

Univerzita Karlova v Praze

2. lékařská fakulta

**Otevřený versus uzavřený kinetický řetězec
v rehabilitaci po rekonstrukci předního zkříženého vazů**

Bakalářská práce

Autor: Jitka Dařinová, obor fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Lucie Oplová

Praha 2013

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Jitka Dařinová

Název diplomové práce: Otevřený versus uzavřený kinetický řetězec v rehabilitaci po rekonstrukci předního zkříženého vazů

Pracoviště: Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Lucie Oplová

Rok obhajoby diplomové práce: 2013

Abstrakt

Poranění předního zkříženého vazů patří mezi častá sportovní zranění. Narušuje stabilitu a biomechanické funkce kloubu a u sportovců se často přistupuje k jeho rekonstrukci. Efekt cvičení v uzavřeném a otevřeném kinetickém řetězci po rekonstrukci vazů na znovuzískání stability a svalové síly musculus quadriceps femoris byl předmětem zkoumání několika studií. Cvičení v uzavřeném kinetickém řetězci bylo upřednostňováno, protože se věřilo, že je bezpečnější, efektivnější a nepoškodí v první fázi rehabilitace hojící se štěp. Další studie ukázaly, kdy a v jakém provedení je možné zařadit cvičení v otevřeném řetězci a jak ho správně kombinovat se cvičením v řetězci uzavřeném, aby nebyl poškozen štěp a terapie byla co nejefektivnější. Cílem této práce je rešeršním způsobem porovnat studie a na základě výsledků navrhnout možnosti zařazení cvičení v OKC a CKC v praxi.

Klíčová slova

Rekonstrukce ACL, rehabilitace, kinetický řetězec

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovnických služeb.

Bibliographic identification

Author's first name and surname: Jitka Dařinová

Title of the master thesis: *Opened versus closed kinetic chain rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction*

Department: Department of Rehabilitation and Sports Medicine

Supervisor: Lucie Oplová, MA.

The year of presentation: 2013

Abstract

The anterior cruciate ligament injury is one of the common sports injuries. It disrupts the knee stability and biomechanical function of the joint and athletes are often indicated for ACL reconstruction. The effect of open and close kinetic chain exercises after ACL reconstruction to regain stability and musculus quadriceps femoris strenght back was the investigated subject in several past studies. The close kinetic chain exercises were preferred due to the belief that those exercises are safer, more effective and won't harm the healing graft in the first rehabilitation phase. The other studies have shown how to use and properly combine open and close kinetic chain exercises into an effective therapy in regard to the healing graft. The aim of this work is to research those studies and subsequently suggest the possibilities of including exercise in OKC & CKC in practice according to the results.

Keywords

ACL reconrsuction, rehabilitation, kinetic chain

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

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Lucie Oplové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 25. 4. 2013

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí práce, Mgr. Lucii Oplové, za vedení mé práce, za cenné rady, připomínky a za trpělivost. Dále bych chtěla poděkovat členům mojí rodiny, kteří mi byli během psaní práce oporou. Mé velké díky patří také Honzovi, který byl ochotný docházet na terapie a byl pacientem pro praktickou část mojí práce.

OBSAH

OBSAH	3
SEZNAM ZKRATEK	5
1 ÚVOD	10
2 CÍL	12
3 TEORETICKÁ ČÁST	13
3.1 PORANĚNÍ ACL A NÁSLEDNÁ LÉČBA	13
3.1.1 Mechanismus poranění ACL	13
3.1.2 Konzervativní léčba	14
3.1.3 Operační léčba	14
3.2 BIOMECHANIKA KOLENNÍHO KLOUBU	17
3.2.1 Funkce struktur kolenního kloubu	17
3.2.2 Pohyby kolenního kloubu	19
3.2.3 Patellofemorální skloubení	22
3.3 EFEKT CVIČENÍ V OKC VERSUS V CKC NA KOLENNÍ KLOUB A JEJICH ZAŘAZENÍ DO TERAPIE PO REKONSTRUKCI ACL	24
3.3.1 Ventrální posun tibie při cvičení v OKC a CKC	24
3.3.2 Napětí v ACL během cvičení v OKC a CKC	26
3.3.3 Patellofemorální joint stress při cvičení v CKC a OKC	28
3.3.4 Posilování m. quadriceps femoris v OKC a CKC	31
3.3.5 Načasování zařazení OKC a CKC do rehabilitace po rekonstrukci ACL	33
4 PRAKTICKÁ ČÁST	40
4.1 KAZUISTIKA PACIENTA	40
4.1.1 Anamnestická data	40
4.1.2 Vyšetření pacienta ze dne 9. 3. 2013	41

