

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Josef Martího 31, 162 52 Praha 6 - Veleslavín

Autoreferát disertační práce

VLIV AKTIVNÍHO ZOTAVENÍ A HYDROTHERAPIE NA OPAKOVANÝ
KRÁTKODOBÝ A STŘEDNĚDOBÝ SVALOVÝ VÝKON

Mgr. Barbora Strejcová

Vědní obor: Kinantropologie

Školící pracoviště: Katedra sportovních her

Školitel: Doc. PhDr. Vladimír Süß, Ph.D.

Místo konání výzkumu: Laboratoř sportovní motoriky

Vedoucí laboratoře: Prof. Ing. Václav Bunc, Csc.

Práce byla podpořena:

Studie vznikla s podporou VZ MŠMT ČR MSM 0021620864

ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Při snaze o zvyšování celkové výkonnosti sportovce je stále aktuální otázkou zotavení a jeho aplikace v tréninkovém procesu. Hledají se nové druhy zotavení k urychlení a zkvalitnění zotavných procesů organismu jako celku nebo jeho částí. Zatížení v mnoha sportovních výkonech je intermitentního nebo opakovaného charakteru. Výběr zotavení a oddálení únavy může výrazně ovlivnit udržení výkonu při tomto typu zatížení. Mnoho sportovců se spolehá na aktivní odpočinek, ponory do studené a teplé vody, přikládání ledu, různé typy masáží, elektrostimulace, vibrace, ad. Avšak současný výzkum účinků zotavných procedur na lidský organismus je rozporuplný. Nejsou zcela popsána fyziologická zdůvodnění. Vliv na následující výkon je stále nejednoznačný. Fyziologické změny vyvolávající únavu jsou podmíněny typem a intenzitou zatížení, trénovaností sportovce, odstupem aplikace zotavení od předchozího zatížení, výživou, psychickým stavem, a dalšími okolnostmi. Nástup únavy je chápán jako komplexní proces, který zahrnuje jak psychické tak fyziologické mechanismy. Tyto mechanismy je od sebe obtížné oddělit.

Z důvodu aplikace naší studie do praxe, jsme si vybrali elementární pohyb dolních končetin, který se nachází téměř ve všech sportovních činnostech (běh, kopy, odrazy, plavání, cyklistika, lyžování). Různé druhy zotavení pak můžeme využít ve sportech, kde je zatížení intermitentního charakteru a sportovec musí podávat opakovaný maximální výkon někdy i po krátké době odpočinku (skok do výšky, skok o tyči, lední hokej, házená, ad.). Proto bychom chtěli objasnit vliv různých druhů zotavení (ledování, aktivní zotavení, studená voda) na opakovaný krátkodobý a střednědobý svalový výkon a současně popsat subjektivní pocity při dvou typech zátěže po aplikaci vybraných zotavných procesů.

SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Vliv zmíněných druhů zotavení na svalový výkon není jednoznačný, nebyl vždy prokázán jejich prospěšný efekt. Důvodem mohla být nejednotnost experimentálních plánů, výzkumných souborů, vybrané zátěže a doba zotavení a rozsah působení. I přes použití zotavných procedur, které vyžadují čas a někdy i mnoho vynaložených financí, není zaručen žádoucí výsledek.

Z přehledu literatury a z vlastních zkušeností se zdá, že právě ledování a studená voda současně s aktivním zotavením působí na urychlení zotavných procesů k odstranění únavy. Podle intenzity a doby trvání zátěže dělíme svalový výkon na krátkodobý, střednědobý a

dlouhodobý. Každá svalová zátěž je doprovázena únavou, která negativně působí centrálně nebo lokálně na další pohybovou činnost.

Po krátkodobé zátěži většinou maximální intenzity se k odstranění únavy používají ledové zábaly. Po střednědobé zátěži se doporučuje použít aktivní druh zotavení nebo různé druhy hydroterapií. Po dlouhodobé zátěži je nepoužívanější pasivní druh zotavení.

K odstranění lokální únavy se používá nejvíce ledových zábalů. Ledování se aplikuje ve formě ledových sáčků o teplotě od -12°C až 0°C , které jsou přikládány na zatěžovanou končetinu nebo ve formě ledové vody o teplotě $0-5^{\circ}\text{C}$. Doba ponoru do ledové vody a přikládání ledových zábalů se doporučuje od 20 s do 30 s.

Teplota studené vody se doporučuje od $2-15^{\circ}\text{C}$, kdy je do vody ponořeno celé tělo až po krk nebo jen zatěžované končetiny. Doba trvání aplikace studené vody je doporučována na 0,5 až 5 min, kdy je třeba prokládat studenou vodu přestávkami o trvání minimálně 2 min, aby nedošlo k zastavení procesu zotavení. Často je studená voda prokládána teplou o teplotě $37-43^{\circ}\text{C}$. Teplá voda je střídána po stejné době se studenou vodou.

Aktivní druh zotavení je nejčastěji vykonáván na bicyklovém ergometru o intenzitě zatížení 35-130 % VO_2max nebo také v intervalu 50-65 % maxima SF. Doba trvání aktivního zotavení by se měla pohybovat od 7,5-40 min. Chůze byla aplikována méně často, její intenzita se pohybovala v rozmezí 50-65 % maxima SF a doba trvání chůze byla stanovena na 10-15 min.

Pasivní zotavení slouží jako nejjednodušší druh zotavení, se kterým porovnáváme jiné druhy zotavných procedur. Nejčastěji je aplikován v poloze vsedě nebo vleže bez doprovodných činností. Doba trvání pasivního odpočinku bývá uváděna nejméně 40 s až 15 min.

Shrnutím přehledu poznatků o zotavných procedurách je možné formulovat několik otázek, na které budeme hledat odpovědi.

- Jak velké budou změny u opakovaného krátkodobého svalového výkonu vlivem ledování?
- Jak dlouho a v jakém rozsahu musí být přiložen ledový zábal, aby došlo k minimálním změnám krátkodobého svalového výkonu?
- Jak velké změny střednědobého svalového výkonu můžeme očekávat po aplikaci aktivního odpočinku a studené vody?
- Jak dlouho musí být aplikován aktivní odpočinek a v jaké intenzitě, aby došlo k

minimálním změnám střednědobého svalového výkonu?

- Jak dlouho musí působit studená voda a jaká musí být její teplota, aby nedošlo ke změnám opakovaného střednědobého svalového výkonu?

Odpovědět na uvedené otázky je důležité pro potřeby sportovního tréninku u sportů, jejichž sportovní výkon je založen na opakovaných krátkodobých a střednědobých výkonech.

CÍLE, HYPOTÉZY A ÚKOLY

Cíle:

Cílem studie bylo porovnat vliv dvou druhů zotavení (ledování, pasivní zotavení) na opakovaný krátkodobý svalový výkon a vliv tří druhů zotavení (aktivní zotavení, studená voda, pasivní zotavení) na opakovaný střednědobý svalový výkon extenzorů a flexorů kolenního kloubu.

Hypotézy:

1. Ledování nebude mít vliv na opakovaný krátkodobý svalový výkon v porovnání s pasivním zotavením.
2. Po aktivním zotavení a studené vodě nedojde k významnému poklesu opakovaného střednědobého svalového výkonu v porovnání s pasivním zotavením.

Úkoly:

1. Rešerše literatury a příprava protokolu na měření krátkodobého a střednědobého svalového výkonu při extenzi a flexi v kolenním kloubu.
2. Určení reliability měření svalového výkonu extenzorů a flexorů kolenního kloubu na izokinetickém dynamometru.
3. Měření opakovaného krátkodobého svalového výkonu po ledování a po pasivním zotavení.
4. Měření opakovaného střednědobého svalového výkonu po pasivním, aktivním zotavení a po hydroterapii ve studené vodě.
5. Zpracování a vyhodnocení výsledků.

METODIKA

Tento projekt je empirickým výzkumem a skládá se ze dvou na sebe navazujících částí.

