pozitivní asociace mezi tělesnou výškou a TT₁, takže bychom mohli říct, že čím vyšší hráč, tím lepší celkový čas (TT₁). Tato korelace je ale velmi nízká, a tak výška nemá v podstatě žádný vliv na výsledek na rozdíl od hmotnosti. U negativní asociace je tomu přesně naopak). Střední pozitivní síla asociace byla zjištěna u tělesné hmotnosti, aktivní tělesné hmotnosti (ATH), zatížení, maximálního pěti-sekundového výkonu, indexu únavy (IÚ), hladiny laktátu (LA), respiračního kvocientu (R) a výdeje oxidu uhličitého (VCO₂). Přičemž zajímavých a statisticky významných výsledků bylo dosaženo u ATH, IÚ, LA, R, VCO₂. Střední negativní asociace byla u procenta tělesného tuku, maximální srdeční frekvence a absolutní anaerobní kapacity. Velká pozitivní síla asociace s proměnnou TT₁ byla zjištěna pro spotřebu kyslíku (VO₂).

Tabulka 11. Síla asociací pro hodnotu „Sprint decrement“ (S_{dec1}).

	Žádná či triviální ($<0,1$)	Malá ($0,1 - 0,3$)	Střední ($0,3 - 0,7$)	Velká ($0,7 - 1,0$)
Hmotnost (kg)			-0,347	
Výška (m)			0,595	
Post			-0,338	
Tuk (%)	0,098			
ATH (kg)			0,620	
Zatížení (W)			-0,337	
Pmax (W)			-0,315	
Pmin (W)	0,014			
IÚ (%)			0,371	
LA (mmol/l)			0,368	
VO ₂ max	-0,007			
BMI	0,070			
TFklid	-0,028			
TFmax		-0,140		
TF _R			-0,410	
VO ₂ /l		-0,217		
VCO ₂ /l			-0,469	
R			-0,350	
AnC (kJ)			-0,615	
AnC (J·kg ⁻¹)		-0,266		

Následující tabulka 11 nám ukazuje téměř žádnou asociaci zastoupení tukové složky, minimálního pěti-sekundového výkonu, maximální aerobní kapacity, BMI a klidové tepové frekvence s proměnnou S_{dec1} („sprint decrement“ – úbytek ve sprintu nazvaný v únavovém protokolu jako index únavy). Malou negativní asociaci vidíme u proměnných – maximální srdeční frekvence, spotřeba kyslíku (VO₂/l), TT1 a relativní anaerobní kapacita. Střední, pozitivní síla asociace byla pouze v případě tělesná výška, ATH, IÚ a LA. Na druhou stranu větší množství proměnných zaznamenalo negativní asociaci ve středních hodnotách: tělesná hmotnost, post, zatížení, maximální pěti-sekundový výkon, tepová frekvence na úrovni respiračního kvocientu, výdej CO₂, respirační kvocient, TT₂ a absolutní anaerobní kapacita.

Grafické vyjádření asociací všech proměnných



Tento graf nám ukazuje pásma síly asociace všech sledovaných proměnných. Červený pruh v grafu ukazuje korelaci daných proměnných z aerobního a anaerobního testu s indexem únavy (Sdec₁) z RSA testu (únavový protokol). Modrý pruh v grafu vyznačuje, jak moc korelují vybrané proměnné s hodnotou součtu všech časů (TT₁) z únavového protokolu.

Jako důležité, statisticky významné jsme vybrali pouze proměnné, které dosahují korelačního koeficientu v pásmu buď velké, nebo střední asociace dosahující hranice mezi střední a velkou silou asociace. V podstatě jsou to koeficienty přesahující hodnotu 0,5, které jsou prezentovány v tabulce 11.

Tabulka 12. Signifikantní hodnoty.

