

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD
ÚSTAV FYZIOTERAPIE

Hana Krajíčková

Plyometrie: Využití v rehabilitaci

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Alois Krobot, Ph.D.

Olomouc 2012

Anotace bakalářské práce

Název práce: Plyometrie: Využití v rehabilitaci

Název práce AJ: Plyometric: Application in rehabilitation

Datum zadání: 2012-01-31

Datum odevzdání: 2012-05-04

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

Autor práce: Krajíčková Hana

Vedoucí práce: MUDr. Alois Krobot, Ph.D.

Oponent práce: Mgr. Martina Marková

Abstakt v ČJ:

Cílem práce je najít možnosti efektivního využití plyometrie v rehabilitaci. V práci jsem uvedla jak správně určit intenzitu plyometrie, její účinky na jednotlivé struktury pohybové soustavy, jaké jsou možné kombinace s jinými technikami. Zaměřila jsem se na konkrétní problematiku a přinesla stručný přehled využitelných plyometrických technik.

Abstrakt v AJ

The aim of this work is to identify opportunities for effective use of plyometric in rehabilitation. In the work I indicated how to determine intensity of plyometric, its effects on the musculoskeletal structures and the possible combinations with other techniques. I focused on a specific problems and I offered a brief overview of usable plyometric techniques.

Klíčová slova v ČJ: plyometrie, rehabilitace

Klíčová slova v AJ: plyometric, rehabilitation

Počet stran: 68 stran

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. dubna 2012

podpis

Děkuji panu primáři, MUDr. Aloisi Krobotovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování této bakalářské práce.

Obsah

ÚVOD	7
1 Plyometrie	8
1.1 Cyklus prodloužení zkrácení	8
1.2 Historie	8
1.3 Původ slova	9
2 Indikace intenzity plyometrie	10
2.1 Index reaktivní síly	11
2.1.1 Modifikace indexu reaktivní síly	11
2.1.2 Nevýhody indexu reaktivní síly	11
2.2 Síla pozemní reakce	12
2.3 Regenerace a odpočinek	12
3 Svalová síla	13
3.1 Zvyšování svalové síly	13
3.2 Koncentrická kontrakce	14
3.3 Excentrická kontrakce	15
3.4 Zlepšení hbitosti	15
3.5 Plyometrie ve vodě	16
3.6 Kombinace tréninků	17
3.6.1. Plyometrie a silový trénink	17
3.6.2 Plyometrie a elektromyostimulace	18
3.6.3 Plyometrie a kryoterapie	18
4 Dynamická stabilizace	20
4.1 Čas na stabilizaci	21
5 Adaptace na plyometrii	22

5.1	Adaptace kosterních svalů.....	22
5.2	Adaptace šlach.....	23
5.3	Adaptace kostní tkáňě	24
5.4	Neurální adaptace	24
6	Dolní končetina	25
6.1	Vliv plyometrie na svaly dolní končetiny	25
6.2	Užití plyometrie na LCA	26
6.2.1	Prevence ruptury LCA.....	26
6.2.2	Plyometrie po plastice LCA	27
6.3	Stabilita hlezenního kloubu	28
6.4	Konkrétní cviky	29
7	Horní končetina	30
7.1	Ramenní kloub	30
7.1.2	Stabilizace ramenního kloubu	31
7.2	Loketní kloub	32
7.3	Konkrétní cviky	32
8	Diskuze	34
	Závěr.....	42
	Literatura a prameny	44
	Seznam zkratek.....	67
	Seznam obrázků	68

ÚVOD

Často se o plyometrii hovoří v souvislosti s rehabilitací. Proto jsem si položila otázku, k čemu se vlastně plyometrie v rehabilitace využívá? Je tato technika vhodná k rehabilitačním účelům? Jaké výsledky přináší?

Odpovědi na tyto otázky jsem hledala v databázích s recenzovanými články, disertačními pracemi a knihami. Mnou zadávané heslo bylo pouze plyometric či plyometrics a poté, dle abstraktů jednotlivých studií, jsem volila jejich vhodnost pro zodpovězení mých otázek. Zaměřila jsem se na studie od roku 2000, starší studie jsem využila pouze pro doplnění teoretických informací. Databáze EBSCO pro klíčové slovo plyometric nabízí 511 článků, MEDLINE 478 článků, Google scholar 4660 článků, ProQuest 2416 článků, SCOPUS nabízí 354 článků, PubMed 257 článků, MENDELEY 523 článků, SpringerLink 91 článků, TripDatabase 109 a Pubget 309 článků. Z toho jsem použila 115 článků. Ostatní články se nevěnovaly plyometrii v rehabilitaci nebo se netýkaly tématu. Hledala jsem zejména ta témata, která se týkala rehabilitace a zároveň o nich vznikla více než jedna studie. Články byly v anglickém jazyce, v německém jazyce jsem našla pouze jeden originální článek, ostatní byly překladem z angličtiny. V českém jazyce jsem našla pouze články zabývající se plyometrií u vrcholových sportovců.

Nalezené texty jsem poté roztřídila do skupin, podle kterých jsem nazvala kapitoly: indikace intenzity plyometrie, svalová síla, dynamická stabilizace, adaptace na plyometrii, dolní končetina a horní končetina.

K problematice plyometrie v rehabilitaci jsem našla 5 knižních titulů v anglickém jazyce. Tyto publikace jsem nevyužila, neboť o plyometrii pojednávají v příliš obecné rovině. Využila jsem dvě anglické knihy obecně se zabývající plyometrií, z nich jsem čerpala popis jednotlivých plyometrických cviků.

1 PLYOMETRIE

Plyometrie je široce používanou metodou vedoucí ke zlepšení schopnosti svalu produkovat sílu, vztahuje se na činnosti, které pomáhají k dosažení maximální síly v co nejkratším čase. Plyometrie představuje rychlé zpomalení těla a bezprostředně následující rychlé zrychlení opačným směrem. Plyometrie využívá mechanismu napínacího reflexu, kdy protažení agonisty vyvolá jeho kontrakci a inhibuje antagonistické svaly. (Faccoini, 2001 , s. 1)

1.1 Cyklus prodloužení zkrácení

Kombinace excentrické a koncentrické kontrakce se nazývá cyklus prodloužení - zkrácení. Během něho je svalová síla vytvořená v koncentrické fázi zesílena předchozí negativní fázi a energií uloženou v pojivové tkáni. Čím rychlejší excentrická fáze je, tím silnější je koncentrická kontrakce. Mezi přechodem excentrické a koncentrické fáze je krátké spojovací období, kdy se jedna energie mění v druhou. (Chmielewski et al., 2006, s. 309; Chatzinikolau et al., 2010, s. 1389; Miller et al., 2006, s. 462-463; Ball, Scurr, 2009, s. 1433; Frotun, Kernozeck, 1998, s. 64)

1.2 Historie

Plyometrie je nedílnou součástí atletického tréninku již od roku 1969. V tomto roce metodu navrhl Jurij Verkhoshanski, inspirací mu byla studie Dr. Guntera Fritzsche. Jako tréninkovou metodu ruských olympijských atletů ji použil Boris Zubov. (Faccoini, 2001, s. 2; Cross, 1997, s. 7)

1.3 Původ slova

Slovo plyometrie ve stejném roce poprvé použil Vladimír Zatsiorsky. (McClymont, Hore, 2003, s. 1) Dle jiných autorů termín vznikl až v roce 1975 a jeho autorem je Fred Wilt, který jako první o plyometrii napsal článek. (Schulte-Edelmann et al., 2005, s. 129)

Slovo plyometrics se skládá ze dvou slov řeckého a latinského původu, *plio-* více a *metric*-měřit, což znamená zvýšit měřením. (Chmielewski et al., 2006, s. 309; Schulte-Edelmann et al., 2005, s. 129)

2 INDIKACE INTENZITY PLYOMETRIE

Plyometrii by měli provádět pouze osoby s neporušeným neuromuskulárním řízením a se svalovou silou umožňující provádět kontrolované pohyby proti gravitaci. Další pokyny indikující plyometrii jako rehabilitační metodu jsou málo rozvinuté. Je vhodné, aby pacient zvládal pohyb proti gravitaci, lépe však proti minimálnímu odporu. Proto plyometrie bývá používána v pozdějších stádiích rehabilitace. Cvičení musí být použito opatrně, aby nedošlo k nežádoucím účinkům, jako jsou bolest nebo otok kloubu, což by zpomalilo rehabilitaci. (Chmielewski et al., 2006, s. 313)

Je tedy důležité, aby se při plyometrii zvažily proměnné jako je frekvence, intenzita, zátěž a stav pacientových tkání. Kontraindikací plyometrie jsou zánět, bolest, stav bezprostředně po operaci, kloubní instabilita. Chmielewski et al. dále definují relativní kontraindikace plyometrie a to různé patologie kloubů, kterými mohou být revmatoidní artritida, zhmoždění kostní tkáně či poranění chondrální části kloubu. (Chmielewski et al., 2006, s. 313)

Intenzita je úsilí, které vyvinou zúčastněné svaly, napětí pojivové tkáně a kloubů. Je dána typem prováděné plyometrie. (Li, 2011, s. 371) Určení vhodné intenzity je založeno na schopnosti pacienta provádět správně činnost. V plyometrii je důležité dosáhnout toho, aby spojovací fáze byla co nejkratší. Pokud je příliš dlouhá, může být intenzita příliš vysoká nebo naopak nízká. (Chatzinikolau, 2010, s. 1396) Pokud již váha končetiny je příliš vysokou zátěží je vhodné plyometrii provádět ve vodě, která končetinu nadlehčí. (Comfort, Green, Matthews, 2009, s. 71)

Stejně jako u jiných technik i u plyometrie by mělo postupně docházet ke zvyšování intenzity. (Chatzinikolau, 2010, s. 1396)

K určení intenzity je důležitý účel plyometrie. Pokud chceme plyometrií zvýšit výkonnost, je vhodné začít nižší intenzitou, která postupně narůstá. Pokud je cílem rychlost, jsou vhodné rychlé prvky s nižší zátěží. (Ebben et al., 2010, s. 3-4)

2.1 Index reaktivní síly

K určení intenzity plyometrie se používá index reaktivní síly (*reactive strength index-RSI*). Reaktivní síla může být definována jako schopnost rychle změnit excentrickou kontrakci na koncentrickou (Young, 1995, s. 88-96).

Index pro dolní končetiny se vypočítá podle vzorce: výška skoku dělená časem kontaktu. Doporučuje se, aby doskok skončil extenzí všech tří kloubů dolní končetiny. Pokud se s těmito daty pracuje pravidelně, je možné sledovat pokrok v tréninku. Pokud se dodržují optimální hodnoty indexu, téměř nedochází ke zraněním. (McClymont, Hore, 2003, s. 3-4)

2.1.1 Modifikace indexu reaktivní síly

Současná metoda výpočtu RSI umožňuje pouze hodnotit hluboký skok. Většina plyometrických pohybů využívá protipohyb, k jejich hodnocení se používá elektromyografie. Je důležité modifikovat RSI, aby se daly hodnotit i jiné plyometrické varianty. Ebben a Petushek ve své studii modifikovali výpočet RSI jako rozdíl časů excentrické fáze a protipohybu. V předchozích výzkumech nebyly hodnoty RSI u mužů a žen stejné. V této studii si byly hodnoty, kterých dosahovali muži i ženy, mnohem podobnější. Současný vzorec pro výpočet RSI shledávají spolehlivý, avšak nevhodný pro jiné typy plyometrie, než jsou výskoky. (Ebben, Petushek, 2010, s. 1985-1987)

2.1.2 Nevýhody indexu reaktivní síly

V dřívějších studiích byl velký rozpor mezi naměřenými hodnotami. Dnešní studie však ukazují, že rozdíly byly způsobeny cvičením samotným, nikoliv rozdíly ve zkouškách. Proto je použití výpočtu RSI vhodné pouze pokud je každé měření provedeno stejně. (Leissring et al., 2009, s. 3-4)

2.2 Síla pozemní reakce

Míra intenzity plyometrie by mohla být hodnocena silou pozemní reakce (*ground reaction force-GRF*). Je to síla stejné velikosti, ale opačného směru, než je síla, která působí na tělo. Nejedná se o směr gravitace, ale o sílu opačnou k vektoru působení svalů. (Leissring et al., 2010, s. 3-4)

Výpočet GRF je výhodný zejména v rehabilitaci. Výpočet je důležitý, aby se při rehabilitaci postupovalo od nízké intenzity po vysokou v souladu se silovými schopnostmi pacienta. (Jensen, Ebben, 2005, s. 375-376)

2.3 Regenerace a odpočinek

I přes přesně indikovanou míru zátěže je třeba věnovat pozornost také regeneraci a odpočinku pacienta. Během excentrické fáze plyometrie může dojít mikrotraumatizaci svalových struktur. To může mít za následek snížení výkonu a zmenšení rozsahu pohybu. (Twist, Eston, 2005, s. 652-658) Poškození svalů je vyvoláno mechanickým namáháním a poruchou homeostázy vápníku. (Chatzinikolaou et al., 2010, s. 1396; Tofas et al., 2008, s. 494-495) Dochází k bolesti svalů, jejíž intenzita je největší do třiceti minut po tréninku, a mizí do sedmdesáti dvou hodin. (Cleak, Eston, 1992, s. 267-272) Po plyometrickém tréninku a mezi jednotlivými cviky je nutné období regenerace a krátkého odpočinku. Plyometrie má pozitivní vliv na výkon, avšak pokud k měření výkonnosti došlo ihned po plyometrickém tréninku výkon se nezlepšil, nebo naopak se zhoršil. (Luebbers et al., 2003, s. 704-709) Odpočinkový čas mezi cykly jednotlivých cviků výrazně zlepšuje výkon. Mezi jednotlivými prvky plyometrického tréninku je vhodná alespoň krátká přestávka bez ohledu na celkovou délku tréninku. (Ebben et al., 2010, s. 4)

3 SVALOVÁ SÍLA

Svalová síla je důležitým prvkem pro provádění každodenních činností. Plyometrie byla navržena tak, aby zvyšovala neuromuskulární výkonnost. Kontrakce kosterního svalu můžeme rozdělit na izometrickou, koncentrickou a excentrickou. V běžné praxi se tyto kontrakce nevyskytují izolovaně. Rychlost a síla excentrické a koncentrické kontrakce jsou doménou plyometrie. Při protažení svalu dochází k maximální produkci síly, protažení zlepšuje účinek koncentrické kontrakce. (Li, 2011, s. 370-374; Flanagan, 2009, s. 3-4)

3.1 Zvyšování svalové síly

Studie ukazují, že plyometrie zvýší svalovou sílu u osmi z deseti osob (Sáez-Sáez de Villarreal, Requena, Newton, 2009, s. 519-520) a to jak u sportovců, tak u netrénovaných osob, u mužů i u žen. (Sáez-Sáez de Villarreal, Requena, Newton, 2009, s. 519-520; Chen et al., 2006, s. 1)

Vliv plyometrie na svalovou sílu zkoumal i Jensen, Flanagan a Ebben. Zaměřili se na plyometrické cvičení prováděné dolními končetinami u dvaceti tří mladých mužů. Zjistili, že je důležité začít pomalým plyometrickým cvičením, během kterého dobrovolníky instruovali a učili, jak nejlépe plyometrii provádět. V průběhu jednotlivých cviků docházelo k maximální produkci svalové síly, což ve výsledku zvýšilo svalovou sílu u všech mužů. (Jensen, Flanagan, Ebben, 2008, s. 199-202)