- Reliabilita měření - určení reliability měření pomocí vnitrotřídního koeficientu reliability (ICC) izokinetické síly (maximální moment síly, celková práce a průměrný výkon) v kolenním kloubu na izokinetickém dynamometru Cybex Humac Norm, určení střední chyby měření jako hodnotitele věcné významnosti.
- Hlavní část výzkumu- vliv různých druhů zotavení (ledování, pasivní zotavení) na krátkodobý izokinetický výkon, vliv aplikace studené vody, aktivního a pasivního zotavení na střednědobý výkon, krátkodobý a střednědobý výkon určen maximálním momentem síly, celkovou prací, průměrným výkonem, měření SF v průběhu měření.

RELIABILITA MĚŘENÍ

Jedním z úkolů bylo určit reliabilitu měření maximálního momentu síly (MMS), celkové práce (CP) a průměrného výkonu (PV) extenzorů a flexorů kolenního kloubu (KK) při izokinetické činnosti v úhlových rychlostech $45^{\circ} \cdot s^{-1}$ (5 sérií po 5 opakování) a při rychlosti $150^{\circ} \cdot s^{-1}$ (50 opakování) u skupiny trénovaných jedinců.

Metodika a výzkumný soubor

Jednalo se o stejnou skupinu jedinců jako v hlavní studii. Koeficient vnitrotřídní reliability (ICC) byl spočítán z naměřených hodnot prvního pokusu ze tří testovacích dnů. Velikost ICC byla určena pro extenzi a flexi KK a pro obě úhlové rychlosti pohybu a počtu opakování. Úhlové rychlosti byly vybrány na základě studie Pincivera a Campy (2004).

Střední chyby měření (SEM) byly zjištěny na základě znalosti ICC a směrodatné odchylky (SD) podle vzorce $SEM = SD \cdot \sqrt{1 - ICC}$.

Výsledky

V tabulce 1 jsou shrnuty hodnoty ICC a střední chyby měření (SEM) pro maximální moment síly, celkovou práci a průměrný výkon extenzorů a flexorů KK dominantní končetiny. Velikost ICC při $45^{\circ} \cdot s^{-1}$ se pohybovala v rozmezí 0,59-0,94 pro extenzi KK a pro flexi KK 0,54-0,58. Při rychlosti $150^{\circ} \cdot s^{-1}$ se ICC pro extenzi KK pohybovalo 0,86-0,90 a pro flexi 0,52-0,70. Nejnižší hodnoty ICC byly zjištěny při flexi KK (0,52-0,70) a také pro celkovou práci pro obě úhlové rychlosti (0,56-0,88).

Tabulka 1: Hodnoty vnitrotřídního korelačního koeficientu (ICC) jednotlivých charakteristik izokinetické síly extenzorů a flexorů kolenním kloubu (KK) při úhlových rychlostech 45°.s⁻¹ a 150°.s⁻¹

	ICC				SEM			
	Úhlová rychlost otáčení 45°.s ⁻¹ (5 opak.)		Úhlová rychlost otáčení 150°.s ⁻¹ (50 opak.)		Úhlová rychlost otáčení 45°.s ⁻¹ (5 opak.)		Úhlová rychlost otáčení 150°.s ⁻¹ (50 opak.)	
	Extenze	Flexe	Extenze	Flexe	Extenze	Flexe	Extenze	Flexe
MMS-D	0,94	0,54	0,90	0,52	9,7	21,3	8,6	10,2
CP-D	0,59	0,56	0,88	0,70	30,7	24,1	322,7	360,4
PV-D	0,92	0,58	0,86	0,66	6,0	10,2	16,4	16,9

* MMS-maximální moment síly, CP-celková práce, PV-průměrný výkon; SEM-střední chyba měření v absolutních hodnotách maximálního momentu síly (MMS) v Newton-metrech (N.m), celkové práce (CP) v Joulech (J), průměrného výkonu (PV) ve Watech (W) dominantní končetiny (D)

HLAVNÍ ČÁST VÝZKUMU

Výzkumný soubor

Soubor tvořilo 14 mužů (průměr ± směrodatná odchylka) ve věku 26,6±4,4 let, o tělesné výšce 1,80±0,06 m a tělesné hmotnost 74,6±5,2 kg (tuku 11,5±1,9 %, aktivní tělesné hmoty 65,9±4,5 kg; určeno bioimpedanční metodou podle Bunce (1995)). Jednalo se o studenty tělovýchovného směru na FTVS UK, kteří aktivně sportují. Žádný z testovaných neuvěděl skutečnosti, které by mohly ovlivnit průběh měření. Během posledních dvou let žádný ze studentů neutrpěl zranění nebo onemocnění dolních končetin. Žádný z testovaných nebyl kontraindikován pro aplikaci krátkodobé a střednědobé zátěže nebo aplikaci zotavných procesů.

Měření bylo provedeno pouze na dominantní končetině. Dvanáct ze 14 účastníků označilo pravou dolní končetinu jako dominantní.

Výzkum byl schválen etickou komisí FTVS UK a testovaní byli informováni o průběhu testování a svým podpisem dali souhlas k měření. Souhlas etické komise a vzor informovaného souhlasu je součástí příloh.

Experimentální plán

Naše výzkumná práce má kvantitativní charakter a podle Thomase, Nelsona (1996) a Trochima (2001) se jednalo o randomizovaný vnitroskupinový experiment s kříženým plánem. Každý jedinec tak byl ve skupině s experimentálními faktory (ledování, aktivní zotavení, studená voda) i ve skupině kontrolní (pasivní zotavení). Trochim (2001) tento způsob křížení nazývá Switching-Replications Design.

Vliv zotavení na krátkodobý a střednědobý svalový výkon byl zjišťován na základě dvou experimentálních designů. U opakovaného krátkodobého výkonu se jednalo o 5x2 (čas x zotavení) vnitroskupinový experiment. Pro případ střednědobého opakovaného výkonu se jednalo o 3x3 (čas x zotavení) vnitroskupinový experiment.

Závisle proměnnými byly silové ukazatele (maximální moment síly, celková práce, průměrný výkon), SF a Borgova škála jako ukazatel subjektivního vnímání námahy (RPE).

Tabulka 2 udává postup aplikace zotavení po krátkodobém výkonu, kde je popsán postup opakovaného měření a zotavení (ledování a pasivní zotavení). V tabulce 3 je popsán postup opakované měření střednědobého výkonu a aplikace tří druhů zotavení (pasivní zotavení, aktivní zotavení, studená voda).

Tabulka 2: Schéma postupu měření opakovaného krátkodobého výkonu, kde LED-ledování, PAS-pasivní zotavení, MMS-maximální moment síly, CP-celková práce, PV-průměrný výkon.

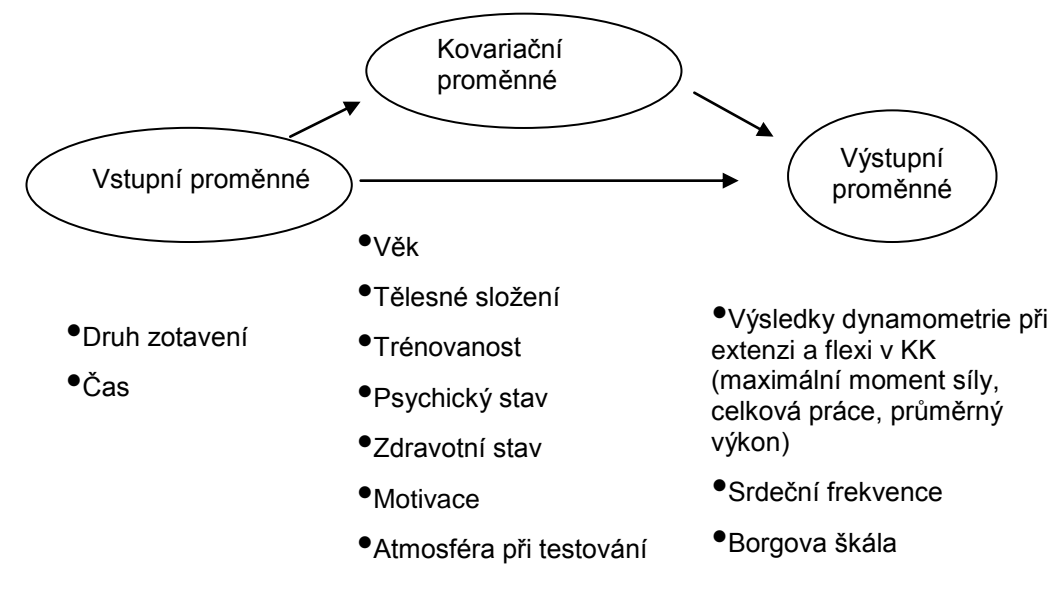
Krátkodobý výkon (MMS, CP, PV)		
Randomizace do skupin		
Křížený plán	1. skupina (n=7)	2. skupina (n=7)
1. den	LED	PAS
2. den	PAS	LED

Tabulka 3: Schéma postupu měření opakovaného střednědobého výkonu, kde AKT-aktivní zotavení, SV-studená voda, PAS-pasivní zotavení, MMS-maximální moment síly, CP-celková práce, PV-průměrný výkon.