	TT₁	Sdec₁
Výška (m)		0,60
ATH (kg)	0,57	0,62
IÚ (%)	0,56	
LA (mmol·l⁻¹)	0,57	
VO₂(l)	0,73	
VCO₂(l)	0,61	
R	0,67	
AnC (kJ)		-0,62

Vidíme, že s proměnnou TT₁ mají pozitivní, statisticky významnou korelaci všechny vybrané proměnné. Můžeme tedy říci, že pokud bude mít hráč větší zastoupení aktivní tělesné hmotnosti (tukuprosté hmoty), může být jeho součet všech časů (TT₁) lepší (menší). Čím bude sportovec odolnější vůči únavě, bude mít vyšší index únavy, je potom velmi pravděpodobné, že i TT₁ bude lepší. Hladina laktátu v krvi také významně ovlivňuje celkový součet časů. Dále jsme zjistili vysokou pozitivní sílu asociace u spotřeby kyslíku, což se jeví celkem logicky. Pokud budeme mít větší spotřebu kyslíku, tedy větší využití vdechnutého kyslíku pracujícími svaly, tím pomaleji se svaly unaví, a tím rychlejší budou jednotlivé sprinty a také jejich suma. Poměrně velká je i síla asociace mezi vydechaným oxidem uhličitým a TT₁. Významnou spjitost jsme našli i u poměru mezi objemem vydaného CO₂ a objemem spotřebovaného O₂ (R) s TT₁. Což vyplývá ze skutečností, že již zmíněné proměnné VCO₂ a VO₂ mají také signifikantní korelaci s TT₁.

Tělesná výška a aktivní tělesná hmotnost projevili pozitivní, statisticky významné korelace s proměnnou Sdec₁ (index únavy), která je indikátorem RSA. Což v praxi znamená, že vzrůstá-li tělesná výška nebo zastoupení tukuprosté hmoty, vzrůstá také index únavy a hráč se rychleji unaví. Absolutní anaerobní kapacita s proměnnou Sdec₁ koreluje negativně. Čím nižší je celková práce vykonaná za 30 s (vyjádřená

v kJ), tím vzrůstá S_{dec1} , avšak relativní anaerobní kapacita vyjádřená v joulech na kilogram tělesné hmotnosti nezaznamenala tak vysokou asociaci.

Studie Gharbi et al. (2015) poukazuje na negativní korelace mezi maximálním anaerobním člunkovým během s indexem únavy (FI) a celkovou dobou sprintů (TT) v RSA testu ($r = -0,65$; $r = -0,53$; $p < 0,05$) v tomto pořadí. Tito autoři nenašli žádný významný vztah mezi VO_2max (hlavním indikátorem aerobní kapacity) a TT z RSA testu. Ovšem zjistili, že VO_2max významně koreluje s FI ($r = -0,57$; $p < 0,05$). Bishop, Girard a Mendez-Villanueva (2011) prezentovali, že vyšší hodnota VO_2max je spojená se zvýšenou schopností odolávat únavě při opakovaných sprintech. Ale v naší práci jsme našli pouze malou asociaci maximální aerobní kapacity s proměnnou TT_1 a síla asociace mezi VO_2max a S_{dec1} je zanedbatelná. Gharbi et al. (2015) tedy konstatoval, že aerobní kapacita je důležitým faktorem, který ovlivňuje schopnost odolávat únavě v RSA cvičení. Nicméně my jsme takových výsledků nedosáhli pro VO_2max , ale dosáhli jsme vysoké korelace pro jiné ukazatele aerobní kapacity, a to výdej CO_2 , spotřeba O_2 a jejich poměr s proměnnou TT_1 . Ale žádný aerobní ukazatel nezaznamenal statisticky významnou spojitost s indexem únavy.

Různé studie prokázaly, že po provedení RSA testů, hráči dosahují vysoké hladiny krevního laktátu, což naznačuje zapojení anaerobního metabolismu (Caprino, Clarke & Delextad, 2012; Castagna et al., 2007; Glaister et al., 2010). V našem případě jsme zaznamenali významnou korelaci LA s TT_1 . Můžeme tedy říci, že hladina laktátu v krvi ovlivňuje sumu všech sprintů v RSA. Takže větší laktátová acidóza zvyšuje dobu provedení všech sprintů a naznačuje tak slabší trénovanost hráčů. Většinou se k řešení vztahů mezi schopností opakovaně provádět sprinty a anaerobní kapacitou používá Wingate test. Přesto mnoho výzkumníků prezentuje žádný, nebo nízký signifikantní vztah mezi indexy výkonnosti Wingate testu a RSA (Aziz & Teh, 2004; Meckel, Machnai & Eliakim, 2009). Jedním z důvodů této slabé korelace, je pravděpodobně problematická aplikace tohoto testu do intermitentních sportů (Meckel, Machnai & Eliakim, 2009; Dardouri, 2014).