Síla, kterou může sval vygenerovat, je závislá na pozici, ve které se sval nachází. Kontrakce svalu v excentrické fázi vede ke zvyšování svalové síly. Naopak přechod z koncentrické fáze do excentrické vede spíše ke zvyšování rychlosti než síly. (Vande Broek et al., 1994, s. 99-100) Aby při plyometrii docházelo k rozvoji síly, musí být excentrická fáze pomalá. To umožňuje delší čas vyvíjet sílu. (Bobbert et al., 1987, s. 336-338)

Při pomalejší excentrické fázi a přechodné fázi však není jasné, zda se ještě využívá elastická energie a reflexní mechanismy svalového vřetenka. (Flanagan, 2009, s. 2)

Dnešní výzkumy však ukazují, že snížení času přechodného období nebo excentrické fáze vede k vyšší návratnosti elastické energie uložené ve svalu a tím k vyšší výkonnosti. (Wilson, Flanagan, 2008, s. 1713; Flanagan, 2009, s. 2-3; Abass, 2009, s. 577; Li, 2011, s. 373)

Zvýšením rychlosti excentrické fáze se maximalizuje rychlost a síla koncentrické fáze, proto by se měla plyometrie provádět dynamicky, ne násilím. Takto plyometrie tvoří most mezi silou a rychlostí. (Petushek et al., 2010, s. 3-4; Markovic, Mikulic, 2010, s. 886-889; Frotun, Kernozek, 1997, s. 64)

Burgess et al. plyometrii jako techniku vedoucí k zvýšení svalové síly nedoporučují. Klasický izometrický trénink totiž může přinést stejné výsledky jako plyometrie. Ta navíc způsobuje zvětšené napětí v těle, častěji při ní dochází ke zranění a způsobuje svalovou bolest. (Burgess et al., 2007, s. 989)

3.2 Koncentrická kontrakce

Během excentrické fáze jsou svaly nataženy a absorbují elastickou energii. Tato energie je dočasně uložena a znovu se uvolní v koncentrické fázi cyklu prodloužení-zkrácení. Toto zesílení účinku je zvýšeno rychlostí excentrické fáze a maximalizováno krátkým přechodným obdobím. Při rychlých pohybech musí být technika plyometrie prováděna přesně a rozumně, jinak hrozí poranění pasivních struktur. (Flanagan, 2009, s. 3-4)

Pokud se rychlost excentrické fáze blíží rychlosti, která by mohla svaly poškodit, aktivuje se svalové vřetenko a reflexně stimuluje kontrakci agonisty. Takto svalové vřetenko přispívá k zvyšování výkonnosti. (Bobbert et al., 1987, s. 336-338)

Rychlost rozvoje síly je definována jako míra vzestupu kontraktilní síly na začátku svalové aktivity. (Aagaard et al., 2002, s. 1318-1326) Podle druhého Newtonova zákona aby vzestup kontraktilní síly byl vyšší, musí být vyšší svalová síla nebo nižší hmotnost. (Jensen, Flanagan, Ebben., 2008, s. 201)

3.3 Excentrická kontrakce

Na základě současných výsledků, se nezdají být změny excentrického vytížení v plyometrii po osmi týdenním tréninku dostatečné k tomu, aby ukázaly signifikantní změny. Tyto výsledky naznačují, že u netréované populace změny mohou trvat delší dobu. Pro vyhodnocování výsledků plyometrie je tedy mnohem lepší měřit intenzitu koncentrické kontrakce než excentrické vytížení. (Hawkins, Doyle, McGuigan, 2009, s. 2001-2002)

I Petushek ve své studiích uvádí, že excentrická fáze plyometrie spíše zvyšuje rychlost, než produkci síly. V excentrické fázi totiž vzniká kinetická energie, která je v přechodné fázi uložena do vazivové tkáně a zesiluje tak koncentrickou fázi plyometrie. (Petushek et al., 2009, s. 3-4; Wilson, Flagan, 2008, s. 1713)

3.4 Zlepšení hbitosti

Hbitost je schopnost udržovat nebo kontrolovat pozici těla při rychle se měnící sérii pohybů. Trénink hbitosti je považován za posilování motorických programů prostřednictvím neuromuskulárních stereotypů a neurální adaptace svalového vřetenka, Golgiho šlachového tělíska a proprioceptorů. (Potteiger et al., 1999, s. 277)

Šest týdnů sledovali Miller et al. vliv plyometrického tréninku na hbitost u čtrnácti dobrovolníků. Výsledkem bylo zlepšení časů u testů hbitosti, které provedli před začátkem výzkumu a na konci, a to o více než 10%. Kontrolní skupina se skládala taktéž z čtrnácti dobrovolníků a téměř žádné zlepšení časů nepřinesla. Díky velmi dobrým výsledkům plyometrii doporučují jak sportovcům, tak netréovaným lidem. (Miller et al., 2006, s. 459-465)

V dřívějších studiích se autoři domnívali, že ke zlepšení hbitosti plyometrií došlo díky rozšířenému náboru motorických jednotek. (Potteiger et al., 1999, s. 277; Miller et al., 2006, s. 463) Novější studie se domnívají, že ke zlepšení dochází díky lepší vazbě mezi proprioceptivními signály a odpovědí centrální nervové soustavy. (Craig 2004 in Miller et al., Miller et al., 2006, s. 460) Nelze však jednoznačně určit, která ze studií je pravdivá, a proto jsou nutné další testy.

Zlepšení hbitosti plyometrií je však jednoznačné a potvrzují ho všechny provedené studie. (Miller et al., 2006, s. 463; Sáez de Villareal et al., 2009, s. 500-504)

Úkoly zlepšující hbitost jsou obecně složité a v kombinaci s plyometrií je jejich náročnost opravdu vysoká. V tomto ohledu si autoři nejsou jistí, zda dochází ke zlepšení svalové síly nebo se pouze ovlivňují faktory motorického řízení. (Miller et al., 2006, s. 462-463; Young, Wilson, Byrne, 1999, s. 295-303)

Sáez de Villareal ve své studii uvádí, pokud netrénovaní lidé začnou s pravidelným plyometrickým tréninkem mohou dosáhnout většího zlepšení než trénované osoby. To je pravděpodobně způsobeno adaptací nervového systému, také dochází ke zlepšení koaktivace synergistických svalů. (Sáez de Villareal et al., 2009, s. 500-504)

3.5 Plyometrie ve vodě

Vodní prostředí je místem, kde dochází ke zmenšení balistických pohybů. Zejména ty vedou k mikrotraumatům, která plyometrie způsobuje, což sekundárně vede k bolesti. Vztlak vody snižuje zátěž vyvíjenou na klouby a pojivovou tkáň a zároveň klade svalům větší odpor než vzduch. (Robinson et al., 2004, s. 85-90) Proto Robinson et al. zkoumali vliv vodního prostředí na plyometrický trénink. Šestnáct žen osm týdnů provádělo plyometrický trénink ve vodě a druhá, kontrolní skupina, taktéž o počtu šestnácti žen prováděla standardní plyometrický trénink. Výsledkem této studie bylo zjištění, že plyometrický trénink prováděný ve vodě může přinést zvýšení výkonu a rychlosti. Navíc došlo k redukci bolesti svalů po tréninku. Proto plyometrický trénink prováděný ve vodním prostředí doporučují zejména v rehabilitaci, kde bolest může být výrazně limitujícím faktorem. (Robinson et al., 2004, s. 85-90) S těmito výsledky souhlasí i studie Fonseca et al. a Martela et al., (Fonseca et al. in Chewing, 2011, s. 2; Martel et al., 2005, s. 1815)

Vodní prostředí dále snižuje riziko vzniku zranění v porovnání s klasicky prováděnou plyometrií. (Martel et al., 2005, s. 1815)

3.6 Kombinace tréninků

Technika plyometrie je vhodná ke kombinaci s dalšími technikami či pomůckami. Nejčastějším případem je kombinace plyometrie a silového tréninku, kterou využívají zejména sportovci.

3.6.1. Plyometrie a silový trénink

Kombinace plyometrie a silového tréninku se zdá být ideální k zvýšení svalové síly. Silový trénink zvyšuje svalovou sílu, plyometrie využívá cyklu prodloužení – zkrácení. Protože tento typ tréninku obsahuje jak silovou, tak dynamickou složku bývá často označován jako „komplexní trénink“. Zvýšení zátěže v cyklu prodloužení – zkrácení způsobí mnohem větší svalovou aktivitu a tím zvýší anaerobní výkon. (Rahimi, Behpur, 2005, s. 87-88; Arabatzi, 2010, s. 2443; Tien et al., 2009, s. 78; Adams et al., 1992, s. 40) To potvrzuje i studie provedená Rahimim et al., kteří zkoumali účinek plyometrického tréninku, silového tréninku a jejich kombinace. Po šesti týdnech intenzivních tréninků došli k výsledku, že u plyometrické skupiny bylo zvýšení svalové síly o 37,31%, u silového tréninku o 16,25% a u jejich kombinace bylo zvýšení o 65,53%. Proto kombinaci plyometrie a silového tréninku doporučují jako metodu vedoucí rychle k velkému nárůstu svalové síly a aerobního výkonu. (Rahimi et al., 2006, s. 1-7) Ke zvýšení síly také přispívá to, že spolu často působí kinetická energie a gravitační energie zvětšená o zátěž. (Vossen et al., 2000, s. 251-252)

Použití principů plyometrie na posilovacích strojích vede k rychlejšímu zvětšení svalové síly. (Rahimi et al., 2006, s. 6) Takovýto trénink trvá kratší dobu, než klasický silový. Avšak v takovémto typu tréninku již nedochází k využití reflexních mechanismů jako u klasické plyometrie. (Stemm, 1993 in Liu et al., Liu et al., 2001, s. 149; Liu et al., 2008, s. 431) Při tomto typu tréninku často dochází k tomu, že jsou používána velmi těžká závaží v kombinaci s plyometrií. To však není vhodné, protože se výrazně snižuje počet opakování. Proto Behm a Sale doporučují, aby plyometrie byla prováděna se středně těžkým závažím. Dochází k dostatečnému náboru svalových

vláken a jsou stále možné dynamické pohyby. Takto dochází jak k rozvoji silových schopností, tak rychlosti. (Behm, Sale, 1993, s. 365-368)

Ebben ve svém výzkumu sledoval EMG hodnoty při kombinaci obou metod a nezjistil žádné výrazně lepší výsledky ve srovnání s plyometrií prováděnou bez zátěže. Nedošlo ani k navýšení hodnot GRF. (Ebben, 2002, s. 43)

Plyometrie je poměrně náročnou technikou sama o sobě a u netrénovaných jedinců je již hmotnost vlastního těla značnou zátěží. Při kombinaci plyometrie a silového tréninku u netrénované populace dochází k přetěžování. To vede k nutnosti delších odpočinků mezi sériemi a účinnost cvičení klesá. (Ebben, 2002, s. 43)

Proto se zdá být mnohem vhodnější kombinace plyometrie a silového tréninku pouze v rámci cvičební jednotky. I zde je důležité postupné zvyšování intenzity. (Jothi, Vinu, Eleckuvan, 2010, s. 124-126)

3.6.2 Plyometrie a elektromyostimulace

Samostatná aplikace elektromyostimulace (EMS) může být na hranici prahu bolestivosti. Souběžná volní kontrakce a EMS mohou snížit bolest a nepohodlí. Bylo zjištěno, že kombinace plyometrie a EMS je vhodná ke zvýšení svalové síly u netrénovaných osob. Překrývající se kontrakce vedou k rychlejšímu získání síly. Tato aplikace EMS je méně bolestivá, avšak pokud je účelem získání anaerobního výkonu, není vhodná kombinace s plyometrií. (Herrero et al., 2010, s. 1620-1621)

3.6.3 Plyometrie a kryoterapie

Kryoterapie se v praxi používá ke snížení bolesti, snížení otoku a teploty. Kryoterapie však snižuje aktivitu nervosvalového systému, tlumí propriocepci. (Grey et al., 2001, s. 925-933) Jiné studie ukazují pozitivní vliv na svalovou činnost. (Atnip, McCrory, 2004, s. 83-90)

Avela předpokládá, že útlum propriocepce je nahrazen vestibulárními a zrakovými podněty. Proto ve studii zabývající se vlivem plyometrie po kryoterapii na svalovou soustavu nezaznamenaly žádné signifikantní svalové změny jak v excentrické, tak koncentrické fázi plyometrie. Nepochází však k ukládání elastické

energie a její přeměně v koncentrii. Hrozí zde také poranění vazivového aparátu.(Avela, Komi, Snatos, 1996, s. 553-562; Viitasalo, Tremblay et al., 2001, s. 118-123; Schmid, Moffat, Gutierrez , 2010, s. 1-7)

4 DYNAMICKÁ STABILIZACE

Balanční trénink zlepšuje posturální stabilitu a může redukovat riziko zranění. K zajištění posturální stability jsou potřebné informace z vizuálních, vesikulárních a somatosenzorických drah. Somatosenzorické dráhy obsahují informace z dotkových receptorů a proprioceptorů. (Zech et al., 2010, s. 401; Reimann, Guskiewicz, 2000, in Craig, Gleeson, Eston, Craig, Gleeson, Eston 2008, s. 1073) Dynamická svalová stabilizace vzniká zpracováním plánu pohybu na základě smyslových vjemů. Svalová činnost umožňuje zpětnou vazbu pro řízení motoriky na základě reflexních drah, díky nimž dochází k náboru motorických jednotek. Zvýšená svalová aktivita zpevní sval tak, aby vstřebával zatížení působící na kloub. (Chimera et al., 2004, s. 27) Proto bývá dynamická stabilizace do rehabilitačních programů zařazována k optimalizaci výkonu, stabilizaci kloubu a prevenci vzniku zranění. (Zech et al., 2010, s. 392)

Zech et al. hledali efekt plyometrického tréninku na zlepšení rovnováhy a funkční výkonnosti. Shromáždili dvacet randomizovaných studií, které se zabývaly plyometrií a dynamickou stabilizací u netrénované populace mladší čtyřicet let. Efekt plyometrického tréninku je pozitivní, je však nutné dlouhodobější provádění. Došlo ke zlepšení jak posturální, tak dynamické stability ve srovnání se stavem před tréninkem. (Zech et al., 2010, s. 392)

Balanční trénink kombinovaný s plyometrií ovlivňuje dynamickou posturální stabilitu a tím výrazně zlepšuje rovnoměrné rozložení sil působících na kloub a jeho stabilitu. V excentrické fázi plyometrie dochází ke změnám proprioceptivní funkce díky stimulaci svalových receptorů, svalových vřetének a Golgiho šlachového tělíska. Změny propriocepce vznikají rychlým střídáním excentrické a koncentrické kontrakce. (Twist, Gleeson, Eston, 2008, s. 1073-1080; Ebben et al., 2010, s. 3-4)

Praktické použití plyometrie v rehabilitaci, jako prostředku ke zvýšení dynamické stability, by mělo začít plyometrií nízké intenzity a tu postupně zvyšovat na základě výsledků zvyšující se stability. (Ebben et al., 2010, s. 3-4)

Několik studií zjistilo, že příliš častou stimulací svalového vřeténka a Golgiho šlachového tělíska dochází ke změně jejich citlivosti. (Johnston et al., 1998, s. 1703-

1707; Twist, Gleeson, Eston, 2008, s. 1078) Po plyometrickém tréninku dochází k vyčerpání těchto řídicích mechanismů a může dojít ke snížení výkonnosti i stability. Vzniká tak větší riziko zranění. (Twist, Gleeson, Eston, 2008, s. 1078)

4.1 Čas na stabilizaci

Obtížnost dynamické stabilizace v plyometrickém tréninku může být hodnocena jako čas na stabilizaci (*time to stabilization*). Čas na stabilizaci popisuje schopnost minimalizovat výkyvy při přechodu z dynamické do statické fáze pohybu. Jedná se spíše o funkční test, než tradiční měření. (Wikstrom et al., 2006, s. 393-410; Ebben et al., 2010, s. 300-306) Petushek, Garceau a Ebben tuto hodnotu měřili jako čas potřebný k zajištění kontroly nad segmentem v excentrické fázi pohybu. Znalost této proměnné umožní přesně určit míru intenzity plyometrického tréninku a sledovat pokrok pacienta. Na začátku tréninku by hodnoty pro jednotlivé cviky měly být co nejnižší a postupně se zvyšovat. (Petushek, Garceau, Ebben, 2010, s. 3-4)

5 ADAPTACE NA PLYOMETRII

Adaptace je proces, při němž se organismus přizpůsobuje vnějším podmínkám. Během plyometrického tréninku se opakuje cyklus prodloužení- zkrácení a tudíž je logické, že tělo se přizpůsobí.