Střednědobý výkon (MMS, CP, PV)			
Randomizace do skupin			
Křížený plán	1. skupina (n=5)	2. skupina (n=5)	3. skupina (n=4)
1. den	AKT	SV	PAS
2. den	PAS	AKT	SV
3. den	SV	PAS	AKT

Vstupní a výstupní proměnné, uvažované kovariační proměnné, které by mohly mít vliv na výsledky měření, uvádíme ve schématu 1. Nástup a trvání únavy jsou závislé na trénovanosti jedince a jeho adaptaci na zátěž. Výsledky mohou být dále ovlivněny vstupní úrovní silových schopností, oxidativního metabolismu a anaerobní kapacitou.

Schéma 1: Konkretizace vstupních, výstupních proměnných a uvažované kovariační proměnné, které by mohly mít vliv na výsledky



Měření svalového výkonu

Měření krátkodobého a střednědobého výkonu dominantní končetiny při koncentrické extenzi a flexi v kolenním kloubu bylo realizováno na izokinetickém dynamometru Cybex Humac Norm (Cybex NORM®, Humac, CA, USA).

Ve většině sportů je právě extenze a flexe v kolenním kloubu elementárním prvkem pohybu. Realizace měření byla provedena v konstantních laboratorních podmínkách.

Nastavení křesla a dynamometru bylo provedeno pro měření extenze a flexe v kolenním kloubu tak, aby příčná osa kolenního kloubu byla současně osou ramene dynamometru. Proto bylo křeslo otočeno o 40° od původní polohy, otočení dynamometru bylo také 40°. Dynamometr byl ve výšce 8 cm od základní polohy. Vzdálenost křesla od dynamometru byla 38-40 cm podle rozměrů testovaného. Křeslo bylo nastaveno podle charakteru testovaného a podle návodu, kdy byla zvednuta sedací část křesla a testovaný se držel po bocích madel. Pro stabilizaci těla a pánve byly použity pásy. Nastavení ramene dynamometru na měření síly v KK bylo závislé na konkrétní délce končetiny testovaného. Rozsah pohybu při měření KK byl přibližně 90°. Před každým měřením byla zvážena dolní končetina v plné extenzi a flexi ke korekci výstupů dynamometrie.

Zatěžovaná končetina byla upevněna nad kolenem popruhem k jeho stabilizaci. Nastavení křesla, dynamometru, adaptéru a rozsah pohybu byl zaznamenán softwarem

dynamometru. Sledované parametry u měření koncentrického krátkodobého a střednědobého svalového výkonu byly stejné (maximální moment síly, celková práce, průměrný výkon).

Během měření izokinetické síly docházelo k hlasité verbální motivaci a vizuální motivaci pomocí shlednutí svých okamžitých výsledků. Byl měřen vždy jeden testovaný. Celé měření bylo prováděno jedním výzkumníkem. Výsledky však mohou být ovlivěny aktuálním dispozičním stavem každého jednotlivce a různorodou aspirací k podávanému výkonu.

Rozcvičení

Rozcvičení před měřením probíhalo 15 min podle standardizovaného protokolu (5 min rozběhání na běhacím pásu, 5 min výskoky, odrazy a dřepy s výskokem, 5 min strečink). Před vlastním měřením izokinetické síly proběhlo zacvičení a zahřátí při stejné úhlové rychlosti jako samotný test, tj. $45^{\circ} \cdot s^{-1}$ a $150^{\circ} \cdot s^{-1}$ (Pincivero & Campy, 2004).

Aplikace zotavení během opakovaného krátkodobého výkonu

Měření krátkodobého výkonu při koncentrické extenzi a flexi v kolenním kloubu (KK) bylo realizováno na základě studie Baptisty, Sheerena et al. (2009), kteří zjišťovali velikost únavy při maximální izometrické a izokinetické koncentrické činnosti při extenzi a flexi KK. Pro zjištění krátkodobého výkonu byla nastavena úhlová rychlost na $45^{\circ} \cdot s^{-1}$ (5 opakování a 5 sérií) podle Pincivera et al. (1997). Celková doba 5 opakování byla 25-30 s, na kterou navazovalo 30s zotavení (ledování, pasivní zotavení) mezi sériemi. Pasivní zotavení probíhalo vsedě, kdy testovaný nesměl chodit ani se jinak hýbat.

Sáčky s ledem byly přikládány na stehenní sval po celém jeho obvodu. Další testovací den se skupiny vyměnily a absolvovaly opačný druh zotavení. Měření s opačným druhem zotavení proběhlo po 48 h, kdy je možné podat maximální krátkodobý výkon na stejné úrovni (Fleck & Kraemer, 1987).

Aplikace zotavení během opakovaného střednědobého výkonu

Měření střednědobého koncentrického výkonu při extenzi a flexi v kolenním kloubu bylo realizováno podle práce Pincivera a Campy (2004). Podle zmíněných autorů jsme třikrát v jeden den aplikovali zátěž definovanou konstantní úhlovou rychlostí $150^{\circ} \cdot s^{-1}$ (50 opakování) s dobou trvání 70-80 s.

Mezi měřeními bylo aplikováno pasivní zotavení u jedné skupiny, aktivní zotavení u druhé skupiny a ponor do studené vody u třetí skupiny. V dalším měření se skupiny vyměnily.

Celková doba mezi jednotlivými měřeními byla 15 ± 1 min, kdy část z této doby byla využita na přechod mezi stanovišti a nastavení křesla a dynamometru.

Pasivní zotavení probíhalo vsedě na křesle dynamometru po dobu 15 min při pokojové teplotě $22 \pm 1^\circ\text{C}$.

Jako aktivní zotavení jsme zařadili chůzi po dobu 10 min na běžeckém pásu o rychlosti $5,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a sklonu v závislosti dosažení SF na 60-65 % individuální SF_{max} . SF_{max} byla určena při stupňovaném zátěžovém testu na běhacím pásu do vita maxima. Jedinci dosáhli $\text{SF}_{\text{max}} 194 \pm 10 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$.

Při aplikaci studené vody byly dolní končetiny ponořeny po boky do vody o teplotě $13 \pm 1^\circ\text{C}$ s intervalem $3 \times 2,5$ min a mezi ponory byla 2min přestávka mimo vodu (Vaile, Halson, Gill, & Dawson, 2008). Teplota vody byla stanovena na základě práce Malkinsona et al. (1981).

Subjektivní hodnocení námahy (RPE)

Borgova škála byla vybrána z důvodu hodnocení maximálního úsilí jedince podat co největší možný výkon. Všem byly slovně vysvětleny stupně použité stupnice RPE (6-20) (Borg, 1998). Ihned po otestování byla jedinci předložena Borgova škála vnímané námahy, ze které měl určit bez zaváhání, o jaký stupeň se jedná. Záznam RPE byl zjišťován po opakovaném krátkodobém a střednědobém výkonu. Protože se jedná o ordinální data, vyhodnotili jsme výsledky pomocí nejčastěji se opakující hodnoty (modus) v závislosti na druhu zotavení.