6 ZÁVĚRY

Zjistili jsme významnou spojitost pouze pro tělesnou výšku, ATH, IÚ, LA, VO₂, VCO₂, R a absolutní AnC.

Zjistili jsme, že ukazatelé aerobní kapacity, konkrétně VO₂, VCO₂, R, prokázali velkou těsnost vztahu s proměnnou TT, ale ne s Sdec. Avšak hlavní ukazatel aerobní zdatnosti (VO₂max) zaznamenal pouze malou, a tedy nevýznamnou korelaci s oběma ukazateli specifického únavového protokolu.

Indikátory anaerobní kapacity (IÚ, LA) vykazují také s proměnnou TT velkou sílu asociace a AnC má velkou asociaci s Sdec. ATH má velkou asociaci s oběma proměnnými únavového protokolu. Můžeme tedy říci, že index únavy, hladina laktátu v krvi a množství tukuprosté hmoty může pozitivně ovlivnit jeden z indikátorů pro RSA.

Odhalování vztahu mezi aerobní či anaerobní kapacitou a indikátory pro RSA hokejistů umožňuje vhled do hráčských dispozic a hlubší poznání determinantů výkonu. Poskytuje také cenné informace pro trenéry a realizaci tréninkových jednotek v ledním hokeji. I když naše práce nezjistila významný vztah mezi hlavním indikátorem aerobní kapacity a indikátory pro RSA, studie Gharbi et al., (2015) a Bishop, Girard a Mendez-Villanueva (2011) tento vztah potvrzují a tím by mohly být inspirací k rozvoji aerobních zdatností pro zlepšení výkonu v ledním hokeji. Neméně důležité bude u hráčů redukovat unavitelnost, tedy osvojit si odolnost vůči únavě. Zjistili jsme, že čím větší je IÚ, tím delší dobu bude hráčům trvat provedení všech sprintů. I laktátová acidóza hraje v TT důležitou roli a poukazuje tak na trénovanost či netrénovanost jedince.

7 SOUHRN

Výkonnost v ledním hokeji je ovlivněna mnoha faktory. V této intermitentní povaze zatížení hraje velkou roli aerobní a anaerobní kapacita. Zabýval jsem se vztahem těchto indikátorů se specifickým únavovým protokolem vytvořeným v rámci bakalářské práce.

Hlavním cílem mé práce bylo zjistit těsnost vztahů mezi vybranými indikátory pro „repeated sprint ability“ (RSA) a pro aerobní a anaerobní výkonnost.

Výzkumu se zúčastnilo 12 hráčů ledního hokeje (průměrný věk $18,88 \pm 0,76$ let), z týmu HC ČSOB Pojišťovna Pardubice ($N = 12$). Všichni hráči podstoupili vstupní prohlídku v rámci hokejové připravenosti prostřednictvím spiroergonomického vyšetření W_{170} a anaerobního Wingate testu na bicyklovém ergometru. Dále se všichni hráči zúčastnili dobrovolně měření pro RSA, tedy schopnost hráče opakovat krátké činnosti maximální intenzity s co nejvyšším nasazením a co nejvíce krát, prostřednictvím specifického únavového protokolu.

Všichni hokejisté se zúčastnili vstupního vyšetření W_{170} na bicyklovém ergometru s monitoringem srdeční frekvence, zápisu zátěžové křivky EKG a analýzou vydechaných plynů k určení indexu maximální aerobní kapacity.

Dále hráči podstoupili anaerobní 30-s Wingate test na bicyklovém ergometru, který zaznamenával maximální a minimální pěti-sekundový anaerobní výkon, anaerobní kapacitu (práci vykonanou za 30 s), index únavy (pokles výkonu), vrcholovou koncentraci laktátu a koncovou hodnotu srdeční frekvence pro kontrolu „nasazení“ během testu.