5.1 Adaptace kosterních svalů

Plyometrie zvyšuje obsah vláken typu IIa v kosterním svalstvu, která zajišťují rychlé a silové pohyby, a to již během 8 týdnů tréninku. (Potteiger et al., 1999, s. 275-279) Jiné studie ukazují, že složení vláken se nemění. Tyto studie zjistily, že se mění kontraktilita kosterního svalu a ke kontrakci dochází v kratší době. Její rychlost se zvýšila zejména ve vláknech typu IIa, výkon se zvýšil u všech vláken. (McBride et al., 2002, s. 80)

Plyometrie způsobuje hypertrofii svalových vláken. Dle Potteigera se průměr vláken typu I zvětšil o 23%, IIa o 22% a IIb o 30% v musculus vastus lateralis. (Potteiger et al., 1999, s. 275-279) I další studie uvádí zvětšení svalové hmoty okolo 20%. (Perez-Gomez et al., 2008, s. 501-510; Hakkinen et al., 1990, s. 91-98) Naopak Kyröläinen et al. nepozoroval žádné změny vláken v průřezu svalu. (Kyröläinen et al., 2005, s. 62)

I uvnitř svalového vlákna probíhají adaptační změny na plyometrický trénink. Dochází k posunu těžkého řetězce myosinu, ten se přímo účastní procesu tvorby svalové síly při svalové kontrakci, zatímco titin, velký protein upevňující Z linie v sarkomeře, přispívá ke zvětšení elasticity svalových vláken. K těmto změnám dochází zejména v IIa vláknech. Kosterní sval je plastickou tkání a přizpůsobuje se druhu a míře zátěže. (McBride et al., 2002, s. 80)

Li naznačuje, že plyometrický trénink vede k většímu svalovému napětí během cyklu prodloužení - zkrácení, což zlepšuje ukládání a použití elastické energie. (Li, 2011, s. 371)

5.2 Adaptace šlach

Během plyometrie dochází k opakovanému prodlužování a zkracování komplexu sval – šlacha. Během tohoto cyklu se v excentrické fázi ukládá elastická energie a v koncentrické fázi je využívána. V cyklu prodloužení - zkrácení hraje tuhost šlachy významnou roli. (Komi, 2000, s. 184-202) V názoru, zda je tužší šlacha výhodná či ne, nejsou autoři jednotní.

Tuhá šlacha je optimální pro výkon a cyklus prodloužení – zkrácení, neboť umožňuje rychlejší a účinnější přenos svalové síly na kostru a tedy vyšší míru rozvoje svalové síly. Zvětšená tuhost totiž vzniká vytvářením vazeb mezi jednotlivými kolagenními vlákny. Tento proces probíhá během adaptace na plyometrický trénink, dochází tak k vyrovnávání mechanických sil působících na šlachu. Tuhá šlacha je výhodná pro silové aktivity, protože je odolnější v tahu. (Fouré et al., 2010, s. 54; Wu et al., 2010, s. 4-5; Cornu, Silverira, Goubel, 1997, s. 284-285; Burgess et al., 2007, s. 988)

Jiné studie ukazují, že tuhý přechod svalu a šlachy má negativní vliv na výkonnost v koncentrické fázi cyklu prodloužení - zkrácení. Poddajnější šlacha může uchovávat více elastické energie a tím zlepšovat výkon v cyklu prodloužení - zkrácení. (Kubo et al., 2007, s. 1801-1810; Grosset et al., 2009, s. 138; Fouré, Noerdez, Cornu, 2010, s. 849-854) Kubo et al. ve své studii uvádí, že plyometrie tuhost šlachy nezvyšuje, protože během rychlých změn v cyklu prodloužení-zkrácení nemůže k tomuto adaptačnímu mechanismu dojít. (Kubo et al., 2007, s. 1807)

Fouré et al. se snažil najít příčinu rozporů těchto studií a vytvořil hypotézu, že plyometrie má různý vliv na tuhost šlachy jednokoubových a dvoukloubových svalů. (Fouré et al., 2009, s. 817)

Tato kontrastní zjištění mohou odrážet řadu problémů. Například zda techniky využívané k měření tuhosti šlach jsou přesné, nebo zda došlo k jasnému oddělení svalových a šlachových komponent. (Kubo et al., 2007, s. 1808)

5.3 Adaptace kostní tkáně

Je obecně uznávaným faktem, že fyzický pohyb má pozitivní vliv na kostní hmotu. A to zejména u dynamických aktivit, k nim patří i plyometrie. Při plyometrickém tréninku tedy dochází ke zvýšení obsahu kostní tkáně. Nárůst kostní hmoty je o 1% až 8%. Dále zvyšuje obsah kostních minerálů a hustotu kosti a to jak u dětí, tak u žen před menopauzou. Výsledky neukázaly změny kostní hmoty u žen po menopauze. (Witzke, Snow, 2000, s. 1051-1057; Markovic, Mikulic, 2010, s. 861)

5.4 Neurální adaptace

Nervové řízení, včetně centrálního a periferního, hraje klíčovou roli v cyklu prodloužení - zkrácení. Proto je přirozené, že při plyometrickém tréninku dochází k neurální adaptaci. (Komi, 2000, s. 81-121; Wang et al., 2001, s. 71) Přesto provedené studie ukazují protichůdné výsledky.

Chimera et al. uvádí, že se zrychlilo zapojení stabilizačních svalů a zlepšila se koaktivace agonistických a antagonistických svalových skupin. Tyto nové motorické strategie vznikly během plyometrického tréninku. (Chimera et al., 2004, s. 27) Kyröläinen et al. taktéž zjistil rychlejší aktivaci svalů. (Kyröläinen et al., 2005, s. 58-64) Kubo et al. zjistil pouze rychlejší aktivaci agonistických svalů. (Kubo et al., 2007, s. 1808; Rahimi et al., 2006, s. 6)

6 DOLNÍ KONČETINA

6.1 Vliv plyometrie na svaly dolní končetiny

Znalost svalů, které ovlivňuje plyometrický trénink je pro fyzioterapeuta klíčová, protože jen tak může zvolit optimální rehabilitační program pro daného pacienta. (Ebben et al., 2009, s. 1-8)

Musculus (m.) gluteus medius je nejvíce koncentricky aktivován krokem vzhůru, největší excentrická aktivace je při sestupu z výšky stranou, kdy se končetina dostává do addukce a současně nese celou váhu dolní končetiny. M. gluteus maximus během různých prvků plyometrie neprokázal výraznější aktivaci. M. vastus medialis a lateralis byly aktivovány jak v excentrické, tak koncentrické fázi téměř všech plyometrických cvičení. (Simenz et al., 2008, s. 3) Pro posílení m. quadriceps femoris jsou vhodnější aktivity na obou dolních končetinách, než na jedné a raději na rovině, než seskoky. (Ebben, Simenz, Jensen, 2008, s. 866) Plyometrický trénink stimuluje časnější aktivaci adduktorů, které působí i na kolenní kloub a uvádějí do více biomechanicky výhodnější pozice. M. tensor fasciae latae pracuje současně s m. quadriceps femoris při flexi kolenního kloubu, zatímco m. gracilis pracuje současně s hamstringy. To znamená, že tyto svaly se podílejí na stabilizaci kolenního kloubu. Plyometrie zlepšuje tyto stabilizační funkce svalů a tím předchází vzniku zranění. (Chimera et al., 2004, s. 27)

Hamstringy jsou často zkrácenou svalovou skupinou, je důležité zabránit jejich dalšímu zkrácování, protože by ztratili svoji pružnost a takový sval se nemůže plnohodnotně uplatnit v cyklu prodloužení-zkrácení. Excentrická fáze plyometrie má pozitivní vliv na napětí hamstringů. (Comfort, Green, Matthews, 2009, s. 69-71)

Během většiny plyometrických aktivit dochází k posilování m. gastrocnemius, zvýšení svalové síly je větší než u klasického silového tréninku. (Mehdipour et al., 2008, s. 105) Aktivita m. gastrocnemius je důležitá pro stabilizaci hlezenního kloubu,

proto jeho aktivita je největší před dopadem na zem. Naopak m. soleus je aktivnější až při kontaktu se zemí. (Ball, Scurr et al., 2009, s. 1433-1434)

6.2 Užití plyometrie na LCA

Přední zkřížený vaz (ligamentum cruciatum anterior-LCA) je sekundární statický stabilizátor kolena zabraňující rotacím, přispívající k anterolaterální a anteromediální stabilitě kolenního kloubu. (Norwood, Cross, 1979, s. 23-26) Ženy jsou k poranění LCA 4 až 6 krát náchylnější než muži, přesto k většině poranění dochází u mužů. K většině poranění dochází bezkontaktně náhlým zpomalením či změnou směru. (Yoo et al., 2010, s. 824)

6.2.1 Prevence ruptury LCA

Incidence poranění LCA je poměrně vysoká, proto je prevence klíčovým prvkem při snižování dopadu poranění LCA. Prevence bezkontaktního poranění LCA by se měla zaměřit na neuromuskulární a biomechanické faktory. Plyometrie zvyšuje svalovou sílu a rychlost a právě zvýšená svalová síla vede ke stabilizaci kolenního kloubu. Samotné posilování nemá na stabilizaci kolenního kloubu tak silný efekt, protože neobsahuje přirozené biomechanické komponenty. (Yoo et al., 2010, s. 827-829; Lim, Lee, Kwon, 2009, s. 1) Plyometrie spojená s dynamickou stabilizací může snížit valgozní postavení v kolenním kloubu, které je rizikové pro vznik ruptury LCA. (Hewett et al., 2005, s. 492-501)

Myer et al. zkoumali vliv plyometrie na biomechaniku kolenního kloubu a prevenci rizika poranění LCA. Osmnáct žen bylo rozděleno na dvě skupiny, kdy jedna prováděla plyometrický trénink a druhá klasický balanční trénink. Kinematika dolních končetin byla poté měřena 3D analýzou pohybu. Výsledkem této studie bylo zjištění, že obě techniky snižují valgozní postavení v kolenním kloubu. Plyometrie navíc ovlivňuje kinematiku kolenního kloubu v sagitální rovině. V klinické praxi je tedy plyometrie vhodnou technikou vedoucí k prevenci poranění předního zkříženého vazů. (Meyer et al., 2005, s. 445-454)

Kadaverózní studie ukázaly velké zatížení LCA u malé flexe kolenního kloubu spojené se silnou kontrakcí musculus quadriceps femoris. Rychle se rozvíjející pohyb při plyometrii nefacilituje volní posturální aktivitu, ta je dána reflexně. Plyometrií dochází k protažení a posílení hamstringů, ty poté omezují rotační komponentu musculus quadriceps femoris a tak předchází ruptuře LCA. Dále při plyometrickém tréninku dochází ke zlepšení synergistických a antagonistických vztahů. (Hewett et al., 2005, s. 492-501, Myer et al., 2005, s. 453)

6.2.2 Plyometrie po plastice LCA

Ruptura LCA je závažné poranění kolenního kloubu, způsobuje funkční problémy, které souvisí se zvýšenou kloubní laxitou. Obnova neuromuskulárního řízení končetiny patří ke klíčovým momentům obnovy dynamické stability kloubu. Neuromuskulární řízení zamezí sublukačnímu postavení a tak sníží riziko dalších zranění. (Chmielewski et al., 2005, s. 740-749) Dále je důležité snížení bolesti a otoku, zvětšení rozsahu pohybu, obnova svalové síly a postupná adaptace na zátěž během funkčních aktivit. (Kannus et al., 2003, s. 150-154) Díky neuromuskulárnímu tréninku pacient získá větší důvěru v kolenní kloub a optimalizuje schopnost kontroly pohybu během funkčních aktivit. (Bernier 2003 in Newrerry, Bishop, Newrerry, Bishop, 2006, s. 162)

Všechny provedené studie uvádí, že plyometrie zlepšila funkci kolenního kloubu lépe než silový trénink. (Risberg et al., 2007 s. 743; Newberry, Bishop, 2005, s. 165) Kromě kolenního kloubu je klíčová stabilita pánve a kyčle. Plyometrie se zaměřuje na dynamickou stabilizaci kolenního kloubu při různých činnostech. Během rehabilitace musí pacient udržovat kontrolu nad prováděným pohybem. Pro ztížení se využívají pozice na labilních plochách, nebo na jedné dolní končetině. Plyometrické cvičení zahrnující cyklus prodloužení – zkrácení zvyšuje svalovou sílu v rehabilitačním programu lépe než klasický silový trénink. Ve srovnání s klasickým silovým tréninkem zlepšuje plyometrie pacientovo vnímání kloubu. (Risberg et al., 2007, s. 742-745)

Plyometrické cvičení vede k lepší úrovni funkčnosti a díky tomu má pacient lepší pocit během provádění pohybů. K těmto pozitivním změnám dochází již po čtyřech týdnech tréninku. Dalším účinkem je snížení otoku a bolesti, což má pozitivní vliv na celý průběh rehabilitace. (Newrerry, Bishop, 2006, s. 165)

Riberg et al., zkoumali vliv plyometrie a silového tréninku u pacientů po rekonstrukci předního zkříženého vazů během prvních šesti měsíců od operace. Jednalo se o sedmdesát čtyři pacientů, kteří byli kontrolováni a pravidelně testováni, aby výsledky studie mohly být co nejpřesnější. Tato studie nezjistila rozdíly mezi silovým a plyometrickým tréninkem pokud se jedná o propriocepci, stabilitu a svalovou sílu. Plyometrická skupina však měla celkově lepší funkčnost kolenního kloubu a pacienti měli v kolenní kloub větší důvěru. Tyto výsledky ukazují, že plyometrie může být úspěšnou součástí rehabilitace po plastice LCA. (Risberg et al., 2007, s. 737-746)

6.3 Stabilita hlezenního kloubu

Podvrtnutí kotníku patří k nejčastějšímu poranění při fyzické aktivitě a jeho recidiva je vysoká. Nejčastěji dochází k poranění postranního vazů. Opakované vymknutí kotníku může způsobit funkční nestabilitu kotníku, která se projevuje pocitem nestability a podlomováním se kotníku při stoji. Rehabilitační postupy po vymknutí hlezenního kloubu by měly obsahovat neuromuskulární trénink sloužící k zlepšení senzomotorických schopností hlezenního kloubu. (O'Driscoll, Kerin, Delahunt, 2011, s. 1; Huang, Lin, 2010, s. 232) Jedním z hlavních mechanismů poranění hlezenního kloubu je abnormální postavení v kloubu při kontaktu se zemí. (O'Driscoll, Kerin, Delahunt, 2011, s. 1)