Srdeční frekvence

Záznam SF byl zaznamenáván po celou dobu měření pomocí sporttestru (Polar RS 400, Finland). Byla vyhodnocena průměrná (SF_{prum}) a maximální srdeční frekvence (SF_{max}) v závislosti na druhu zotavení během opakovaného krátkodobého a střednědobého výkonu.

Vyhodnocení výsledků

Pro vyhodnocení výsledků jsme použili metody základní popisné statistiky: míry centrální tendence - aritmetický průměr, míry variability – rozptyl, směrodatná odchylka. K posouzení experimentálních změn po praktické stránce jsme stanovili pro každý test kritické rozdíly na základě střední chyby měření (SEM- standard error of measurement), která je dána reliabilitou měřící metody a směrodatnou odchylkou souboru.

Významnost výsledků byla ověřena pro krátkodobý výkon 5×2 (čas x zotavení) a pro střednědobý výkon 3×3 (čas x zotavení) analýzou rozptylu s opakováním měření.

Předpoklady analýzy byly ověřeny Mauchlyho testem sféricity. Věcná významnost výsledků byla posuzována na základě střední chyby měření (SEM) (tab. 10) a koeficientem η^2 , který vyjadřuje procento celkového rozptylu vysvětleného nezávisle proměnnou. Statistická významnost rozdílů byla stanovena na hladině $p \leq 0,05$. K vyhodnocení výsledků byl použit statistický program SPSS pro Windows verze 18.0.

Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky maximálního momentu síly, celkové práce, průměrného výkonu pro extenzi a flexi KK, SF uvádíme ve sloupcových grafech. Směrodatná odchylka měření je zahrnuta v grafu jako horní mez. V textu uvádíme pro každý naměřený parametr silových ukazatelů analýzu rozptylu s F-statistikou a s posouzením věcné významnosti výsledků (η^2).

Průměry maximální a průměrné SF byly hodnoceny pomocí sloupcových grafů v závislosti na druhu zotavení. Významnost změn SF vlivem zotavení byla ověřena párovým t-testem se stanovenou hladinou významnosti $p \leq 0,05$.

Borgova škála byla hodnocena pomocí modusu z důvodu ordinálnosti dat pro krátkodobý a střednědobý výkon vzhledem k zotavnému procesu.

VÝSLEDKY

Vliv ledování na krátkodobý svalový výkon

Zjistili jsme významný pokles maximálního momentu síly, celkové práce a průměrného výkonu extenzorů a flexorů KK mezi prvním a pátým měřením u obou typů zotavení (ledování a pasivní zotavení).

Pro případ opakovaného krátkodobého svalového výkonu jsme zaznamenali menší % snížení maximálního momentu síly, celkové práce a průměrného výkonu u extenze než u flexe. V závislosti na druhu zotavení je u extenze menší % pokles silových charakteristik při ledování. Opačný jev sledujeme u flexe (tab. 4).

Tabulka 4: Procentuální (%) změny (↓pokles) maximálního momentu síly, celkové práce a průměrného výkonu při opakovaném měření krátkodobého svalového výkonu po pasivním zotavení (PAS) a po ledování (LED)

% změny mezi 1. a 5. měřením		Extenze	Flexe
<i>Max. moment síly</i>	PAS	↓10,7	↓ 14,2
	LED	↓ 6,6	↓ 16,0
<i>Celková práce</i>	PAS	↓11,5	↓ 20,9
	LED	↓ 0,0	↓ 22,2
<i>Průměrný výkon</i>	PAS	↓10,2	↓ 20,3
	LED	↓ 4,7	↓ 20,7

Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky silových ukazatelů (MMS, CP, PV) jsou znázorněny pro extenzory v grafech 1-3 a pro flexory v grafech 4-6.

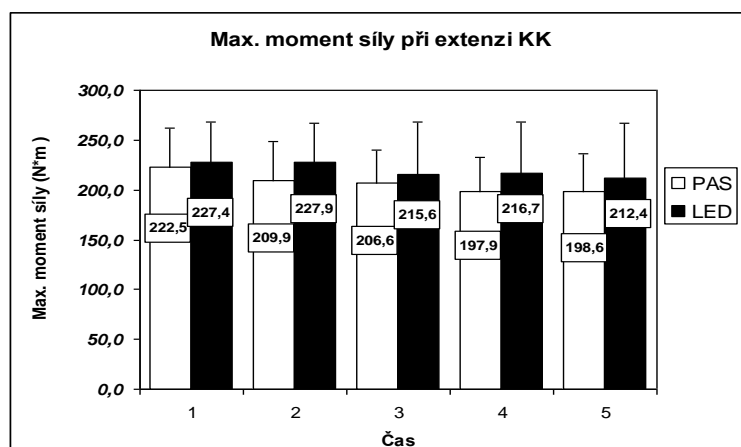
Pro extenzory KK byl faktor času statisticky i věcně významný. Pro maximální moment síly $F_{1,52}=6,6$ ($p=0,00$), $\eta^2=0,34$, pro celkovou práci je $F_{1,52}=4,2$ ($p=0,01$), $\eta^2=0,24$ a pro průměrný výkon $F_{1,52}=6,2$ ($p=0,00$), $\eta^2=0,32$.

Interakce času a zotavení pro extenzi KK nevykazuje statisticky ani věcně významné změny. Pro maximální moment síly se $F_{1,52}=0,7$ ($p=0,62$), $\eta^2=0,05$; pro celkovou práci $F_{1,52}=2,4$ ($p=0,61$), $\eta^2=0,16$ a pro průměrný výkon $F_{1,52}=1,29$ ($p=0,29$), $\eta^2=0,09$.

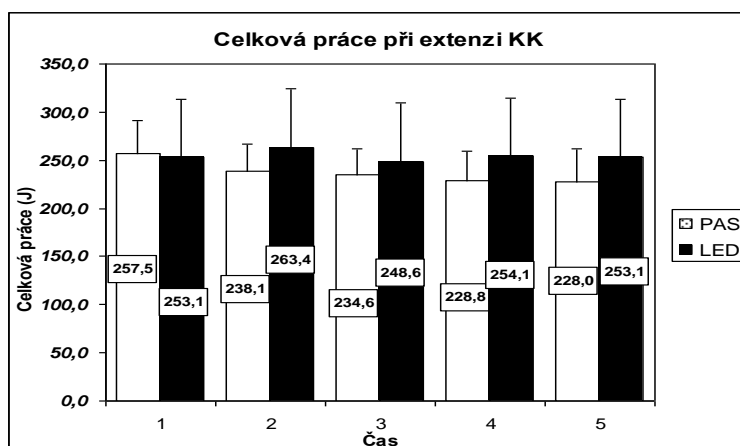
Pro flexi v kolenním kloubu byl čas statisticky a věcně významný. Pro maximální moment síly je $F_{1,52}=9,8$ ($p=0,00$), $\eta^2=0,43$. Pro celkovou práci a průměrný výkon je $F_{1,52}=21,5$ ($p=0,00$), $\eta^2=0,62$ a $F_{1,52}=21,1$ ($p=0,00$), $\eta^2=0,62$.

Pro flexi KK interakce času a zotavení nebyla statisticky ani věcně významná. Pro maximální moment síly se $F_{1,52}=0,39$ ($p=0,82$), $\eta^2=0,03$, pro celkovou práci $F_{1,52}=0,7$ ($p=0,63$), $\eta^2=0,05$ a pro průměrný výkon je $F_{1,52}=0,7$ ($p=0,63$), $\eta^2=0,05$.