Všichni účastníci také podstoupili dvě opakovaná měření specifického testu činnosti maximální intenzity v ledním hokeji. V průběhu testu měli na sobě kompletní hokejovou výstroj. Měření bylo prováděno pomocí časových elektronických bran a stopování odpočinku pomocí ručních stopek.

Z výsledků korelační analýzy je patrné, že indikátory aerobní i anaerobní kapacity mohou mít vliv na provádění opakované činnosti maximální intenzity, avšak hlavní indikátor aerobní kapacity neshledávám tak významným činitelem výkonu v ledním hokeji.

8 SUMMARY

Performance in ice hockey is influenced by many factors. In this intermittent nature of the load plays a large role aerobic and anaerobic capacity. I dealt with the relationship of these indicators with specific fatigue protocol created within the thesis.

The main aim of my work was to determine the closeness of relationships between selected indicators of "repeated sprint ability" (RSA), and for aerobic and anaerobic performance.

The research involved 12 ice hockey players (average age 18.88 ± 0.76 years), Team HC ČSOB Pojišťovna Pardubice (N = 12). All players underwent initial examination in the context of a ice hockey preparedness through spiroergonomic examination W_{170} and anaerobic Wingate test on a bicycle ergometer. Additionally, all players participated voluntarily measurements for RSA, the ability for players to repeat short maximal intensity activities with utmost dedication and as many times through a specific fatigue protocol.

All hockey players participated in the initial examination W_{170} on a bicycle ergometer with monitoring of heart rate, stress ECG registration and analysis of exhaled gases to determine the index of maximum aerobic capacity.

Furthermore, players complete anaerobic 30-s Wingate test on a bicycle ergometer, which recorded maximum and minimum five-second anaerobic power, anaerobic capacity (work performed for 30 s), fatigue index (drop in performance), peak lactate concentration and final value of heart rate for control "deployment" during the test.

All participants also complete two repeated measurements of the specific activity test of maximum intensity in ice hockey. During the test they were wearing full hockey equipment. Measurements were performed using electronic timing gates and stopping rests by handheld stopwatch.

The results of correlation analysis shows that the indicators of aerobic and anaerobic capacity may affect the implementation of repetitive activities maximum intensity, but the main indicator of aerobic capacity do not find significant factor performance in ice hockey.

9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Aguiar, M., Abrantes, C., Macas, V., Leite, N., Sampaio, J., & Ibanez, J. (2008). Effects of intermittent or continuous training on speed, jump and repeated-sprint ability in semi-professional soccer players. *The Open Sports Sciences Journal*, 1, 15–19.
- Alizadeh, R., Hovanloo, F., & Safania, A. M. (2010). The relationship between aerobic power and repeated sprint ability in young soccer players with different levels of VO₂max. *Journal of Physical Education and Sport*, 27, 86–92.
- Anonymous, (n.d.). *Fyziologie zátěže: zátěžové testy*. Retrieved 4. 3. 2016 from the World Wide Web: <http://ftk.upol.cz/menu/struktura-ftk/katedry-a-instituty/katedra-prirodnich-ved-v-kinantropologii/studium-a-vyuka/studijni-materialy>.
- Anonymous, (n.d.). *Fyziologie zátěže: Terénní testy a jednoduché funkční zkoušky*. Retrieved 4. 3. 2016 from the World Wide Web: <http://ftk.upol.cz/menu/struktura-ftk/katedry-a-instituty/katedra-prirodnich-ved-v-kinantropologii/studium-a-vyuka/studijni-materialy>.
- Anonymous, (n.d.). *Fyziologie zátěže: Laboratorní zátěžové testy – W170 a maximální zátěžové testy*. Retrieved 4. 3. 2016 from the World Wide Web: <http://ftk.upol.cz/menu/struktura-ftk/katedry-a-instituty/katedra-prirodnich-ved-v-kinantropologii/studium-a-vyuka/studijni-materialy>.
- Aziz, A. R., & Teh, K. C. (2004). Correlation between Tests of Running Repeated Sprint Ability and Anaerobic Capacity by Wingate Cycling in Multi-Sprint Sports Athletes. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 16(1), 14-22.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in elite football players. *Journal of Sport Sciences*, 24(7), 665-674.
- Basset, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70-84.
- Beneke, R., Pollmann, C., Bleif, I., Leithäuser, M. R., & Hütler, M. (2002). How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? *European Journal of Applied Physiology*, 87, 388-392.