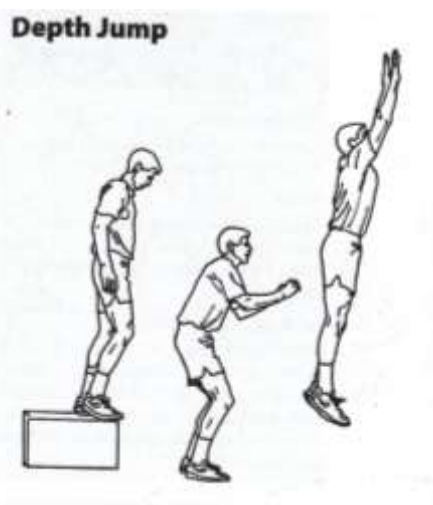
Plyometrie zmenšuje úhel plantární flexe při dopadu chodidla na zem a tím snižuje riziko poranění. Zvětšená plantární flexe při prvním kontaktu se zemí je považována za jeden z rizikových faktorů pro zranění hlezenního kloubu. (O'Driscoll, Kerin, Delahunt, 2011, s. 8) Dalším rizikovým postavením v kloubu při kontaktu se zemí je inverze, při ní dochází zejména k poranění postranního vazů. I toto postavení plyometrický trénink zmenšuje a k bočnímu výronu v hlezenním kloubu dochází méně často. (Ismail et al., 2010, s. 530) Plyometrie pozitivně ovlivňuje i statickou stabilitu, optimalizuje rozložení sil působících na hlezenní kloub. (Huang, Lin, 2010, s. 235)

Huang a Lin se zabývali vlivem plyometrického tréninku na posturální stabilitu. Dvanáct mladých mužů provádělo plyometrický trénink během šestitýdenního

výzkumu. Výsledky zahrnovaly kinematické parametry, čas ke stabilizaci a stabilitu na jedné dolní končetině. Výsledky ukazují, že plyometrický trénink zlepšuje posturální stabilitu a tím i stabilitu hlezenního kloubu, protože došlo ke zlepšení distribuce tlaků působících na jednotlivé klouby. (Huang, Lin, 2010, s. 232-235)

6.4 Konkrétní cviky

Pro zvýšení výkonnosti jsou vhodné seskoky do hloubky, což je seskok z výšky následovaný výskokem, nebo dva po sobě jdoucí skoky do dálky. (Wallace et al., 2010, s. 211) Seskok do hloubky a seskok následovaný výskokem se vzpažením výrazně zvyšují svalovou sílu dolních končetin. Dochází při nich k využívání elastické síly a vysokému náboru motorických jednotek. Mají tak tendenci rychle rozvíjet svalovou sílu. (Abass, 2009, s. 581; Asadi, 2011, s. 40) Seskok následovaný výskokem se vzpažením výrazně zkracuje spojovací období mezi excentrickou a koncentrickou fází plyometrie. Aby ke zkrácení této fáze mohlo dojít, je nutný nábor většího počtu motorických jednotek. Dochází tak k lepšímu výkonu a většímu využití elastické energie. (Horita et al. in Ford et al., Ford et al., 2005, s. 397; Marshall, Moran, 2008, s. 520) Plyometrií se dají zpestřit i prosté dřepy. Bosco et al. uvádí, že takto lze dosáhnout zvětšení výkonu svalů až o 81 %. (Bosco et al., 1981, s. 135-140) Je však nutné neustále sledovat, zda daná intenzita je pro pacienta vhodná, jinak by mohlo dojít ke zranění nebo přetrénování. (Wallace et al., 2010, s. 211)



Obr. Depth Jump (Chu, 1998, s. 113)

7 HORNÍ KONČETINA

Rehabilitační programy zaměřující se na horní končetinu začleňují plyometrické aktivity k obnově nervosvalové kontroly a funkční stability kloubů. (Swanik et al, 2002, s. 579)

7.1 Ramenní kloub

Plyometrie pracuje s elasticitou vazivové tkáně, v prodlužovací fázi dochází k jejich protažení, u vazivových struktur dochází k adaptaci na tato protahování a výsledkem je zvýšení pasivních rozsahů pohybu. Takto plyometrie zvětšuje pasivní rozsah vnitřní rotace v ramenním kloubu. (Fortun, Kernozek, 1997, s. 69) Fortun et al. ve své studii zaznamenali i zvětšení rozsahu pasivně prováděné zevní rotace. (Schulte-Edelmann et al., 2005, s. 129)

Fortun a Kernozek zjišťovali vliv plyometrického tréninku na rotátory ramene u sedmnácti mužů. Další sedmnáct mužů tvořilo kontrolní skupinu. Jednotlivé hodnoty byly měřeny na začátku výzkumu a po čtyřech týdnech tréninku. Nebylo zjištěno zvětšení aktivní hybnosti do zevní rotace, ale výrazný nárůst pasivně prováděné zevní rotace a to asi o 10°. (Fortun, Kernozek, 1997, s. 63-70)

Během plyometrické aktivity dochází k pohybům lopatky a aktivuje i se hrudní svalstvo, což je důležitou součástí rehabilitace ramenního kloubu. (Peters, George, 2007, s. 355)

Plyometrie pracuje s reflexními aktivitami, stimuluje tedy jak periferní, tak centrální nervovou soustavu. Dochází k úpravě citlivosti svalového vřetenka a Golgiho šlachového tělíska. (Barker et al., 1974, in Swanik et al., Swanik et al., 2002, s. 579) V periferní nervové soustavě dochází ke stimulaci mechanoceptorů během konečné části pohybu excentrické fáze. (Lephart et al., 1996, in Swanik et al., Swanik et al., 2002, s. 584) Změny svalově šlachového komplexu v excentrické fázi stimulují

svalová vřeténka a šlachová tělíska, což zvyšuje množství aferentních vjemů jdoucích do centrálního nervového systému. (Davies, Dickoff-Hoffman, 1993, s. 452)

Wilson et al. neshledali plyometrický trénink použitý na horní končetiny efektivní. Na horních končetinách bývá výrazněji méně svaloviny a již při práci s vlastní vahou končetiny dochází k přetížení. Hodnotili rychlost a sílu končetin. (Wilson, Murphy, Giorgi, 1996, s. 301-315) Ani Schulte-Edelmann et al. ve své studii nezaznamenali žádné zlepšení. Neshledávají však plyometrii nevhodnou, ale upozorňují na fakt, že plyometrický trénink probíhá v otevřeném kinematickém řetězci, ale testování probíhá v uzavřeném. (Schulte-Edelmann et al., 2005, s. 134)

7.1.2 Stabilizace ramenního kloubu

Stabilizace ramenního kloubu zahrnuje jak posílení dynamických stabilizátorů, tak obnovu neuromuskulární kontroly nad prováděnou funkční činností. Plyometrie ovlivňuje propiocepci a polohocit, což jsou vlastnosti důležité pro obnovu funkční stability. Výhodou plyometrie je, že současně svaly stimuluje, posiluje je a zlepšuje vědomí o prováděném pohybu. Pohybocit je další smyslovou informací provázející plyometrii. K jejímu zlepšení dochází adaptací svalových vřetének a Golgiho šlachového aparátu. (Swanik et al., 2002, s. 583-585)

Poruchy stabilizace ramenního kloubu přímo souvisí se slabými svaly rotátorové manžety, kterou tvoří m. supraspinatus, infraspinatus, subscapularis a teres minor. Jejich posílení je důležité pro obnovení funkční stability ramenního kloubu. Tyto svaly působí kompresi hlavice humeru do fossa glenoidea. K zlepšení těchto svalů při plyometrickém tréninku došlo díky zvýšenému náboru motorických jednotek a efektivnějšímu využití elastické energie. Funkční stabilita ramenního kloubu vyžaduje, aby docházelo k produkci maximální síly v co nejkratším čase. Plyometrický trénink optimalizuje poměr sil mezi vnitřními a zevními rotátory ramenního kloubu, což je dalším důležitým aspektem stabilizace ramenního kloubu. (Swanik et al., 2002, s. 583-585; Peters, George, 2007, s. 351)

Většina studií uvádí, že plyometrie by měla být prováděna až v pozdějších stádiích rehabilitace. Swanik et al. však s tímto tvrzením nesouhlasí, neboť plyometrie nemusí být prováděna maximální silou a její intenzita může být dávkována přesně dle potřeby pacienta. (Swanik et al., 2002, s. 585)

Frotun a Kernozek ve své studii nezaznamenali žádné změny propriocepce nebo polohocitu po plyometrickém tréninku. To může být způsobeno nedostatečně citlivou metodou pro měření výsledků, pokud ke změnám dojde, nebo krátkou dobou tréninku, která nemohla nápadnější změny vyvolat. (Fortun, Kernozek, 1997, s. 69) Žádné změny nezaznamenal ani Heiderscheit, McLean a Davies. Studie však byla prováděna na zdravých dobrovolnících. Předpokládají tedy, že u pacienta s poruchou propriocepce by ke zlepšení dojít mohlo. (Heiderscheit, McLean a Davies, 1996, s. 132)

7.2 Loketní kloub

Onemocnění lokte často vznikají mikrotraumatizací během pohybů. Dorzální část loketního kloubu je místem vzniku tlakových, tahových a torzních sil během akcelerace a fáze zpomalení. To může vést ke vzniku stresových zlomenin olecranonu nebo jiných zranění. (Wilson, Murphy, Giorgi, 1996, s. 301-315) Cílem rehabilitace po zranění či operaci lokte je co nejrychleji obnovit předchozí funkční úroveň. (Wilk, Reinold, Andrews, 2004, s. 766)

Wilk, Reinold, Andrews doporučují plyometrický trénink v pozdějších stádiích rehabilitace, v období intenzivního posilování. Během plyometrického tréninku je nutné kontrolovat techniku provádění pohybu, protože právě špatná biomechanika pohybů byla často příčinou poranění loketního kloubu. M. biceps brachii je důležitým stabilizátorem při přechodu z koncentrické do excentrické fáze. Zabraňuje styku olecranonu a fossa olecrani. (Wilson, et al. in Wilk, Reinold, Andrews, Wilk, Reinold, Andrews, 2004, s. 779) Plyometrie zvětšuje sílu extensorů lokte, protože cyklus prodloužení-zkrácení je biomechanicky výhodný k facilitaci extensorů. (Schulte-Edelmann et al., 2005, s. 134)

7.3 Konkrétní cviky

Plyometrický trénink může být velmi prospěšnou formou funkčního cvičení pro svaly ramenního a loketního kloubu. Nejprve začínáme cviky prováděnými oběma

rukama a postupně přecházíme k cvikům prováděným jednou rukou. Postupně také můžeme při jednotlivých prvcích plyometrického tréninku zvětšovat flexi jak v ramenním, tak v loketním kloubu dle potřeb pacienta. Může se jednat například o hody míčem na cíl, kdy má pacient 90°abdukce v ramenním kloubu a 90°flexe v loketním kloubu, při hodů dochází k přechodu ze zevní rotace v ramenním kloubu do vnitřní. Dále pacient může mít loket u těla s 90°flexi v loketním kloubu a zevní rotací v ramenním kloubu a házet míček dopředu. (Peters, George, 2007, s. 355-359) Hod, kdy pacient stojí k cíli bokem, může být spojen s rotací v trupu. Hody může provádět pacient proti stěně nebo společně s terapeutem, aby mohl míč i chytat. (Wilk, Meisner, Andrews, 2002, s. 143-145) Pro stimulaci svalů předloktí je dobré vyhazovat míč do vzduchu s loktem opřeným o podložku. Těžší modifikací tohoto cviku je udělování míčku i rotační komponentu. (Wilk, Reinold, Andrews, 2004, s. 779-787)



Obr. 2. Plyometrie zápěstí (Wilk, Reinold, Andrews, 2004, s. 781)

8 DISKUZE

Přesto, že se o plyometrii často mluví jako o jedné z možností rehabilitace, existuje poměrně malé množství studií na toto téma, které by ji jednoznačně doporučily.

Přesné indikace či kontraindikace plyometrie nejsou zcela jasné. Chmielewski et al. ve své studii popsali požadavky, které pacient musí splnit, aby byl schopen plyometrický trénink zvládnout. Pacient by neměl mít porušené neuromuskulární řízení, svalová síla by měla umožnit provádět pohyb proti gravitaci, lépe však proti odporu. Kontraindikací plyometrie je akutní zánět nebo bolest, stav bezprostředně po operaci, kloubní instabilita. Dále definoval relativní kontraindikace, jako jsou různé patologie kloubů, například artritidu, zhmoždění kosti a poranění chondrální části kloubu. (Chmielewski et al., 2006, s. 313)

Ostatní autoři se nepokouší jmenovat konkrétní indikace či kontraindikace. Hledají přesnou míru intenzity plyometrického tréninku. Tuto metodu Ebben et al. nepovažují za ideální, protože intenzita závisí na cíli plyometrického tréninku. Pokud je cílem zvýšení výkonnosti, je vhodné začít nižší intenzitou a tu postupně zvětšovat. Pokud je cílem zvýšení svalové síly, je vhodnější vysoká intenzita s malým počtem opakování. Pro rozvoj rychlosti je vhodná nízká intenzita kombinovaná s rychlým prováděním plyometrického tréninku. (Ebben et al., 2010, s. 3-4)

K určení intenzity se používá index reaktivní síly, což je výška skoku dělená časem kontaktu. (McClymont, Horu, 2003, s. 1) Tento vzorec však neumožňuje výpočet pro horní končetiny a není vhodný pro jiné plyometrické techniky, než jsou výskoky. Proto se Ebben a Petushek snažili jej modifikovat jako rozdíl časů excentrické a koncentrické fáze pohybu. Tento vzorec považují za mnohem přesnější. (Ebben, Petushek, 2010, s. 1985-1987) Pokud však dochází k opakovanému měření, je nutné dodržet všechny podmínky prvního měření, tedy stejné místo, čas a stejné provedení plyometrický prvek. (Leissring et al., 2009, s. 3-4)

Další možnou metodou, jak přesně určit intenzitu plyometrického tréninku je síla pozemní reakce. Přestože výpočet tohoto vzorce je doporučován v rehabilitaci, je pro

běžnou praxi nepraktický, protože každý prvek plyometrie má jiné parametry provedení. (Leissring et al., 2010, s. 3-4; Jensen, Ebben, 2005, s. 375-376)

Proto dochází k tomu, že intenzita plyometrie je určována empiricky. To může vést k přetrénování. Zejména proto je vhodné vkládat období regenerace a odpočinku jak mezi jednotlivé cviky, tak mezi jednotlivé tréninky. Během plyometrie může docházet k mikrotraumatizaci svalových struktur. Vzniká tak bolest kloubů, zmenšení rozsahu pohybu a snížení výkonnosti. (Twist, Gleeson, Eston, 2008, s. 11078; Chatzinikolaou et al., 2010, s. 1396)