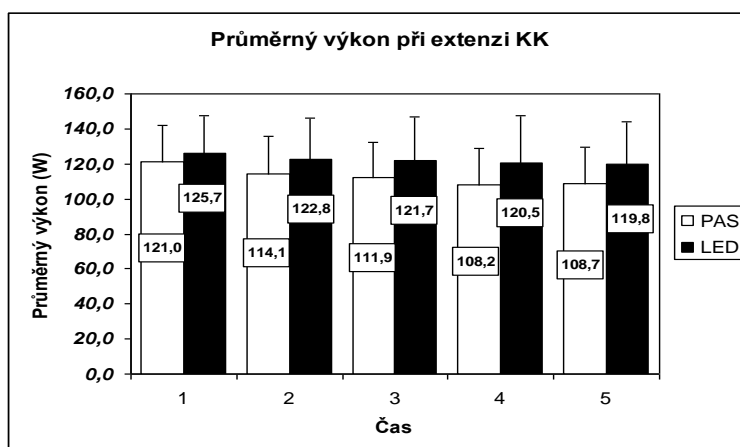
Graf 1: Průměry a směrodatné odchylky maximálního momentu síly při extenzi KK při opakovaném měření krátkodobého výkonu u dvou druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, LED-ledování)



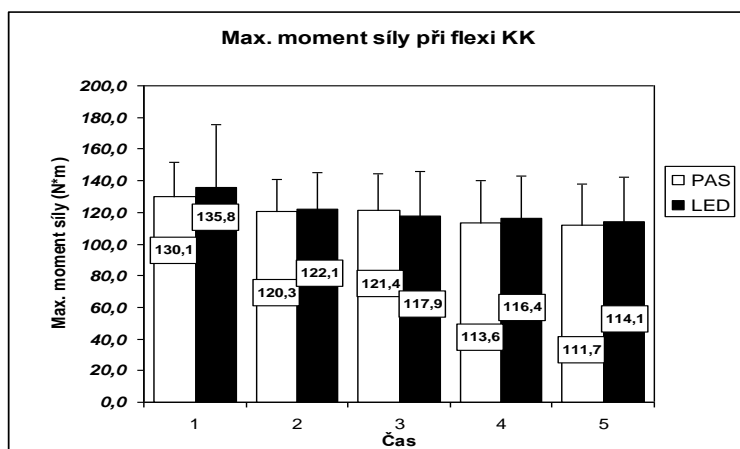
Graf 2: Průměry a směrodatné odchylky celkové práce při extenzi KK při opakovaném měření krátkodobého výkonu u dvou druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, LED-ledování)



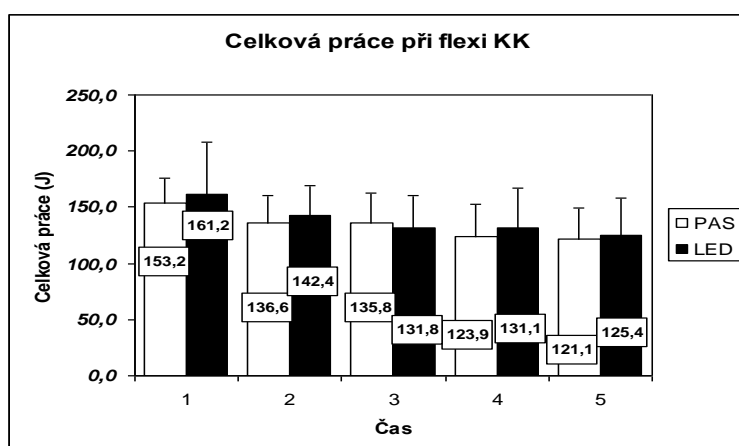
Graf 3: Průměry a směrodatné odchylky průměrného výkonu při extenzi KK při opakovaném měření krátkodobého výkonu u dvou druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, LED-ledování)



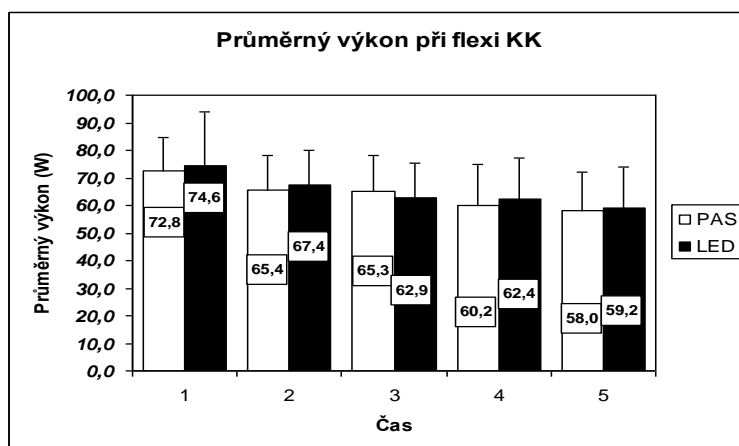
Graf 4: Průměry a směrodatné odchylky maximálního momentu síly při flexi KK při opakovaném měření krátkodobého výkonu u dvou druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, LED-ledování)



Graf 5: Průměry a směrodatné odchylky celkové práce při flexi KK při opakovaném měření krátkodobého výkonu u dvou druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, LED-ledování)



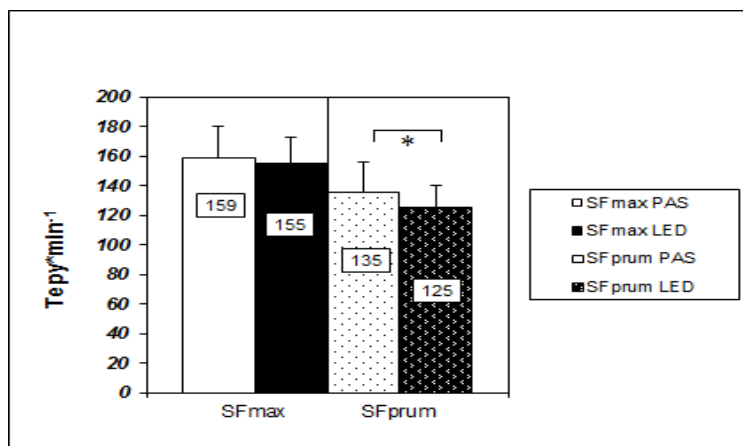
Graf 6: Průměry a směrodatné odchylky průměrného výkonu při flexi KK při opakovaném měření krátkodobého výkonu u dvou druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, LED-ledování)



Změny srdeční frekvence při aplikaci dvou druhů zotavení

Rozdíly SF_{max} při pasivním zotavení a při aplikaci ledových zábalů nebyly významné (159 ± 21 vs. 155 ± 17 $\text{tepů} \cdot \text{min}^{-1}$, $t_{1,13}=2,0$, $p=0,07$). Shledali jsme však významný pokles SF_{prum} vlivem ledových zábalů v porovnání s pasivním odpočinkem (125 ± 15 vs. 135 ± 20 $\text{tepů} \cdot \text{min}^{-1}$, $t_{1,13}=2,2$, $p=0,05$) (graf 7).

Graf 7: Průměry a směrodatné odchylky maximální srdeční frekvence (SF_{max}) a průměrné srdeční frekvence (SF_{prum}) při opakovaném měření krátkodobého svalového výkonu u dvou druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, LED-ledování)



*významný rozdíl SF_{prum} PAS a SF_{prum} LED, $p=0,05$.

Subjektivně vnímaná námaha

Výsledky uvádíme v tabulce 5 jako nejčastěji se opakující hodnoty (modus), z důvodu ordinální povahy dat. Zaznamenané stupně námahy vykazují, že jedinci na zátěž a dva druhy zotavení reagovali velmi podobně.

Tabulka 5: Subjektivně vnímaná námaha (RPE) při opakovaném měření krátkodobého svalového výkonu u dvou druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, LED-ledování)

RPE	PAS					LED				
Pokusy	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Modus	17	18	19	19	19	20	18	19	19	20

Pro opakovanou krátkodobou zátěž se nejčastěji opakoval stupeň 19 „extrémně velká námaha“ při aplikaci pasivního zotavení. Po ledování zatěžovaných svalů se opakoval 2krát stupeň 20 „maximální námaha“ a 2krát stupeň 19 „extrémně velká námaha“.