- Bernaciková, M., Kapounková, K., & Novotný, J. (2010). *Fyziologie sportovních disciplín – Lední hokej*. Brno: Masarykova Univerzita, Fakulta sportovních studií.
- Bishop, D., Lawrence, S., & Spencer, M. (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(2), 199-209.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability – part II: Recommendations for Training. *Sports Medicine*, 41(9), 741-756.
- Buchheit, M., Lefebvre, B., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2011). Reliability, usefulness, and validity of the 30–15 intermittent ice test in young elite ice-hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1457–1464.
- Bukač, L. (2005). *Intelekt, učení dovedností a koučování v ledním hokeji*. Praha: Olympia.
- Burr, J.F., Jamnik, R.K., Baker, J., Macpherson, A., Gledhill, N., & McGuire, E.J. (2008). Relationship of physical fitness test results and hockey playing potential in elite-level ice hockey players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22, 1535-1543.
- Buzek, M. (2007). *Trenér fotbalu "A" UEFA licence - obecné kapitoly*. Praha: Olympia.
- Caprino, D., Clarke, N. D., & Delextrat, A. (2012). The effect of an official match on repeated sprint ability in junior basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 30(11), 1165-1173.
- Carey, D.G., Drake, M.M., Pliego, G.J., & Raymond, R.L. (2007). Do hockey players need aerobic fitness? Relation between $\dot{V}O_{2max}$ and fatigue during high intensity intermittent ice skating. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 963-966.
- Castagna, C., Manzi, V., D'Ottavio, S., Annino, G., Padua, E., & Bishop, D. (2007). Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1172-1176.
- Cox, M. H., Miles, D. S., Verde, T. J., & Rhodes, E. C. (1995). Applied Physiology of Ice Hockey. *Sports Medicine*, (19), 185-201.
- Čelikovský, S., Štěpnička, J., & Teplý, Z. (1967). *Empirické metody výzkumu v tělesné výchově*. Praha: Sportovní a turistické nakladatelství.

- Dardouri, W., Gharbi, Z., Selmi, M. A., Sassi, R. H., Moalla, W., Chamari, K., & Souissi, N. (2014). Reliability and validity of a new maximal anaerobic shuttle running test. *International Journal of Sports Medicine*, 35(4), 310-315.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G. A., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2115–2121.
- Demetrovič, E. (1988). *Encyklopedie tělesné kultury*. Praha: Olympia.
- Dobří, L. (1977). *Didaktika sportovních her*. Praha: SPN.
- Dobří, L., & Semiginovský, B. (1988). *Sportovní hry Výkon a trénink*. Praha: Olympia.
- Dorcher, J. J., Leetun, T. D., & Carter, R. J. (2008). Sport-specific assessment of lactate threshold and aerobic capacity throughout a collegiate hockey season. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 33, 1165-1171.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J. & Bunc, V. (2009). *Výkon A Trénink Ve Sportu*. Praha: Olympia.
- Gaitanos, G.C., Williams, L.H., Boobis, L. H., & Brooks S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75, 712-9.
- Gharbi, Z., Dardouri, W., Haj-Sassi, R., Chamari, K., & Souissi, N. (2015). Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. *Biology of Sport*, 32(3), 207-212.
- Gilder, K. A., & Grogan, J. (1993). Prevention of Ice Hockey Injuries by Strength and Conditioning. *Safety in Ice Hockey: Second Volume, ASTM STP 1212*, In: Castaldi, C. R., Bishop, P. J., & Hoerner, E. F. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 56-68.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability – part I: Factors contributing to fatigue. *Sports Medicine*, 41, 673–694.
- Glaister, M., Hauck, H., Abraham, C. S., Merry, K. L., Beaver, D., Woods, B., & McInnes, G. (2009). Familiarization, reliability, and comparability of a 40 m maximal shuttle run test. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 77–82.
- Glaister, M., Witmer, C., Clarke, D. W., Guers, J. J., Heller, J. L., & Moir, G. L. (2010). Familiarization, reliability, and evaluation of a multiple sprint running test