Většina dnešních studií se shoduje na tom, že plyometrický trénink vede ke zvětšení svalové síly díky absorpci elastické energie v excentrické fázi a jejím uvolněním v koncentrické fázi. Markovic a Mikulic prošli 56 studií zkoumající vliv plyometrie na svalovou sílu. Výsledky ukazují, že plyometrie vyvolává zvýšení svalové síly v rozmezí od 3,2 % do 45,1%, ale vždy svalovou sílu zvyšuje a to jak u sportovců, tak u netrénované populace. (Markovic, Mikulic, 2010, s. 869) Ne zcela jasné je, která z plyometrických technik je pro zvětšení svalové síly nejvhodnější. Bobber et al. doporučuje, aby excentrická fáze cyklu prodloužení - zkrácení byla co nejdéle a tím došlo k co největší produkci síly. (Bobbert et al., 1987, s. 336-338) Flanagan však namítá, že při pomalé excentrické kontrakci nemusí být využita elastická energie a reflexní mechanismus svalového vřetenka, na kterém je plyometrický trénink založen. (Flanagan, 2009, s. 2) Dnešní studie podporují zejména co největší zkrácení přechodné fáze, což vede k vyššímu využití elastické energie a tím zvýšení svalové síly. (Wilson, Flanagan, 2008, s. 1713; Flanagan 2009, s. 2-3; Bass, 2005, s. 1; Li, 2011, s. 373) Aby zkrácení přechodné fáze bylo možné, je nutné plyometrii provádět dynamicky, ne silově a optimální intenzitou. (Petushek et al., 2009, s. 3-4; Markovic, Mikulic, 2010, s. 886-889; Frotun, Kernozek, 1998, s. 64) Dynamicky prováděný pohyb vyžaduje přesné provedení, jinak hrozí poranění měkkých struktur. (Flanagan, 2009, s. 3-4)

Burgess et al. však plyometrii jako metodu vedoucí ke zvýšení svalové síly nedoporučuje, protože stejného, mnohdy i lepšího výsledku lze získat klasickým silovým tréninkem. (Burgess et al., 2007, s. 989)

Miller et al. studovali na osmnácti dobrovolnících účinek plyometrického tréninku. Zjistili, že plyometrie výrazně zlepšuje hbitost. (Miller et al., 2006, s. 463) Tyto výsledky potvrdily i další studie. (Saéz de Villareal et al., 2009, s. 500-504;

Twist, Gleeson, Eston, 2004, s. 1073-1080; Potteiger et al., 1999, s. 277) Saéz de Villrael et al. zjistili, že zlepšení hbitosti nastává mnohem rychleji u netrénované populace, než u sportovců. (Saéz de Villareal et al., 2009, s. 500-504) Není však zcela jasné, co k tomuto zlepšení vede. Dochází ke zlepšování hybných stereotypů prostřednictvím neuromuskulární stimulace a neurální adaptace (Potteiger et al., 1999, s. 277) nebo za zlepšením hbitosti stojí pouze zvýšení svalové síly (Miller et al., 2006, s. 462-463; Young, Wilson, Byrne, 1999, s. 295-303)? Dřívější studie zlepšení hbitosti připisovaly rozšířenému náboru motorických jednotek. (Potteiger et al., 1999, s. 277; Miller et al., 2006, s. 463) Dle dnešních studií jde spíše o zlepšení komunikace mezi proprioceptivními signály a odpovědí centrální nervové soustavy, než o pouhé zvětšení svalové síly, protože plyometrický trénink, který by měl vést ke zlepšení hbitosti je opravdu náročnou technikou. (Miller et al., 2006, s. 463; Sáez de Villareal et al., 2009, s. 500-504)

Plyometrie bývá velice často kombinována se silovým tréninkem, ne všechny studie však potvrdily vhodnost tohoto spojení. Ebben a Watts již samotnou plyometrii považují za velmi náročnou tréninkovou metodu a její kombinace s různým závažím, či její provádění na posilovacích strojích je až příliš náročné. (Ebben, 2002, s. 43) Navíc Ebben ve své studii zjistil, že plyometrie je stejně účinná jak samotná, tak kombinovaná se silovým tréninkem, neboť při kombinaci obou metod je nutný menší počet opakování. (Ebben, et al., 2002, s. 43) Jothi, Vinu a Eleckuvan proto doporučují, aby plyometrie i silový trénink byly prováděny samostatně. (Jothi, Vinu, Eleckuvan, 2010, s. 2-3)

Naopak Rahimi tuto kombinaci tréninkových technik doporučuje, protože dochází k využití principů obou technik současně, což vede k lepšímu a rychlejšímu nárůstu svalové síly. (Rahimi et al., 2006, s. 3-6) I další autoři tuto kombinaci doporučují. Tento typ tréninku trvá kratší dobu, protože je mnohem intenzivnější. (Rahimi et al., 2006, s. 6; Rahimi, Behpur, 2005, s. 87-88; Arabatzi, 2010, s. 2443; Tien et al., 2009, s. 78; Adams et al., 1992, s. 40) Aby i nadále mohlo docházet k reflexním mechanismům, které plyometrie využívá, měla by být zátěž středně vysoká. Tedy taková, aby dovolila dynamické pohyby, na kterých je plyometrický trénink založen. (Behm, Sale, 1993, s. 365-368)

Dalšími kombinacemi plyometrie je spojení s elektromyostimulací, kryoterapií, využití medicinbalu či mini trampolín. Herrero et al. aplikaci elektromyostimulace

u plyometrického tréninku doporučují, pokud je cílem zvětšení svalové síly, nikoli však ke zlepšení anaerobního výkonu. Kombinace těchto technik však může být na hranici bolestivosti. (Herrero et al., 2010, s. 1620-1621) Kombinace plyometrie a kryoterapie není vhodná, protože dochází k útlumu propriocepce a snížení aktivity nervosvalového systému. Nedochozí k využití elastické energie. (Schmid, Moffat, Gutierrez, 2010, s. 1-7) Výzkum Atnipa a McCoryho kombinaci plyometrie a kryoterapie ukázal jako pozitivní, protože dochází ke zlepšení svalové činnosti. Útlum propriocepce nevylučují, ale může být nahrazen zrakovými a vestibulárními podněty. (Atnip, McCrory, 2004, s. 83-90) Tyto kombinace plyometrie jsou však méně časté a chybí tedy objektivní zhodnocení jejích výsledků.

Zlepšení dynamické stabilizace patří k častým prvkům v rehabilitačním plánu pacienta. Ebben a Twist shledávají plyometrii vhodnou metodou vedoucí k dynamické stabilitě. Dochází totiž k stimulaci svalových receptorů, svalových vřetének a Golgiho šlachového tělíska. (Twist, Gleeson, Eston, 2008, s. 1073-1079; Ebben et al., 2010, s. 1-4) Tuto stimulaci vidí ostatní autoři jako nevýhodu, protože dochází ke změně citlivosti těchto receptorů. (Twist, Gleeson, Eston, 2008, s. 1078) Plyometrie také vede k rychlejší aktivaci svalů stabilizujících kloub (Chimera et al., 2004, s. 27) a ke zpevnění vazivových struktur v okolí kloubu. (Fouré et al., 2010, s. 544)

Protože plyometrický trénink může snadno vést k vyčerpání a tím snížení výkonnosti a stability, je důležité určit jeho správnou míru. Ta bývá často určována empiricky. Je však důležité držet se zásady, že pacient by během všech pohybů, které provádí, měl mít kontrolu nad svým tělem. (Petushek, Garceau, Ebben, 2010, 3-4)

Během pravidelného plyometrického tréninku dochází k adaptaci tkání. Dle Potteigera plyometrie zvyšuje počet svalových vláken typu IIa v kosterním svalu. (Potteiger et al., 1999, s. 275-279) S tímto prohlášením ostatní autoři nesouhlasí. Podle nich ke změně počtu vláken nedochází, pouze dochází ke změně rychlosti a schopnosti kontrakce a to u svalových vláken typu IIa. (Lockwood et al., 1999, s. 3)

Jednoznačné není ani to, zda plyometrie způsobuje svalovou hypertrofii. Potteiger uvádí největší hypertrofii u vláken typu IIb, (Potteiger et al., 1999, s. 275-279) což není v souladu s ostatními studiemi, které potvrzují, že plyometrie stimuluje zejména svalová vlákna typu IIa. Další studie potvrzují svalovou hypertrofii okolo asi 20%. (Perez-Gomez, 2008, s. 33; Hakkinen et al., 1990, s. 91-98) Kyröläinen však svalovou hypertrofii nepotvrzuje. (Kyröläinen et al., 2005, s. 62)

Největší rozpory v adaptačních mechanismech jsou ohledně šlach. A to jak v tom, jaké změny plyometrie vyvolává, tak jaký typ šlachy je pro plyometrický trénink optimální. Některé studie ukazují, že tuhá šlacha je optimální pro plyometrický trénink, protože v cyklu prodloužení- zkrácení umožňuje optimální přenos sil. Během plyometrického tréninku je šlacha namáhána a tak dochází k zmnožení vazeb mezi jednotlivými kolagenními vlákny a to dává vznik tuhé šlaše. (Fouré et al., 2010, s. 544; Wu et al., 2009, s. 4-5; Cornu, Silverira, Goubel, 1997, s. 284-285; Burgess et al., 2007, s. 988)

Jiné studie s tímto prohlášením nesouhlasí. Optimální je poddajná šlacha, která umožňuje ukládání většího množství elastické energie a tím zlepšuje výkonnost v cyklu prodloužení- zkrácení. (Wilson et al., 1991, s. 825-833; Kubo et al., 2007, s. 1801-1810) Dle Kuba et al. během rychlých plyometrických přechodů z excentrické do koncentrické fáze pohybu nemohou adaptační mechanismy vzniknout. (Kubo et al., 2007, s. 1807)

Plyometrie vede k rychlejší aktivaci svalů. Chimera et al. uvádí, že se zrychlilo zapojení stabilizačních svalů, agonistů a antagonistů. (Chimera et al., 2004, s. 27) Kubo et al. a Rahimi et al. zaznamenali rychlejší aktivaci pouze agonistických svalů. (Kubo et al., 2007, s. 1808; Rahimi et al., 2006, s. 6)

Plyometrie posiluje svaly dolní končetiny a to jak koncentricky, tak excentricky. Díky velké variabilitě plyometrických prvků může fyzioterapeut vybrat právě ty, které posílí pacientovi nejproblémovější svaly. Cyklus prodloužení- zkrácení je pro člověka přirozeným a proto jsou svaly posilovány funkčně, nikoli mechanicky jak tomu bývá u silového tréninku. (Ebben, Simenz, Jensen, 2008, s. 866; Mehdipour et al., 2008, s. 105) Zkrácený sval se nemůže plnohodnotně účastnit plyometrického tréninku, protože je zde omezeno ukládání elastické energie. Excentrická fáze plyometrického pohybu svaly napíná a tak optimalizuje jejich využití. (Comfort, Green, Matthews, 2009, s. 69-71)

Pro zlepšení výkonnosti jsou vhodné zejména seskoky do hloubky a dva po sobě jdoucí skoky do dálky. K zvýšení svalové síly je dobrý seskok následovaný výskokem se vzpažením. U tohoto cviku je důležité co největší zkrácení přechodného období, čímž se ideálně využívá elastická energie. (Ford et al., 2005, s. 397; Marshall, Moran, 2008, s. 520) S plyometrií se však dají kombinovat i běžně prováděné úkony jako jsou

například dřepy, chůze do schodů a ze schodů. Jejich účinnost se takto dá zvýšit až o 80%. (Gehri et al., 1998, s. 88)

Plyometrie dynamicky posiluje svaly v okolí kolenního kloubu a tím jej stabilizuje. Klasický silový trénink nemá tyto účinky, protože svaly neposiluje ve všech jejich funkčních komponentách. (Yoo et al., 2010, s. 827-829; Lim, Lee, Kwon, 2009, s. 1) Jak uvádí Chimera plyometrie zrychluje zapojení stabilizačních svalů (Chimera et al., 2004, s. 27) a redukuje rotační komponentu m. quadriceps femoris během přechodu z koncentrické do excentrické fáze pohybu. (Hewett et al., 2005, s. 492-501; Myer et al., 2006, s. 453) Stabilizace již na začátku pohybu redukuje riziko poranění LCA. Myer et al. testovali vliv plyometrie na kolenní kloub u osmnácti žen. Došlo, ke snížení valgózního postavení v koleni, které je rizikové pro rupturu LCA. K tomuto výsledku vede jak plyometrie prováděná dolními končetinami, tak plyometrické prvky prováděné na jedné noze. (Myer et al., 2006, s. 453-454)

Plyometrii lze také využít po plastice LCA, kde klíčovým bodem rehabilitace je obnova dynamické stability a redukce rizikového postavení v kloubu. (Chmielewski et al., 2005, s. 740-749) Stejně jako u prevence ruptury LCA i zde mnohé studie potvrdily účinnost plyometrického tréninku. (Risberg et al., 2007, s. 743; Newberry, Bishop, 2005, s. 165; Risberg et al., 2007, 742-745) Po operaci často bývá v okolí operační rány otok a bolestivost, které rehabilitaci omezují. Pohyby prováděné časné po operaci, včetně plyometrie, tyto skutečnosti omezují. (Newrerry, Bishop, 2006, s. 5) Plyometrický trénink se nezaměřuje pouze na jeden kloub, ale pracuje s celou končetinou, tak je tomu i v běžném životě. To je důležité pro optimalizaci neuromuskulární kontroly, díky které pacient opět získává jistotu. Vhodné je také doplnění rehabilitačního plánu o plyometrické prvky na balančních pomůckách nebo na jedné dolní končetině. (Risberg et al., 2007, s. 742-745)

Na dolní končetině často dochází také k podvrtnutí kotníku a s ním je spojené poranění postranního hlezenního vazů. Při častých poranění hlezenního kloubu může vzniknout nestabilita kloubu. (Jobs et al., 2006, s. 1; O'Driscoll, Kerin, Delahunt, 2011, s. 1; Huang, Lin, 2010, s. 232) Plyometrický trénink redukuje riziková postavení v hlezenním kloubu, kvůli kterým podvrtnutí kotníku vzniká. Riziková je zvětšená plantární flexe (O'Driscoll, Kerin, Delahunt, 2011, s. 8) a inverze a to zejména při prvním kontaktu se zemí (Ismail et al., 2010, s. 530).