Vliv aktivního zotavení a studené vody na střednědobý svalový výkon

Při opakovaném střednědobém výkonu jsme zaznamenali pro extenzi kolenního kloubu (KK) významně menší změny maximálního momentu síly po aktivním zotavení ($\uparrow 0,9$ N.m) v porovnání se studenou vodou ($\downarrow 14,6$ N.m) a s pasivním odpočinkem ($\downarrow 13,9$ N.m). Pro průměrný výkon jsme zaznamenali významný pokles po studené vodě ($\downarrow 23,7$ W) a po pasivním zotavení ($\downarrow 25,9$ W). Po aktivním zotavení ($\downarrow 5$ W) jsme významný rozdíl

nezaznamenali. Změny maximálního momentu síly a průměrného výkonu po aktivním i pasivním zotavení byly v rámci střední chyby měření (SEM), které jsou uvedeny v tabulce 10.

Procentuální změny opakovaného střednědobého svalového výkonu jsou shrnuty v tabulce 6.

Tabulka 6: Procentuální (%) změny (↓pokles, ↑nárůst) maximálního momentu síly, celkové práce a průměrného výkonu při opakovaném měření střednědobého svalového výkonu po pasivním zotavení (PAS), aktivním zotavení (AKT) a studené vodě (SV)

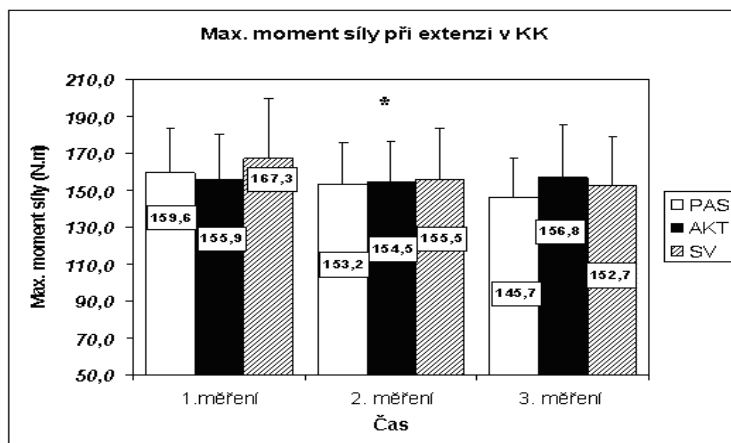
% změny mezi 1. a 3. měřením		Extenze	Flexe
<i>Max. moment síly</i>	PAS	↓ 8,7	↓ 2,1
	AKT	↑ 0,5	↓ 5,2
	SV	↓ 8,7	↓ 4,1
<i>Celková práce</i>	PAS	↓ 6,8	↑ 1,4
	AKT	↓ 1,3	↓ 1,1
	SV	↓ 1,0	↑ 3,6
<i>Průměrný výkon</i>	PAS	↓10,3	↓ 8,7
	AKT	↓ 2,0	↓ 5,6
	SV	↓ 9,0	↓ 3,1

Pokles výkonu v závislosti na druhu zotavení je zobrazen na grafu pro extenzi KK (graf 8-10) a flexi KK (graf 11-13). Z uvedených grafů 8-13 je zřejmý pokles výkonu při aplikaci pasivního zotavení. Po aplikaci aktivního zotavení a studené vody se jeví výkon jako stabilní. Dokonce po poklesu výkonu v druhém měření následuje závěrečné nepatrné zvýšení maximálního momentu síly při aplikaci aktivního zotavení (graf 8).

V případě extenze KK jsme zaznamenali významné změny vlivem času pro maximální moment síly $F_{2,26}=9,0$ ($p=0,00$), $\eta^2=0,41$, pro celkovou práci $F_{2,26}=3,5$ ($p=0,04$), $\eta^2=0,21$ a pro průměrný výkon $F_{2,26}=6,8$ ($p=0,00$), $\eta^2=0,34$.

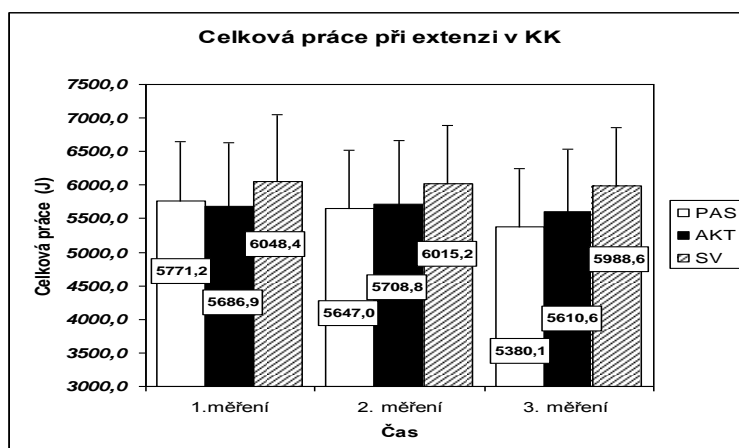
Pro extenzi KK bylo zotavení v interakci s pořadím měření statisticky i věcně významné pro maximální moment síly se $F_{2,52}=5,9$ ($p=0,00$), $\eta^2=0,31$ a pro průměrný výkon $F_{2,52}=2,7$ ($p=0,04$), $\eta^2=0,10$. Zotavení v interakci s pořadím měření nemělo významný vliv na celkovou práci extenzorů KK, kde $F_{2,52}=1,4$ ($p=0,25$), $\eta^2=0,10$.

Graf 8: Průměry a směrodatné odchytky maximálního momentu síly při extenzi KK při opakovaném měření střednědobého výkonu u tří druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, AKT-aktivní zotavení, SV-studená voda)

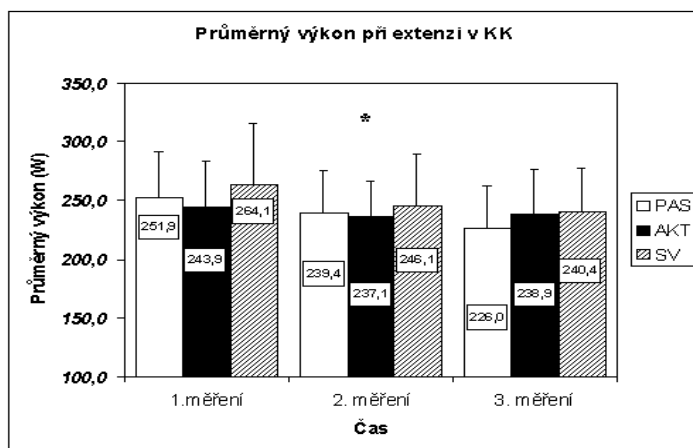


*významná interakce zotavení a času $p=0,00$; $\eta^2=0,31$.

Graf 9: Průměry a směrodatné odchytky celkové práce při extenzi KK při opakovaném měření střednědobého výkonu u tří druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, AKT-aktivní zotavení, SV-studená voda)



Graf 10: Průměry a směrodatné odchytky průměrného výkonu při extenzi KK při opakovaném měření střednědobého výkonu u tří druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, AKT-aktivní zotavení, SV-studená voda)



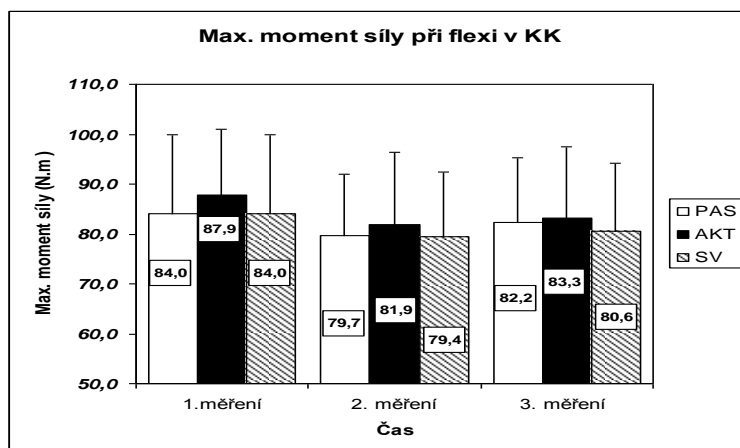
*významná interakce zotavení a času $p=0,04$; $\eta^2=0,10$.