- using self-selected recovery periods. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3296-3301.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Green, H. J., Bishop, P., Houston, M., McKillop, R., Norman, R., & Stothart, P. (1976). Time-motion and physiological assessments of ice hockey performance. *Journal of Applied Physiology*, 40(2), 159-163.
- Green, H. J., Thompson, J. A., & Daub, W. D. (1979). Fiber composition, fiber size and enzyme activities in vastus lateralis of elite athletes involved in high intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 41(1), 109 - 117.
- Heller, J., & Vodička, P. (2012). *Výsledky anaerobního Wingate testu u juniorů HC Pardubice*. Tělovýchovné lékařské oddělení, Pardubice.
- Hendl, J. (2006). *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.
- Hoff, J., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2005). Strength and endurance differences between elite and junior elite ice hockey players. The importance of allometric scaling. *International Journal of Sports Medicine*, 26(7), 537-541.
- Hůlka, K. (2012). *Empirické údaje o výkonu basketbalisty v utkání jako základ plánování tréninkového procesu*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Hůlka, K., Bělka, J., Cuberek, R., & Schneider, O. (2014). Reliability of specific on-ice repeated-sprint ability test for ice-hockey players. *Acta Gymnica*, 44(2), 69-75.
- Chráška, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu*. Praha: Grada.
- Kazda, D. (2010). *Testování výkonnosti hráčů ledního hokeje*. Diplomová práce, Masarykova Univerzita, Fakulta sportovních studií, Brno.
- Koepp, K. K., & Janot, J. M. (2008). A comparison of VO₂max and metabolic variables between treadmill running and treadmill skating. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 1-6.
- Kostka, V., Bukač, L., & Šafařík, V. (1986). *Lední hokej: Teorie a didaktika*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

- Leger, L., Seliger, V., & Brassard, L. (1979). Comparisons among VO_2 max values for hockey players and runners. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 4, 18–21.
- Léger, L. A., Seliger, V., & Brassard, L. (1980). Backward extrapolation of VO_2 max values from the O_2 recovery curve. *Medicine Science of Sports Exercise*, 12(1), 7-24.
- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund, M., Smékal, D., Šťastný, P., Malý, T., Háp, P., Bělka, J., & Neuls, F. (2014). *Kondiční trénink*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Lienert, G. A. (1969). *Testaufbau und Testanalyse*. Berlin, Basel, Beltz: Weinheim(/Bergstr.).
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Meckel, Y., Gottlieb, R., & Eliakim, A. (2009). Repeated sprint tests in young basketball players at different game stages. *European Journal of Applied Physiology*, 107, 273–279.
- Meckel, Y., Machnai, O., & Eliakim, A. (2009). Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 163-169.
- Měkota, K., & Blahuš, P. (1983). *Motoristické testy v tělesné výchově*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Měkota, K., & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti - činnosti - výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Montgomery, D. L. (1988). Physiology of ice hockey. *Sports Medicine*, 5(2), 99-126.
- Montgomery, D.L. (2006). Physiological profile of professional hockey players – a longitudinal study. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 31, 181-185.
- Neuls, F., Svozil, Z., Viktorjeník, D., & Dub, J. (2013). *Plavání*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury.
- Noonan, B. C. (2010). Ingame Blood-Lactate Values During Ice Hockey and Their Relationships to Commonly Used Hockey Testing Protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2290-2295.
- Nykodým, J. (2006). *Teorie a didaktika sportovních her*. Brno: Masarykova univerzita.