Plyometrie má také pozitivní vliv na horní končetinu. Fortun a Kernoze testovali vliv plyometrického tréninku na vnitřní rotátory ramenního kloubu u skupiny třiceti čtyř mužů, kterou rozdělili na plyometrickou a kontrolní skupinu. Zjistili, že plyometrický trénink zlepšuje izokinetickou sílu a zvyšuje pasivní rozsah do vnitřní rotace v ramenním kloubu. (Fortun, Kernoze, 2005, s. 69) V další studii Fortun et al. zjistili zvětšení pasivního rozsahu v ramenním kloubu i do zevní rotace. (Fortun et al. in Schulte-Edelmann et al., Schulte-Edelmann et al., 2005, s. 129) Naopak Wilson et al. s využitím plyometrie na horní končetinu nesouhlasí. Upozorňují na fakt, že horní končetiny bývají slabší, než dolní končetiny a snadno tak u nich může dojít k přetížení. (Wilson, Murphy, Giorgi, 1996, s. 301-315) Ani Schulte-Edelman nezaznamenal pozitivní vliv plyometrického tréninku na horní končetiny. Upozornil však na fakt, že plyometrie probíhá dynamicky v otevřeném kinematickém řetězci, její testování však probíhá v uzavřeném kinematickém řetězci či izometricky. (Schulte-Edelmann et al., 2005, s. 134)

Plyometrie zlepšuje propriocepci, polohocitu a posiluje svaly rotátorové manžety. K jejich zapojení dochází již během iniciální fáze pohybu, takto dochází k stabilizaci ramenního kloubu. (Swanik et al., 2002, s. 583-585) Aby kloub byl stabilní je nutný vyvážený protitah svalů. Plyometrie optimalizuje poměr sil mezi vnitřními a zevními rotátory ramenního kloubu. (Swanik et al., 2002, s. 583-585; Peters, George, 2007, s. 351) Pozitivní změnu propriocepce a polohocitu ramenního kloubu nepotvrdila studie Fortuna a Kernozka. (Fortun, Kernoze, 2005, s. 69) Žádné změny nezaznamenal ani Heiderscheit, McLea a Davies, ti však výsledky své studie vysvětlují tím, že testovali zdravé dobrovolníky. U pacientů možnost úpravy propriocepce a polohocitu nevylučují. (Heiderscheit, McLean, Davies, 1996, s. 132)

Místem vniku problémů může být taktéž loketní kloub. Zde plyometrie posiluje m. biceps brachii, který je stabilizátorem loketního kloubu při přechodu z koncentrické do excentrické fáze. (Wilson, Murphy, Giorgi, 1996, s. 301-315) Dále dochází k posílení extenzorů lokte díky cyklu prodloužení - zkrácení. (Schulte-Edelmann et al., 2005, s. 134)

Z možných forem plyometrických cviků na horní končetinu mohou být využity například hody míčem na cíl s různou flexí v ramenním a loketním kloubu dle potřeby pacienta. (Peters, George, 2007, s. 355-359) Dále to mohou být hody, kdy pacient stojí k cíli bokem, (Wilk, Meisner, Andrews, 2002, s. 143-145) nebo vyhazování míčku

s loktem opřeným o podložku. Hody také mohou být kombinovány s rotací trupu. K tréninku celého těla lze hody kombinovat s výskoky. (Wilk, Reinold, Andrews, 2004, s. 779-787)

ZÁVĚR

Plyometrie je účinnou atletickou tréninkovou metodou hojně využívanou již od druhé poloviny 20. století. Během této doby plyometrické cvičení přešlo i do rehabilitace. (Faccoini, 1993, s. 1; Chmielewski et al., 2006, s. 309)

Díky cyklu prodloužení – zkrácení vede plyometrie ke zvětšení svalové síly (Villarreal, Requena, Newton, 2009, s. 519-520; Chen et al., 2006, s. 1; Vande Broek et al., 1994, s. 99-100; Wilson, Flanagan, 2008, s. 1713; Flanagan 2009, Bass, 2005, s. 1; Li, 2011, s. 373; Petushek et al., 2009; Markovic, Mikulic, 2010; Frotun, Kernozek, 1998, s. 64) a hbitosti (Potteiger et al., 1999, s. 277; Miller et al., 2006, s. 463) jak u sportovců, tak u pacientů vyžadujících rehabilitaci (Sáez de Villareal et al., 2009). Zejména u pacientů je nutné dodržovat optimální intenzitu cvičení, aby nedošlo k přetížení, které může způsobit bolest a snížení výkonu. (Twist, Gleeson, Eston, 2008, s. 1078; Luebbbers et al., 2003, s. 704-709; Ebben et al., 2010, s. 3-4)

K rychlejší a větší produkci svalové síly bývá plyometrie kombinována se silovým tréninkem. (Rahimi, Behpur, 2005, s. 87-88; Arabatzi, 2010, s. 2443; Tien et al., 2009, s. 78; Adams et al., 1992, s. 40; Vossen et al., 2000, s. 251-252) Využití kombinace těchto tréninkových metod je na zvážení, může přinést rychlé výsledky, ale nese s sebou poměrně velká rizika vzniku zranění nebo přetrénování.

Pravidelným plyometrickým tréninkem dochází k adaptaci tkání. Kosterní svaly hypertrofují (Potteiger et al., 1999; Perez-Gomez, 2008; Hakkinen in Markovic et al., Markovic et al., 2010, s. 33), zvyšuje se množství kostní hmoty a obsah minerálů v kostní tkáni (Witzke, Snow, 2000, s. 1051-1057; Markovic, Mikulicm 2010, s. 861), zlepšuje se řízení aktivace svalů (Chimera et al., 2004, s. 27; Kubo et al., 2007, s. 1808; Rahimi et al., 2006, s. 6; Kyröläinen et al., 1989).

Plyometrii je vhodné využít jako prevenci ruptury předního zkříženého vazů a to zejména u osob s rizikovými faktory. (Yoo et al., 2010, s. 827-829; Lim, Lee, Kwon, 2009, s. 1; Hewett et al., 2005, s. 492-501) Také její využití po plastice LCA přináší pozitivní výsledky, neboť plyometrický trénink vede ke stabilizaci kolenního kloubu

posílením svalů v jeho okolí, rychlejší aktivací stabilizujících svalů a zpevněním vazivových struktur. (Risberg et al., 2007 s. 742-745; Newberry, Bishop, 2005, s. 165;

Dochází i ke stabilizaci hlezenního kloubu. Zejména však dochází k úpravě jeho postavení těsně před kontaktem se zemí během kroku, což snižuje riziko podvrtnutí kotníku. (Jobs et al., 2006, s. 1; O'Driscoll, Kerin, Delahunt, 2011, s. 1; Huang, Lin, 2010, s. 232)

Plyometrie zvětšuje pasivní rozsahy v ramenním kloubu. Posiluje svaly rotátorové manžety a optimalizuje protitah jednotlivých svalů, tím zvyšuje jeho dynamickou stabilitu. Zlepšuje propriocepci a polohocit, čímž dochází ke zlepšení uvědomování si pohybu. (Fortun, Kernozek, 2007, s. 69; Schulte-Edelmann et al., 2005, s. 129; Peters, George, 2007, s. 355; Swanik et al., 2002, s. 584)

Plyometrické techniky zahrnující nejrůznější typy hodů posilují svaly paže i předloktí. (Peters, George, 2007, s. 355-359; Wilk, Meisner, Andrews, 2002, s. 143-145; Wilk, Reinold, Andrews, 2004, s. 779-787)

Pacienti mohou nejrůznější plyometrické cviky kombinovat s různými pomůckami, jako je například míč, balanční plochy a bedničky. Pokud je váha vlastní končetiny pro pacienta příliš velkou zátěží, je možné plyometrii provádět také ve vodě. (Comfort, Green, Matthews, 2009, s. 71)

LITERATURA A PRAMENY

AAGAARD, Per, SIMONSEN, Erik B., ANDERSEN, Jesper L., MAGNUSSON, Peter, DYHRE-POULSEN, Paul. 2002. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology* [online]., č. 93, s. 1318-1326 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://jap.physiology.org/content/93/4/1318.full.pdf>

ABASS, Ademola Olasupo. 2009. Comparative Effect of Three Modes of Plyometric Training on Leg Muscle Strength of University Male Students. *European journal of scientific research* [online]. roč. 31, č. 4, s. 577-582 [cit. 2012-04-6]. ISSN 1450-216x. Dostupné z: <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>

ADAMS, Kent, O'SHEA, John P., O'SHEA, Katie L., CLIMSTEIN, Mike. 1992. The Effect of Six Weeks os Squat, Plyometric and Squat-Plyometric Training on Power Production. *Journal of Applied Sport Science Research* [online]. roč. 6, č. 1, s. 36-41 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.edulife.com.br/dados%5CArtigos%5CEducacao%20Fisica%5CTreinamento%20Desportivo%5CEffect%20six%20weeks%20power%20production.pdf>

ARABATZI, Fotini, KELLIS, Eleftherios, SAÈZ-SAEZ DE VILLARREA, Eduardo. 2010. Vertical Jump Biomechanics after Plyometric, Weight Lifting, and Combined (Weight Lifting + Plyometric) Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 24, č. 9, s. 2440-2448 [cit. 2012-04-26]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/751611519/fulltextPDF/1366787DCF326BDB2F9/34?accountid=16730>

ASADI, Abbas. 2011. The effects of a 6-week of plyometric trainig on electromyography changes and performance. *Sport Science* [online]. č. 4, s. 38-42 [cit.

2012-03-25]. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

ATNIP, Beth L., L. MCCRORY, Jean. 2004. The effect of cryotherapy on three dimensional ankle. *Journal of Sports Science and Medicine* [online]. č. 3, s. 83-90 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: <http://www.jssm.org/vol3/n2/4/v3n2-4pdf.pdf>

AVELA, J., KOMI, P. V., SANTOS, P. M. 1996. Effects of differently induced stretch loads on neuromuscular control in drop jump exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* [online]. 72-72, 5-6, s. 553-562 [cit. 2012-03-26]. ISSN 0301-5548. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/content/w5m1j48451810474/>

BALL, Nick B, SCURR, Joanna C.. 2009. Bilateral Neuromuscular and Force Differences During a Plyometric Task. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 23, č. 5, s. 1433-1441 [cit. 2012-04-20]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>

BEHM, D. G. SALE, D. G.. 1993. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of applied physiology* [online]. roč. 74, č. 1, s. 359-368 [cit. 2012-03-27]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <http://jap.physiology.org/content/74/1/359.short>

BOBBERT, Maarten F., HUIJING, Peter A., SCHENAU, Gerrit Jan Van Ingen. 1987. Drop jumping I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Medicine and science in sports and exercise* [online]. roč. 19, č. 4, s. 332-338 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: http://www.move.vu.nl/wp-content/uploads/2008/02/BobHuiIng_1987a.pdf

BOSCO, Carmelo, KOMI, Vaavo V., ITO, Akira. 1981. Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica*

[online]. roč. 111, č. 2, s. 135-140 [cit. 2012-04-27]. ISSN 00016772. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-1716.1981.tb06716.x/abstract>

BURGESS, Katherine E., CONNICK, Mark J., GRAHAM-SMITH, Philip, PEARSON, Stephen J.. 2007. Plyometric vs. Isometric Training Influences on Tendon Properties and Muscle Output. *The Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 21, č. 3, s. 986-989 [cit. 2012-03-28]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&hid=12&sid=c812f666-e08d-445a-b626-b899f21109af%40sessionmgr12>

CLEAK, M J, ESTON, R G. 1992. Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. *British Journal of Sports Medicine* [online]. roč. 26, č. 4, s. 267-272 [cit. 2012-04-27]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: <http://www.msscenershop.info/content/26/4/267.full.pdf+html>

COMFORT, Paul, GREEN, Carly M, MATTHEWS, Martyn. 2009. Training Considerations after Hamstring Injury in Athletes. *Strength and Conditioning Journal* [online]. roč. 31, č. 1, s. 68-74 [cit. 2012-04-03]. ISSN 1524-1602. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>

CORNU, Christophe, SILVERA, Maria-Izabel Almeida, GOUBEL, Francis. 1997. Influence of plyometric training on the mechanical impedance of the human ankle joint. *Springer* [online]. roč. 76, č. 3, s. 282-288 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/content/tn8bd41rc050q5jp/>

CROSS, Peter Garnet. 1997. Plyometric treatment and whole-body movement times. *Fitness, Training and Injury Papers* [online]. s. 1-81 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: <http://www.oregonpdf.org/print-script.cfm?path=../pdf/&src=PE%203874.pdf>

DAVIES, George J., DICKOFF-HOFFMAN, Steven. 1993. Neuromuscular Testing and Rehabilitation of the Shoulder Complex. *Clinical Commentary* [online]., roč. 18, č. 2, s. 449-458 [cit. 2012-03-29]. Dostupné z:

http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.jospt.org%2Fmembers%2Fgetfile.asp%3Fid%3D3368&ei=EaCdT4boCsKj-gacra3uDg&usg=AFQjCNH3zaRQ8ywwmpERcPjuA50ON2pLcQQ&sig2=03mWH_3eGAp9efJmfjYOFw

EBBEN, W., FELDMANN, C., DAYNE, A., MITSCHE, D., ALEXANDER, P., KNETZGER, K.. 2009. Muscle Activation during Lower Body Resistance Training. *International Journal of Sports Medicine* [online]., roč. 30, č. 01, s. 1-8 [cit. 2012-04-27]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: <https://www.thieme-connect.com/ejournals/abstract/sportsmed/doi/10.1055/s-2008-1038785>

EBBEN, William P. 2002. Complex Training: A Brief Review. *Journal of Sports Science and Medicine* [online]. č. 1, s. 42-46 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: http://www.jssm.org/vol1/n2/2/v2_2pdf.pdf

EBBEN, William P, SIMENZ, Christopher, JENSEN, Randall L.. 2008. Evaluation of Plyometric Intensity Using Electromyography. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 22, č. 3, s. 861-868 [cit. 2012-04-03]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>

EBBEN, William P, PETUSHEK, Erich J. 2010. Using the Reactive Strength Index Modified to Evaluate Plyometric Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 24, č. 8, s. 1983-1987 [cit. 2012-04-26]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>

EBBEN, William P., FAUTH, Mckenzie L., VANDERZANDEN, Tyler, PETUSHEK, Erich J., FELDMANN, Christina R.. 2010. The time course of recovery from a mesocycle of periodized plyometric training. *International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. č. 28, s. 1-4 [cit. 2012-03-27]. ISSN 1999-4168. Dostupné z:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

EBBEN, William P, VANDERZANDEN, Tyler, WURM, Bradley J, PETUSHEK, Erich J. 2010. Evaluating Plyometric Exercises Using Time to Stabilization. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 24, č. 2, s. 300-306 [cit. 2012-04-07]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>

EBBEN, William P., VANDERZANDEN, Tyler, WURM, Bradley J., GARCEAU, Luke R., FELDMANN, Christine R. a PETUSHEK, Erich J.. 2010. Kinetic quantification of plyometric take off, flight, and landing characteristics. In: 28 *International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. [cit. 2012-04-03]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/4527/4214>

FACCIONI, A. 2001. Plyometrics. [online]. s. 1-10 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: http://163.178.103.176/fisiologia/general/activ_bas_3/Plyometric1.pdf

FLANAGAN, Eamon P. 2009. Understanding and optimising plyometric training. In: 27 *International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. s. 1-4 [cit. 2012-04-27]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/3049/2857>

FORD, Kevin R., MEYER, Gregory D., HEWETT, Timothy E.. 2005. Use of an overhead goal athletes vertical jump performance and biomechanics. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]., roč. 19, č. 2, s. 394-399 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: http://www.motionanalysis.com/pdf/2005_ford.pdf

FORTUN, Chad, KERNOZEK, Thomas W.. 1997. The effects of plyometric training on the shoulder internal rotators. *Physical Therapy* [online]. 4, roč. 5, č. 78, s. 63-75 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.mendeley.com/download/personal/9935335/4538570101/c931de21499e7b53966b029b347190f7b891d7a4/dl.pdf>

FOURE, A., NORDEZ, A., CORNU, C.. 2010. Effects of plyometric training on plantar flexor mechanical properties. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering* [online]. roč. 13, sup1, s. 57-59 [cit. 2012-03-31]. ISSN 1025-5842. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=12&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

FOURE, A., NORDEZ, A., GUETTE, M., CORNU, C.. 2009. Effects of plyometric training on passive stiffness of gastrocnemii and the musculo-articular complex of the ankle joint. *Scandinavian Journal of Medicine* [online]. roč. 19, č. 6, s. 811-818 [cit. 2012-03-31]. ISSN 09057188. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