Z grafů (11-13) pro flexi KK není zřejmý pokles maximálního momentu síly, celkové práce ani průměrného výkonu po aplikaci různých druhů zotavení. Rozdíly silových ukazatelů při opakovaném měření a po třech druzích zotavení nepřesahují střední chyby měření (SEM), které jsou uvedeny v tabulce 10. Pro flexi KK nejsou rozdíly z hlediska střední chyby měření významné.

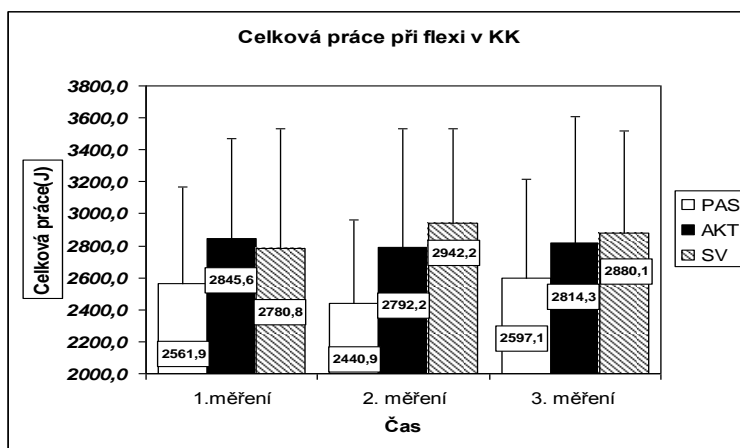
Na flexi KK měl čas významný vliv na maximální moment síly $F_{2,26}=4,3$ ($p=0,02$), $\eta^2=0,25$ a průměrný výkon $F_{2,26}=5,3$ ($p=0,01$), $\eta^2=0,29$). Pro celkovou práci byl čas statisticky i věcně nevýznamný ($F_{2,26}=0,4$ ($p=0,68$), $\eta^2=0,03$).

Zotavení v interakci s pořadím měření nemělo významný vliv na maximální moment síly $F_{2,52}=0,1$ ($p=0,10$), $\eta^2=0,06$, na celkovou práci $F_{2,52}=0,8$ ($p=0,55$), $\eta^2=0,06$ ani na průměrný výkon ($F_{2,52}=0,2$ ($p=0,92$), $\eta^2=0,02$).

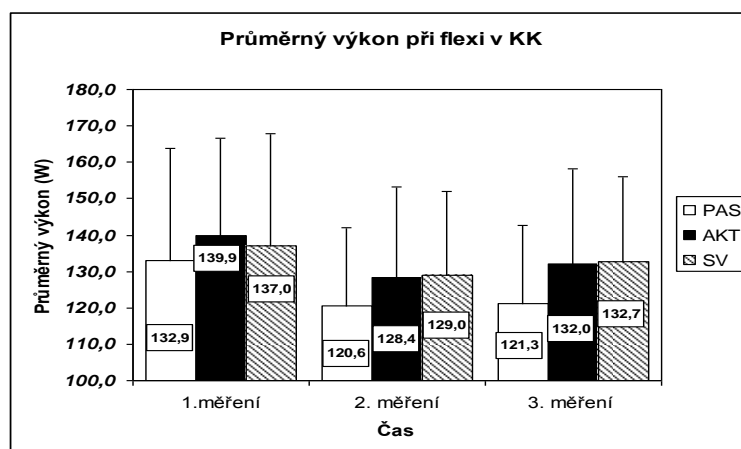
Graf 11: Průměry a směrodatné odchylky maximálního momentu síly při flexi KK při opakovaném měření střednědobého výkonu u tří druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, AKT-aktivní zotavení, SV-studená voda)



Graf 12: Průměry a směrodatné odchylky celkové práce při flexi KK při opakovaném měření střednědobého výkonu u tří druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, AKT-aktivní zotavení, SV-studená voda)



Graf 13: Průměry a směrodatné odchylky průměrného výkonu při flexi KK při opakovaném měření střednědobého výkonu u tří druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, AKT-aktivní zotavení, SV-studená voda)

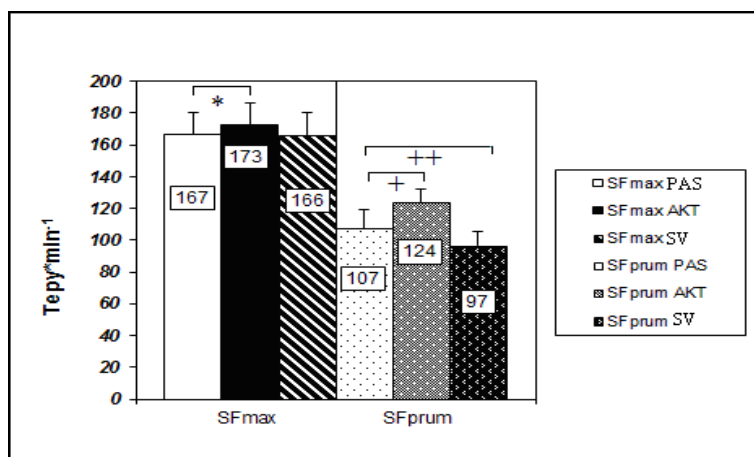


Srdeční frekvence při aplikaci tří druhů zotavení

Při aplikaci aktivního zotavení byla SF_{max} během zátěže při aktivním zotavení v porovnání s pasivním (167 ± 14 tepů. min^{-1}) významně vyšší (173 ± 14 tepů. min^{-1} , $t_{2,13}=2,7$; $p=0,02$). Zjistili jsme podobné hodnoty SF_{max} při aplikaci pasivního druhu zotavení a studené vody (167 ± 14 vs. 166 ± 14 tepů. min^{-1}).

SF_{prum} se lišily v závislosti na druhu zotavení. Vlivem aktivního zotavení byla SF_{prum} významně vyšší než při pasivním zotavení 124 ± 8 vs. 107 ± 12 tepů. min^{-1} ($t_{2,13}=4,5$; $p=0,00$). SF_{prum} při pasivním zotavení byla 107 ± 12 tepů. min^{-1} a při studené vodě 97 ± 9 tepů. min^{-1} , rozdíl byl významný ($t_{2,13}=2,5$; $p=0,03$), (graf 14).

Graf 14: Průměry a směrodatné odchylky maximální srdeční frekvence (SF_{max}) a průměrné srdeční frekvence (SF_{prum}) při opakovaném měření střednědobého svalového výkonu u tří druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, AKT-aktivní zotavení, SV-studená voda)



*významný rozdíl SF_{max} PAS a SF_{max} AKT, $p=0,02$;
 +významný rozdíl SF_{prum} PAS a SF_{prum} AKT, $p=0,00$;
 ++významný rozdíl SF_{prum} PAS a SF_{prum} SV, $p=0,03$.

Subjektivně vnímaná námaha (RPE)

Z tabulky 7 pro opakovanou střednědobou zátěž nalézáme nejvyšší stupeň námahy při pasivním zotavení a to 2krát 19 „extrémně velká námaha“. Nejnižší stupeň vnímané námahy jsme zaznamenali při aplikaci studené vody a to 16 mezistupeň „velké námahy a velmi velké námahy“. Aktivní zotavení se vyznačoval nejčastěji stupněm 17 „velmi velkou námahou“ a stupněm 18 mezistupeň „velmi velké námahy a extrémně velké námahy“.

Tabulka 7: Subjektivně vnímaná námaha (RPE) při opakovaném měření střednědobého svalového výkonu u tří druhů zotavení (PAS-pasivní zotavení, AKT-aktivní zotavení, SV-studená voda)

RPE	PAS			AKT			SV		
Pokusy	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Modus	17	19	19	17	17	18	17	16	19

DISKUSE

Cílem studie bylo porovnat vliv dvou druhů zotavení na opakovaný krátkodobý svalový výkon a vliv tří druhů zotavení na opakovaný střednědobý svalový výkon extenzorů a flexorů KK. Právě flexe a extenze KK je elementární pohyb, který se nalézá téměř u všech běžných i sportovních pohybových činností (chůze, běh, jízda na kole, kopy). Studie se zúčastnilo 14 sportovců s pravidelnou pohybovou aktivitou. Jinou reakci na udržení maximálního opakovaného výkonu můžeme očekávat u populace nespportujících (Baechle & Earle, 2008).