- Nykodým, J., Cacek, J., Grasgruber, P., Bubníková, H., & Korvas, P. (2010). *Kondiční příprava v ledním hokeji*. Brno: Masarykova univerzita.
- Oliver, J. L., Williams, C. A., & Armstrong, N. (2006). Reliability of a field and laboratory test of repeated sprint ability. *Pediatric Exercise Science*, 18, 339–350.
- Oliver, J. L. (2009). Is a fatigue index a worthwhile measure of repeated sprint ability? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 20–23.
- Patterson, D. (1979). Respiratory and Cardiovascular Aspects of Intermittent Exercise with regards to Ice Hockey. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 4(1), 43–45.
- Pavliš, Z., Perič, T., Heller, J., Janák, V., Jansa, P., & Čáslavová, E. (1995). *Školení trenérů ledního hokeje*. Praha: Český svaz ledního hokeje.
- Pavliš, Z. (1994). *Trenérské listy (1)*. Pardubice: Hokej-Press.
- Pavliš, Z., & Perič, T. (1995). *Trenérské listy (6)*. Pardubice: Hokej-Press.
- Piira, O., Huikuri, H. V., & Tulppo, M. P. (2011). Effects of emotional excitement on heart rate and blood pressure dynamics in patients with coronary artery disease. *Autonomic Neuroscience*, 160(1-2), 107–114.
- Power, A., Faught, B. E., Przysucha, E., McPherson, M. & Montelpare, W. (2012). Establishing the Test–Retest Reliability & Concurrent Validity for the Repeat Ice Skating Test (RIST) in Adolescent Male Ice Hockey Players. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 16, 69–80,
- Přidalová, M., & Riegrová, J. (2002). *Funkční anatomie I*. Olomouc: Hanex.
- Psotta, R., Blahuš, P., Cochrane, D. J., & Martin, A. J. (2005). The assessment of an intermittent high intensity running test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45, 248–256.
- Psotta, R., Bunc, V., Hendl, J., Tenney, D., & Heller, J. (2011). Is repeated-sprint ability of soccer players predictable from field-based or laboratory physiological tests? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51, 18–25.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari, D., Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, (28), 228 - 235.

- Ransdell, L.B., & Murray, T. A. (2011). Physical profile of elite female ice hockey players from the USA. *Journal of Strength & Conditioning Research*; (25), 2358-2363.
- Reed, A., Hansen, H., Cotton, C., Gauthier, R., Jette, M., Thoden, J., & Wenger, H. (1979). Development and validation of an on-ice hockey fitness test. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 4, 245–252.
- Roczniok, R., Maszczyk, A., Stanula, A., Czuba, M., Pietraszewski, P., Kantyka, J., & Starzyński, M. (2013). Physiological and physical profiles and on-ice performance approach to predict talent in male youth ice hockey players during draft to hockey team. *Isokinet Exerc Sci*, 21(2), 121-127
- Roi, G. (1994). *Trenérské listy (4)*. Pardubice: Hokej-Pres.
- Schneider, O. (2013). *Konstrukce a ověření specifického únavového protokolu u ledního hokeje*. Diplomová práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultur, Olomouc.
- Sharkey, B. J. (1986). *Coaches guide to sport physiology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities - Specific to field-based team sports. *Sports Medicine*, 35(12), 1025-1044.
- Stanula, A., Roczniok, R., Maszczyk, A., Pietraszewski, P., & Zajac, A. (2014). The role of aerobic capacity in high intensity intermittent efforts in ice hockey. *Biology of Sport*, 31(3), 193-199.
- Stanula, A., & Roczniok, R. (2014). Game Intensity Analysis of Elite Adolescent Ice Hockey Players. *Journal of Human Kinetics*, 44, 211-222.
- Stejskal, P. (1994). *Fyziologie zátěže: CHR test*. Retrieved 4. 3. 2016 from the World Wide Web: <http://ftk.upol.cz/menu/struktura-ftk/katedry-a-instituty/katedra-prirodnich-ved-v-kinantropologii/studium-a-vyuka/studijni-materialy>.
- Twist, P., & Rhodes, T. (1993). A Physiological Analysis of Ice Hockey Positions. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 15(6), 44-46.
- Wilson, K., Snyder, G., Game, A., Quinney, A., & Bell, G. (2010). The development and reliability of a repeated anaerobic cycling test in female ice hockey players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 580-584.

Wragg, C. B., Maxwell, N. S., & Doust, J. H. (2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific fieldtest of repeated sprint ability. *European Journal of Applied Physiology*, 83, 77–83.