FOURE, A., NORDEZ, A., CORNU, C.. 2010. Plyometric training effects on Achilles tendon stiffness and dissipative properties. *Journal of Applied Physiology* [online]. roč. 109, č. 3, s. 849-854 [cit. 2012-04-06]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <http://www.jappp.org/content/109/3/849.full.pdf+html>

GEHRI, Daniel J., RICARD, KLEINER a KIRKENDALL. 1998. A Comparison of Plyometric Training Techniques for Improving Vertical Jump Ability and Energy Production. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 12, č. 2, s. 85-89 [cit. 2012-04-7]. ISSN 10648011. Dostupné z: <http://www.wmich.edu/hper-esp/files/research/Gehri2.pdf>

GREY, Michael J., LADOUCEUR, Michel, ANDERSEN, Jacob B., NIELSEN, Jens Bo, SINKJAER. 2001. Thomas. Group II muscle afferents probably contribute to the medium latency soleus stretch reflex during walking in humans. *The Journal of Physiology* [online]. roč. 534, č. 3, s. 925-933 [cit. 2012-04-02]. ISSN 0022-3751. Dostupné z: <http://jp.physoc.org/content/534/3/925.full>

GROSSET, Jean-Francois, PISCIONE, Julien, LAMBERTZ, Daniel, PÉROT, Chantal. 2009. Paired changes in electromechanical delay and musculo-tendinous stiffness after endurance or plyometric training. *European Journal of Applied Physiology* [online]. roč. 105, č. 1, s. 131-139 [cit. 2012-03-31]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/203291465/fulltextPDF/136679416A468245DB5/1?accountid=16730>

HÄKKINEN, K., PAKARINEN, A., KYRÖLÄINEN, H., CHENG, S., KIM, D., KOMI, P.. 1990. Neuromuscular Adaptations and Serum Hormones in Females During Prolonged Power Training. *International Journal of Sports Medicine* [online]. roč. 11, č. 02, s. 91-98 [cit. 2012-03-27]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/893729785/fulltextPDF/1366794FEEA28074A6A/1?accountid=16730>

HAWKINS, Sheldon B, DOYLE, Tim L A, MCGUIGAN, Michael R. 2009. The Effect of Different Training Programs on Eccentric Energy Utilization in College-Aged Males. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 23, č. 7, s. 1996-2002 [cit. 2012-04-26]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>

HEIDERCHEIT, Bryan C., MCLEAN, Karen Palmer, DAVIES, George J.. 1996. The Effects of Isokinetic Vs. Plyometric Training on the Shoulder Internal Rotators. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy* [online]. roč. 23, č. 3 s. 125-133 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: www.jospt.org/members/getfile.asp?id=421

HERRERO, Azael J, MARTÍN, Juan, MARTÍN, Teresa, ABADÍA, Olaia, FERNÁNDEZ, Beatriz, GARCÍA-LÓPEZ, David. 2010. Short-Term Effect of Plyometrics and Strength Training With and Without Superimposed Electrical Stimulation on Muscle Strength and Anaerobic Performance: A Randomized Controlled Trial. Part II. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 24, č. 6, s. 1616-1622 [cit. 2012-03-28]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: http://www.castonline.ilstu.edu/smith/164/PDFs/grp1_go2.pdf

HEWETT, Timothy E., MYER, Gregory D., FORD, Kevin R., HEIDT, Robert S., COLOSIMO, Angelo J., MCLEAN, Scott G., VAN BOGERT, Antonie J., PATERNO, Mark V., SUCCOP Paul. 2005. Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A Prospective Study. *American Journal of Sports Medicine* [online]. roč. 33, č. 4, s. 492-501 [cit. 2012-04-27]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: <http://ajs.sagepub.com/content/33/4/492.abstract>

HUANG, P.Y., LIN, C.F.. 2010. Effects of balance training combined with plyometric exercise in postural control: Application in individuals with functional ankle instability. *6th World Congress of Biomechanics* [online]. roč. 31, č. 1, s. 232-235 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/content/ltq4k40282883277/>

CHATZINIKOLAOU, FATOUROS, Athanasios, Ioannis G, GOURGOULIS, Vassilios, AVLONITI, Alexandra, JAMURTAS, Athanasios Z, NIKOLAIDIS, Michalis G, DOUROUDOS, Ioannis, MICHAILIDIS, Yiannis, BENEKA, Anastasia, MALLIOU, Paraskevi, TOFAS, Trifon, GEORGIADIS, Ilias, MANDALIDIS, Dimitrios, TAXILDARIS, Kyriakos. 2010. Time Course of Changes in Performance and Inflammatory Responses After Acute Plyometric Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 24, č. 5, s. 1389-1398 [cit. 2012-04-26]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>

CHEN, Tien-Yin, HSU, Chiung-Yun, HO, Wei-Hua, LIN, Pao-Cheng. 2006. The analysis of knee internal force during passive repetitive isokinetic plyometric training. In: *24 International Symposium on Biomechanics in Sports* [online]. s. 1-2 [cit. 2012-03-25]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/241/200>

CHEWNING, June M. 2011. A Better Way to Do Plyometric Exercise. *Exercise Physiology* [online]. č. 1, s. 1-4 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z:

http://www.fitnesslearningsystems.com/author_articles/chewing_a_better_way_to_do_plyometric_exercise.pdf

CHIMERA, Nicole J., SWANIK, Kathleen A, SWANIK, C. Buz. 2004. Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *Journal of Athletic Training* [online]. roč. 39, č. 1, s. 24-31 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC385258/>

CHMIELEWSKI, Terese L., MYER, Gregory D., KAUFMANN, Douglas, TILLMAN, Susan M.. 2006. Plyometric Exercise in the Rehabilitation of Athletes: Physiological Responses and Clinical Application. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. roč. 6, č. 5, s. 308-319 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.mendeley.com/download/personal/9935335/4538541361/c088e836cb4c2178e15d807b7f4adf353bdccf27/dl.pdf>

CHMIELEWSKI, Terese L, HURD, Wendy J, RUDOLPH, Katherine S, AXE, Michael J, SNYDER-MACKLER, Lynn. 2005. Perturbation Training Improves Knee Kinematics and Reduces Muscle Co-contraction After Complete Unilateral Anterior Cruciate Ligament Rupture. *Physical Therapy* [online]. roč. 85, č. 8, s. 740-749 [cit. 2012-04-6]. Dostupné z: <http://www.physther.net/content/85/8/740.short>

CHU, Donald Allen. *Jumping into plyometrics*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, c1998, 177 s. ISBN 0-88011-846-6.

ISMAIL, M.M., IBRAHIM, M.M., YOUSSEF, E.F, EL SHORBAGY, K. M.. 2010. Plyometric training versus resistive exercises after acute lateral ankle sprain. *Foot and Ankle International* [online]., roč. 31, č. 6, s. 523-530 [cit. 2012-03-29]. Dostupné z: <http://ukpmc.ac.uk/abstract/MED/20557819>

JENSEN, Randall J., EBBEN, William P.. 2005. Ground and knee joint reaction forces during variations of plyometric exercises. *International Symposium on Biomechanics in Sports* [online]. č. 23, s. 373-376 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z:

<http://www.billnordt.com/EXERCISEINTERVENTIONPROGRAMS/PLYOMETRIC/S/ground%20reaction%20forces%20of%20plyometric%20exercises.pdf>

JENSEN, R. L., FLANAGAN, E. P., EBBEN W. P.. 2008. Rate of force development and time to peak force during plyometric exercises. In: *28 International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. s. 199-202 [cit. 2012-03-25]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/2023/1889>

JENSEN, Randálù, EBBEN, William. 2007. Quantifying plyometric intensity via rate of force development, knee joint, and ground reaction forces. *Journal of Stenght and Conditioning Research* [online]. roč. 21, č. 3, s. 1-5 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

JOHNSTON, Richard B., HOWARD, Mark E., CAWLEY, Patrick W., LOSSE Gary M.. 1998. Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. *Medicine* [online]. roč. 30, č. 12, s. 1703-1707 [cit. 2012-03-30]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: http://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/1998/12000/Effect_of_lower_extremity_muscular_fatigue_on.8.aspx

JOTHI, K., W. VINU, ELECKUVAN. 2010. Muthu. Effect of current strength and plyometric training on selected biomotor abilities. *Recent Research in Science and Technology* [online]. roč. 2, č. 5, s. 124-126 [cit. 2012-04-26]. ISSN 2076-5061. Dostupné z: <http://recent-science.com/index.php/rrst/article/viewFile/4456/2197>

KANNUS, P., J. PARKKARI, T. L. N. JARVINEN, T. A. H. JARVINEN a M. JARVINEN. 2003. A short review. Basic science and clinical studies coincide: active treatment approach is needed after a sports injury. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* [online]., roč. 13, č. 3, s. 150-154 [cit. 2012-04-27]. ISSN 0905-7188. Dostupné z: <http://www.fysio.no/content/download/1644/5437/file/Basic%20science.pdf>

KOMI, Paavo V. 2003 Strength and power in sport / edited by Paavo V. Komi. 2nd ed. Malden, MA: Blackwell Science, s. 523. ISBN 0-632-05911-7. Dostupné z: <http://www.fecna.com/wp-content/uploads/2011/08/Strength-and-Power-in-Sport-Koomi.pdf#page=200>

KUBO, Keitaro, Masanori MORIMOTO, Teruaki KOMURO, Hideaki YATA, Naoya TSUNODA, Hiroaki KANEHISA a Tetsuo FUKUNAGA. Effects of Plyometric and Weight Training on Muscle-Tendon Complex and Jump Performance. *Medicine* [online]. 2007, roč. 39, č. 10, s. 1801-1810 [cit. 2012-03-28]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>

KUNDSON, Duane, HSIEH, ChengTu. 2009. Factors in upper extremity loading in the power drop exercise. *International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. č. 27, s. 1-4 [cit. 2012-04-26]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/3283/3084>

KYRÖLÄINEN, H., J. AVELA, J. M. MCBRIDE, S. KOSKINEN, J. L. ANDERSEN, S. SIPILA, T. E. S. TAKALA a P. V. KOMI. 2005. Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* [online]., roč. 15, č. 1, s. 58-64 [cit. 2012-03-31]. ISSN 0905-7188. http://www.movementsciences.org/Komi_powertrainingstructureperformance_SJMSS_2005.pdf

LEISSRING, Sarah K., PETUSHEK, Erich J., STEPHENSON, Mitchell L., JENSEN, Randall L.. 2010. Relationship of ground and knee joint reaction forces in plyometric exercises. In: *28 International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. s. 1-4 [cit. 2012-04-03]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/4420/4110>

LEISSRING, Sarah K., EBBEN, William P., GARCEAU, Luke R., PETUSHEK, Erich J., JENSEN, Randall L.. 2009. Reliability of forces during

variations of plyometric exercises. *International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. č. 27, s. 1-4 [cit. 2012-03-27]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

LI, Zhi Xiang. 2011. Research on Plyometric Training: Interpretation and Application. *Communications in Computer and Information Science* [online]. č. 211, s. 370-374 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/content/xj3573262713758w/fulltext.pdf>

LIM, BeeOh, LEE, YoungSeuk, KWON, YoungHoo. 2009. The effects of sports injury prevention training on the biomechanical risk factors of anterior cruciate ligament injury in female athletes. In: *27 International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. s. 1-4. [cit. 2012-04-03]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/3095/2903>

LIU, Chiang, Te-Chin LIU, Chuan-Show CHEN a Tzyy-Yuang SHIANG. 2001. Study of the training effect of passive repeated plyometric training machine. In: *19 International Symposium on Biomechanics in Sports* [online]. s. 147-150 [cit. 2012-03-28]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/3841/3559>

LIU, Chiang, Tzyy-Yuang SHIANG a Chuan-Show CHEN. 2008. Comparison of electromyographic activity between active and passive muscle training movement. In: *26 International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. s. 431 [cit. 2012-03-28]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/733/655>

LUEBBERS, P E., M W. HULVER, J P. THYFAULT, M J. CARPER, R H. LOCKWOOD a J A. POTTEIGER. 2003. Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *The Journal of Strength & Conditioning Research.*, roč. 17, č. 4, s. 704-709. Dostupné z:

<http://www.mendeley.com/research/effects-of-plyometric-training-and-recovery-on-vertical-jump-performance-and-anaerobic-power/>

MALISOUX, Laurent, FRANCAUX, Marc, NIELENS, Henri, RENARD, JEAN LEBACQ, Patricia, THEISEN, Daniel. 2006. Calcium Sensitivity of Human Single Muscle Fibers following Plyometric Training. *Medicine* [online]., roč. 38, č. 11, s. 1901-1908 [cit. 2012-03-23]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.5.1a/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=JAGDFPLMAJDDDBGKINCALBBFBHJICAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Full%2bText%3dL%257cS.sh.15.16%257c0%257c00005768-200611000-00004%26S%3dJAGDFPLMAJDDDBGKINCALBBFBHJICAA00&directlink=http%3a%2f%2fgraphics.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2fFPDDNCFBBBKIAJ00%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv023%2f00005768%2f00005768-200611000-00004.pdf&filename=Calcium+Sensitivity+of+Human+Single+Muscle+Fibers+following+Plyometric+Training.&pdf_key=FPDDNCFBBBKIAJ00&pdf_index=/fs046/ovft/live/gv023/00005768/00005768-200611000-00004

MARKOVIC, Goran, JUKIC, Igor, MILANOVIC, Dragan, METIKOŠ, Dušan. 2005. Effects of sprint and plyometric training on morphological characteristics in physically active men. *Kinesiology* [online]., č. 37, s. 32-39 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

MARKOVIC, Goran, MIKULIC, Pavle. 2010. Neuro-Musculoskeletal and Performance Adaptations to Lower-Extremity Plyometric Training. *Sports Medicine* [online]. roč. 40, č. 10, s. 859-895 [cit. 2012-03-31]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

MARSHALL, Brendan, MORAN Kieran. 2008. Can biomechanical diagnostic profiling identify the effectiveness of specific training exercises. In: *26 International*

Conference on Biomechanics in Sports [online]. [cit. 2012-04-20]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/1917>

MARTEL, Gregory F., HARMER, Matthew, LOGAN, Jennifer, PARKER, Christopher B.. 2005. Aquatic plyometric training increases vertical jump in volleyball players: 1814-1819. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. roč. 37, č. 10 [cit. 2012-03-29]. Dostupné z: <http://www.mendeley.com/research/aquatic-plyometric-training-increases-vertical-jump-female-volleyball-players/#page-1>

MCBRIDE, Jeffrey M., TRIPLETT-MCBRIDE, Travis, DAVIE, Allan. 2002. The Effect of Heavy- Vs. Light-Load Jump Squats on the Development of Strength, Power, and Speed. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]., roč. 16, č. 1 s. 75-82 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://faculty.fullerton.edu/leebrown/PDF%20Files/Academic/McBride-heavy%20vs%20light%20load%20training.pdf>

MCCLYMONT, Doug, HORE, Andrew. 2003. Use of the Reactive Strength Index (RSI) as a plyometric monitoring tool. In: *World Congress of Science in Football* [online]. s. 1-4 [cit. 2012-03-23]. Dostupné z: www.coachesinfo.com/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=10&Itemid=76

MEHDIPOUR, Abdol Rahman, FERDOWSI, Mohamad Hasan, ALIJAN, Aydi I, GOHARPEY, Shahin. 2008. A Study of Electromyography of Lower Extremities and Comparison of Effects of Plyometric and Isotonic Weight Training. *Human Movement* [online]., roč. 9, č. 2, s. 103-106 [cit. 2012-04-5]. ISSN 1732-3991. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