Jedinci, kteří se podíleli na výzkumu, pravidelně provozovali širokou škálu pohybových aktivit minimálně třikrát týdně. Z důvodu zachování denního biorytmu bylo měření prováděno vždy dopoledne a u jednotlivce byl zachován stejný čas při opakovaném měření. Všichni se účastnili celého měření. V průběhu neprodělali žádné onemocnění, které by vedlo ke změnám výsledků. I přes randomizaci účastníků do skupin o jiném druhu zotavení nebyly zjištěny stejné výchozí hodnoty naměřených dat. Z toho důvodu mohly být hodnoty reliability měření (ICC) v dílčí části výzkumu nižší než udávají jiné studie shrnuté v práci Strejcové, Baláše a Süsse (2010). Nižší ICC mohlo být způsobeno vlivem zacvičení na izokinetickém dynamometru a posílením měřené končetiny. Křížený plán studie zajistil, že každý jedinec absolvoval všechny druhy zotavení. Jedinci byli motivováni hlasitým povzbuzováním a vizuálně pomocí aktuálních výsledků na monitoru. Nemohli jsme však ovlivnit aktuální dispoziční stav jedince. V laboratoři se nevyskytovaly jiné osoby, které by mohly jedince při maximálním výkonu obtěžovat, nebo jinak na něj působit. Uvažujeme však také možný vliv vnitřního diskomfortu (aplikace studené vody) nebo jiných vlivů

psychologických jevů v průběhu měření. Psychologickou stránku, ani motivaci jedince tato studie neobsáhla.

U koordinačně náročných činností lze očekávat významný vliv zotavení na rozdíl od elementárních izolovaných pohybů. Krátkodobá a střednědobá zátěž byla aplikována jen na dominantní končetinu, proto nemůžeme námi zjištěné poznatky aplikovat na ucelené pohybové činnosti.

Výsledky u některých jedinců ukazovaly velký rozdíl výkonu extenzorů a flexorů mezi testovacími dny. Pro vyhodnocení výsledků byl uvažován i součet resp. průměr naměřených silových ukazatelů extenzorů a flexorů KK. Vyhodnocením sečtených výsledků jsme nezjistili žádné významné změny v závislosti na druhu zotavení.

Pro minimalizaci vlivu vnějšího prostředí (rychlost a směr větru, povrch, vybavení, počasí, tlak vzduchu, rušivé vlivy) jsme výzkum uskutečnili v laboratorních podmínkách za stálé teploty a tlaku. Připouštíme, že v reálných podmínkách nemusí mít tyto vybrané druhy zotavení vliv na krátkodobý a střednědobý opakovaný svalový výkon.

ZÁVĚRY

U krátkodobé svalové zátěže došlo k poklesu svalového výkonu extenzorů a flexorů KK po ledování i pasivním zotavení. Ledování nemělo významný vliv.

Při ledování se významně snížila ve srovnání s pasivním zotavením SF_{prum} (125 ± 15 vs. 135 ± 20 tepů. \cdot min $^{-1}$; $p=0,047$), u SF_{max} jsme významné změny nezaznamenali. Ledování nemělo vliv na RPE hodnoty při krátkodobé zátěži. Avšak použití ledových zábalů, může posloužit ke krátkodobému utlumení bolestivosti zatěžovaných svalů. Je možné, že doba ledování má významný vliv na svalový výkon. Doporučujeme aplikovat ledové zábaly po dobu delší než 30 s max. však 1 min, aby nedošlo k úplnému zastavení zotavných procesů.

Při opakovaném střednědobém výkonu jsme zaznamenali pro extenzi kolenního kloubu (KK) významně menší změny maximálního momentu síly po aktivním zotavení ($\uparrow 0,9$ N.m), v porovnání se studenou vodou ($\downarrow 14,6$ N.m) a s pasivním odpočinkem ($\downarrow 13,9$ N.m). Pro průměrný výkon jsme zaznamenali významný rozdíl poklesu po aktivním zotavení ($\downarrow 5$ W) po studené vodě ($\downarrow 23,7$ W) a po pasivním zotavení ($\downarrow 25,9$ W). Změna celkové práce nebyla významná. Aktivní zotavení a studená voda neměly významný vliv na celkovou práci extenzorů a na opakovaný střednědobý výkon flexorů KK.

V porovnání s pasivním zotavením aplikace aktivního zotavení významně zvýšila SF_{max} (167 ± 14 vs. 173 ± 14 tepů. min $^{-1}$) a SF_{prum} (107 ± 12 vs. 124 ± 8 tepů. min $^{-1}$). Studená voda

v porovnání s pasivním odpočinkem neměla významný vliv na změny SF_{max} , ale rozdíly SF_{prum} (97 ± 9 vs. 107 ± 12 tepů. min^{-1}) byly významné. Podle Borgovy škály (RPE) byla největší námaha pocíťována po pasivním zotavení. Nižší hodnoty vnímané námahy na RPE byly nejčastěji uváděny po studené vodě a po aktivním zotavení.

Pro udržení opakovaného střednědobého výkonu bychom doporučovali zvolit aktivní odpočinek o střední intenzitě pohybové činnosti, jako například chůzi, běh, jízdu na kole, nebo plavání. V naší práci jsme zjistili pozitivní vliv zotavení při použití chůze. Domníváme se však, že i jiné pohybové aktivity o dané intenzitě, by mohly mít podobné účinky. Doba trvání činnosti a druh pohybové aktivity by měly být ověřeny v dalších studiích. I když jsme nepotvrdili pozitivní účinky studené vody na udržení svalového výkonu, domníváme se, že by bylo vhodné studenou vodu aplikovat po delší dobu a teplota vody by měla být o trochu nižší (kolem $10^{\circ}C$). Delší doba (15-20 min) chlazení zatěžovaných svalových skupin v několika studiích potvrdila pozitivní účinek. Pasivní forma zotavení se doporučuje pouze po dlouhodobém aerobním cvičení. Při činnostech krátkodobého a střednědobého trvání vykazoval svalový výkon po pasivním zotavení největší pokles. V mnoha sportovních činnostech patří mezi hlavní složky výkonu i psychologický stav jedince. Účinky námi vybraných druhů zotavení by mohli pomoci odbourat únavu a udržet tak opakovaný výkon na nejvyšší úrovni.

VYBRANÉ BIBLIOGRAFICKÉ CITACE

- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essential of strength training and conditioning*. . Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Baptista, R. R., Scheeren, E. M., MacIntosh, B. R., & Vaz, M. A. (2009). Low-frequency fatigue at maximal and submaximal muscle contractions. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 42, 380-385.
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Bunc, V. (1995). Pojetí tělesné zdatnosti a jejích složek. *Těl. Vých. Sport Mlád.*, 5, 6-8.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (1987). *Designing resistance training programs*. Champaigns: Human Kinetics.
- Malkinson, T. J., Martin, S., & Simper, P. (1981). Expired air volumes of males and females during cold water immersion *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 59, 843-846.

- Pincivero, D. M., & Campy, R. M. (2004). The effects of rest interval length and training on quadriceps femoris muscle. Part I: Knee extensor torque and muscle fatigue. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(2), 111-118.
- Pincivero, D. M., Lephard, S. M., & Karunakara, R. G. (1997). Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short term high intensity training. *British Journal of Sports Medicine*, 31, 229-234.
- Strejcová, B., Baláš, J., & Suss, V. (2010). Reliabilita testování silových schopností na izokinetickém a izometrickém dynamometru. *Česká kinantropologie*, 14(3), 94-100.
- Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (1996). *Research Methods in Physical Activity* (3th edition ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Trochim, W., K., M. (2001). *The Research Methods Knowledge Base*. Cincinnati: Atomic Dog Publishing.
- Vaile, J., Halson, S., Gill, N., & Dawson, B. (2008). Effect of hydrotherapy on recovery from fatigue. *Int J Sports Med*, 29(7), 539-544.