MILLER, Michael G., HERNIMAN, Jeremy J., RICARD, Mark D., CHEATHAM, Christopher C., MICHAEL, Timothy J.. 2006. The effect of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine*

[online]., č. 5, s. 459-465 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <https://jssm.org/vol5/n3/12/v5n3-12pdf.pdf>

MYER, Gregory D., FORD, Kevin R., BRENT, Jensen L., HEWETT, Timothy E.. 2006. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]., roč. 20, č. 2, s. 345-353 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.alexandrelevangelista.com.br/wp-content/uploads/2010/02/pliome-tria-x-balance-training1.pdf>

MYER, Gregory D., FORD, Kevin R., MCLEAN, Scott G., HEWETT, Timothy E.. 2005. The Effects of Plyometric Versus Dynamic Stabilization and Balance Training on Lower Extremity Biomechanics. *American Journal of Sports Medicine* [online]., roč. 34, č. 3, s. 445-455 [cit. 2012-04-27]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=13&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

NEWBERRY, Leanne BISHOP, Mark D.. 2006. Plyometric and agility training into the regimen of a patient with post-surgical anterior knee pain. *Physical Therapy in Sport* [online]., roč. 7, č. 3, s. 161-167 [cit. 2012-04-03]. ISSN 1466853x. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S1466853X06000605/1-s2.0-S1466853X06000605-main.pdf?_tid=73e8d1362d762a72139cd14c90027847&acdnat=1335770946_2e7068393526b3c7d6882630161d35fa

NEWTON, Robert U, KRAEMER., William J.. 1994. Developing explosive muscular power implications for a mixed methods training strategy. *Strength & Conditioning* [online]., roč. 16, č. 5, s. 20-31 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://edulife.com.br/dados%5CArtigos%5CEducacao%20Fisica%5CTreinamento%20Desportivo%5CDeveloping%20Explosive%20Muscular%20Power.pdf>

NORWOOD, LA, CROSS, MJ. 1979. Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *The American Orthopaedic Society for*

Sports Medicine [online]. roč. 7, č. 1, s. 23-26 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://ajs.sagepub.com/content/7/1/23.short>

O'DRISCOLL, Jeremiah, KERIN, Fearghal, DELAHUNT, Eamonn. 2011. Effect of a 6-week dynamic neuromuscular training programme on ankle joint function: A Case report. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy* [online]. roč. 3, č. 1, s. 13- [cit. 2012-03-29]. ISSN 1758-2555. Dostupné z: <http://www.smartjournal.com/content/pdf/1758-2555-3-13.pdf>

PEREZ-GOMEZ, Hugo OLMEDILLAS, Safira DELGADO-GUERRA, ROYO, German VICENTE-RODRIGUEZ a Rafael ORTIZ. 2008. Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [online]., roč. 33, č. 3, s. 501-510 [cit. 2012-03-29]. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=12&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

PETERS, Courtney, GEORGE Steven Z.. 2007 Outcomes following plyometric rehabilitation for the young throwing athlete: A case report. *Physiotherapy Theory and Practice* [online]. roč. 23, č. 6, s. 351-364 [cit. 2012-04-09]. ISSN 0959-3985. Dostupné z: <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.1080/09593980701209451>

PETUSHEK, Erich J., GARCEAU, VANDERZANDEN, WURM Bradley J.. 2010. Dynamic stabilization during the landing phase of plyometric exercises. In: *28 International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. s. 1-4 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/4499/4187>

PETUSHEK, Erich J., GARCEAU, Luke R., EBBEN William P.. 2010. Force, velocity, and power adaptations in response to a periodized plyometric training program. In: *28 International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. s. 1-4 [cit. 2012-04-27]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/4437/4126>

POTACH, D. H., D. KATSAVELIS, G. M. KARTS, R. W. LATIN a N. STERGIOU. 2009. The effects of a plyometric training program on the latency time of the quadriceps femoris and gastrocnemius short-latency responses. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* [online]. č. 49, s. 35-43 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/202676826/fulltextPDF/1366787DCF326BDB2F9/7?accountid=16730>

POTTEIGER, Jeffrey A., LOCKWOOD, Robert H., HAUB, Mark D., DOLEZAL, Brett A., ALMUZAINI, Khalid S., SCHROEDER, Jan M., ZEBAS, Carole J.. 1999. Muscle Power and Fiber Characteristics Following 8 Weeks of Plyometric Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]., roč. 13, č. 3, s. 275-279 [cit. 2012-03-31]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://faculty.ksu.edu.sa/almuzaini/Research%20Papers%20and%20Articles/muscle%20power%20and%20fiber%20characteristics%20following%208%20weeks%20of%20plyometric%20training.pdf>

RAHIMI, Rahman, BEHPUR, Naser. 2005. The effects of plyometric, weight and plyometric-weight training on anaerobic power and muscular strength. *Physical Education nad Sport* [online]. roč. 3, č. 1, s. 81-91 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://facta.junis.ni.ac.rs/pe/pe2005/pe2005-08.pdf>

RAHIMI, Rahman, ARSHADI, Parvin, RAHIMI, Mohammad. 2006. Evaluation of plyometrics, weight training and their combination on angular velocity. *Physical Education and Sport* [online]. roč. 4, č. 1, s. 1-8 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://facta.junis.ni.ac.rs/pe/pe2006/pe2006-01.pdf>

RISBERG, May Arna, HOLM, Inger, MYKLEBUST, ENGBRETSSEN, Grethe. 2007. Lars Neuromuscular Training Versus Strength Trial During First 6 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Clinical Trial. *Physical Therapy: Journal of the American Physical Therapy Association* [online]., roč. 87, č. 6, s. 737-750 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://ptjournal.apta.org/content/87/6/737.full.pdf+html>

ROBINSON, Leah E., DEVOR, Steven T., MERRICK, Mark A. BUCKWORTH, Janet. 2004. The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]., roč. 18, č. 1, s. 84-91 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&hid=12&sid=c812f666-e08d-445a-b626-b899f21109af%40sessionmgr12>

SAÉZ-SAEZ DE VILLARREAL, Eduardo, KELLIS, Eleftherios, KRAEMER, William J, IZQUIERDO, Mikel. 2009. Determining Variables of Plyometric Training for Improving Vertical Jump Height Performance: A Meta-Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 23, č. 2, s. 495-506 [cit. 2012-04-20]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpageNewton>

SÁEZ-SÁEZ DE VILLARREAL, Eduardo, REQUENA, Bernardo, NEWTON, Robert. U. 2010. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. roč. 13, č. 5, s. 513-522 [cit. 2012-03-25]. ISSN 14402440. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S144024400900187X>

SCHMID, Stefan, MOFFAT, Marilyn, GUTIERREZ, Gregory M.. 2010. Effect of knee joint cooling on the electromyographic activity of lower extremity muscles during a plyometric exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. roč. 20, č. 6, s. 1-7 [cit. 2012-04-26]. ISSN 10506411. Dostupné z: <http://steinhardt.nyu.edu/scmsAdmin/uploads/006/274/Schmid%20et%20al%202010%20JEK.pdf>

SCHULTE-EDELMANN, Jessica A., DAVIES, George J., KERNOZEK, Thomas W., GERBERDING, Emily D.. 2005. The Effects of Plyometric Training of the Posterior Shoulder and Elbow. *The Journal of Strength and Conditioning Research* [online]., roč. 19, č. 1, s. 129-134 [cit. 2012-04-26]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

SIMENZ, Christopher J., GEISER, Christopher E., LEIGH, David H., MELBYE, Jeffrey, JENSEN, Randall L., EBBEN, William P.. 2006. Electromyographical analysis of plyometric exercises. XXIV ISBS Symposium [online]. 2006, s. 1-4 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/159>

SIMENZ, Christopher J., GARCEAU, Luke R., LUTSCH, Brittney N., SUCHOMEL, Timothy J., EBBEN, William P.. 2008. Electromyographical analysis of lower extremity muscle activation during variations of the loaded step up exercise. In: *26 International Conference on Biomechanics in Sports* [online]. s. 1-4 [cit. 2012-03-28]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/4475/4164>

SWANIK, Kathleen A., LEPHART, Scott M., SWANIK, Buz, LEPHART, Susan P., STONE, David A., FU, Freddie H.. 2002. The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* [online]., roč. 11, č. 6, s. 579-586 [cit. 2012-04-26]. ISSN 10582746. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1058274602000939>

TOFAS, Trifon, JAMURTAS, Athanasios Z, FATOUROS, Ioannis, NIKOLAIDIS, Michalis G, KOUTEDAKIS, Yiannis, SINOURIS, Efstathios A, PAPAGEORGAKOPOULOU, Nickoletta, THEOCHARIS, Dimitrios 2008. A. Plyometric Exercise Increases Serum Indices of Muscle Damage and Collagen Breakdown. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]., roč. 22, č. 2, s. 490-496 [cit. 2012-03-23]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/213058682/fulltextPDF/1366787DCF326BDB2F9/5?accountid=16730>

TREMBLAY, François, ESTEPHAN, Lorein, LEGENDRE, Martine, SULPHER, Stéphanie. 2001. Influence of Local Cooling on Proprioceptive Acuity in the Quadriceps Muscle. *Journal of Athletic Training* [online]. roč. 36, č. 2, s. 119-123 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC155520/>

TWIST, Craig, GLEESON, Nigel, ESTON Roger. 2008. The effects of plyometric exercise on unilateral balance performance. *Journal of Sports Sciences* [online]. roč. 26, č. 10, s. 1073-1080 [cit. 2012-04-26]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

TWIST, Craig., ESTON Roger. 2005. The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. *European Journal of Applied Physiology* [online]. roč. 94, 5-6, s. 652-658 [cit. 2012-04-26]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00421-005-1357-9>

VANDEBROEK, G., M. VAN LEEMPUTTE, R. ANDRIES a E. J. WILLEMS. 1994. Mechanical muscle properties after two types of plyometric training. In: *12 International Symposium on Biomechanics in Sports* [online]. s. 98-101 [cit. 2012-04-6]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/2463/2312>

VOSSSEN, Jeffery F., KRAMER, John F., BURKE, Darren, VOSSSEN, Deborah P.. 2000. Comparison of Dynamic Push-Up Training and Plyometric Push-Up Training on Upper-Body Power and Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]., roč. 14, č. 3, s. 248-253 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://people.stfx.ca/jvossen/Pubs/Plyopu.pdf>

WALLACE, Brian J, KERNOZEK, Thomas W, WHITE, James M, KLINE, Dennis E, WRIGHT, Glenn A, PENG, Hsien-Te, HUANG, Chen-Fu. 2010. Quantification of Vertical Ground Reaction Forces of Popular Bilateral Plyometric Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. roč. 24, č. 1, s. 207-212 [cit. 2012-03-30]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/213052402/fulltextPDF/1366787DCF326BDB2F9/37?accountid=16730>

WANG, Hsiang-Hsin, LIU, Te-Chih, CHEN, Chuan-Show, SHIANG, Tzyy-Yuang. 2001. Comparison of the emg activity between passive repeated plyometric

half squat and traditional isotonic haft squat. In: *Biomechanics Symposia* [online]. University of San Francisco s. 68-71 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/3820/3539>

WILK, Kevin E., MEISTER, Keith, ANDREWS, James R.. 2002. Current Concepts in the Rehabilitation of the Overhead Throwing Athlete. American Orthopaedic Society for Sports Medicine [online]. roč. 30, č. 1, s. 136-151 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: <http://131.94.216.23/sites/athltn/documents/Shared%20Documents/Wilk%202002%20-%20Current%20Concepts%20in%20the%20Rehabilitation%20of%20the%20Overhead%20Throwing%20Athlete.pdf>

WILK, Kevin E., REINOLD, Michael M., ANDREWS, James R.. 2004. Rehabilitation of the thrower's elbow. *Clinics in Sports Medicine* [online]., roč. 23, č. 4, s. 765-801 [cit. 2012-04-27]. ISSN 02785919. Dostupné z: <http://www.marianjoylibrary.org/residency/documents/s51ref16rehabilitationofthrower selbow.pdf>

WIKSTROM, Erik A, TILLMAN, Mark D, CHMIELEWSKI, Terese L, BORSA, Paul A. 2006. Measurement and Evaluation of Dynamic Joint Stability of the Knee and Ankle After Injury. *Sports Medicine* [online]., roč. 36, č. 5, s. 393-410 [cit. 2012-03-27]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://www.mendeley.com/research/measurement-and-evaluation-of-dynamic-joint-stability-of-the-knee-and-ankle-after-injury/>

WILSON, G. J., MURPHY, A. J., GIORGI A.. 1996. Weight and plyometric training: Effects on eccentric and concentric force production. *Canadian Journal of Applied Physiology* [online]., roč. 21, č. 4, s. 301-315 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/h96-026>

WILSON, Jacob M, FLANAGAN, Eamonn P. 2008. The Role of Elastic Energy in Activities with High Force and Power Requirements: A Brief Review. *Journal of*

Strength and Conditioning Research [online]., roč. 22, č. 5, s. 1705-1715 [cit. 2012-04-26]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>

WITZKE, Kara A., SNOW, Christine M.. 2000. Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine* [online]., roč. 32, č. 6, s. 1051-1057 [cit. 2012-04-27]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: http://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/2000/06000/Effects_of_plyometric_jump_training_on_bone_mass.3.aspx

WU, Y.-K., Y.-H. LIEN, K.-H. LIN, T. T.-F. SHIH, T.-G. WANG a H.-K. WANG. 2010. Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance. *Scandinavian Journal of Medicine* [online]., roč. 20, č. 1, s. 1-8 [cit. 2012-03-21]. ISSN 09057188. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&hid=12&sid=353c5a3a-9257-4b7c-8316-0933d0de933c%40sessionmgr14>

YOO, Jae Ho, LIM, Bee Oh, HA, Mina, LEE, Soo Won, OH, Soo Jin, LEE, Yong Seuk, KIM, Jin Goo. 2010. A meta-analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [online]., č. 18, s. 824-830 [cit. 2012-04-4]. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00167-009-0901-2>

YOUNG, W., WILSON, C., BYRNE C.. 1999. A Comparison of Drop Jump Training Methods: Effects on Leg Extensor Strength Qualities and Jumping Performance. *International Journal of Sports Medicine* [online]., roč. 20, č. 05, s. 295-303 [cit. 2012-04-06]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: <https://www.thieme-connect.com/ejournals/abstract/sportsmed/doi/10.1055/s-2007-971134>

YOUNG, W. 1995. Laboratory strength assessment of athletes: New Studies in Athletics. *New studies in athletics* [online]., roč. 10, č. 1 s. 89-96 [cit. 2012-04-27]. ISSN 0961-933x. Dostupné z: <http://www.mendeley.com/research/laboratory-strength-assessment-athletes-evaluation-en-laboratoire-la-force-des-athletes/>

ZECH, Astrid, HÜBSCHER, Markus, VOGT, Lutz, BANZER, Winfried, HÄNSEL Frank, PFEIFER, Klaus. 2010. Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training* [online]., roč. 45, č. 4 s. 392-403[cit. 2012-03-30]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2902034/>

SEZNAM ZKRATEK

EMS	elektromyostimulace
GRF	ground force reaction
LCA	ligamentum cruciatum anterior
m.	musculus
RSI	reactive strength index

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Depth Jump (Chu, 1998, s. 113).....	29
Obr. 2 Plyometrie zápěstí (Wilk, Reinold, Andrews, 2004, s. 781).....	33