4.1.3	Rehabilitační plán časně pooperační fáze	42
4.1.4	Rehabilitační plán pro období od 24. 3. – 14. 4. 2013	45
4.1.5	Dlouhodobý rehabilitační plán	50
5	DISKUZE	51
5.1	DISKUZE K TEORETICKÉ ČÁSTI	51
5.2	DISKUZE K PRAKTICKÉ ČÁSTI	53
6	ZÁVĚR	55
7	REFERENČNÍ SEZNAM	56

SEZNAM ZKRATEK

ACL	– anterior cruciate ligament, přední zkřížený vaz
BTB	– Bone – Tendon – Bone, kost – šlacha – kost
CKC	– close kinetic chain, uzavřený kinetický řetězec
CNS	– centrální nervová soustava
CT	– computer tomography
DKK	– dolní končetiny
DNS	– dynamická neuromuskulární stabilizace
FN	– fakultní nemocnice
LDK	– levá dolní končetina
m. QF	– musculus quadriceps femoris
OKC	– open kinetic chain, otevřený kinetický řetězec
PCL	– posterior cruciate ligament, zadní zkřížený vaz
PDK	– pravá dolní končetina
PF	– patellofemorální
PIR	– postizometrická relaxace
ST/G	– semitendinosus/gralicis
TIA posun	– ventrální posun tibie
TMT	– techniky měkkých tkání

1 ÚVOD

Poranění předního zkříženého vazů je velmi častým zraněním, ke kterému dochází zejména při sportovních aktivitách. Tato poranění bývají často řešena rekonstrukcí vazů a u aktivních sportovců je v současné době nejčastější nahrazení vazů štěpem z ligamenta patellae se dvěma kostěnými bločky, takzvaným Bone – Tendon – Bone štěpem. Přístupy v rehabilitaci po rekonstrukci předního zkříženého vazů se v průběhu posledních dvaceti pěti let měnily a formovaly. Oproti dříve běžné šesti týdenní fixaci a následnému analytickému posilování musculus quadriceps femoris v otevřeném kinetickém řetězci se přistoupilo k takzvané „zrychlené“ rehabilitaci, při které končetina imobilizována není a rehabilitovat se začíná hned druhý den po operaci. Tento přístup vyvolal řadu otázek týkajících se správného zařazení cvičení v otevřeném a uzavřeném kinetickém řetězci do rehabilitace po rekonstrukci vazů. Koncem dvacátého století se začalo stávat populárnějším cvičení v uzavřeném kinetickém řetězci. To mělo tři hlavní důvody. Věřilo se, že je cvičení v uzavřeném řetězci bezpečnější, než cvičení v otevřeném řetězci proto, že během něj vzniká menší napětí ve štěpu a je méně pravděpodobné, že toto cvičení bude zvyšovat patellofemorální bolesti. Dalším důvodem zaměření terapie na cvičení v CKC bylo to, že bylo prezentováno jako funkčnější, protože je zde lepší koaktivace svalů a cvičení je účinnější při cvičení na stabilizaci kolenního kloubu. V neposlední řadě se objevil i názor, že z hlediska zlepšení svalové síly m. quadriceps femoris je cvičení v uzavřeném řetězci stejně efektivní, jako cvičení v řetězci otevřeném. Z těchto důvodů se začalo předpokládat, že cvičení v CKC je bezpečnější než cvičení v OKC, zajišťuje lepší funkci kolenního kloubu po zraněních předního zkříženého vazů a tento způsob cvičení začal nahrazovat cvičení v OKC. Ačkoliv se tento názor stal populárním, začaly se objevovat další názory, které tuto myšlenku vyvracejí. Autoři studií, které se této problematice týkají, se snaží popsat, v jaké fázi a v jakém rozsahu je vhodné cvičení v OKC zapojit do rehabilitace a jak ho efektně kombinovat se cvičením v CKC.

Problematika rehabilitace po rekonstrukci ACL je pro mě velmi zajímavá, protože se často pohybují mezi sportovci a takováto zranění mezi nimi nejsou

výjimkou. Zpracovala jsem toto téma proto, aby bylo na základě získaných poznatků možné navrhnout terapii pro pacienty po rekonstrukci předního zkříženého vazů tak, aby byla bezpečná pro hojící se štěp, účinná a efektivní a pacienti se mohli co nejdříve vrátit na stejnou úroveň sportovních aktivit, kterým se věnovali před zraněním.

2 CÍL

Cílem teoretické části práce je porovnat rešeršní formou studie, jejichž autoři se problematikou cvičením v otevřeném a uzavřeném kinetickém řetězci po rekonstrukci předního zkříženého vazů zabývali a na základě srovnání výsledků zhodnotit, za jakých podmínek a ve které části rehabilitace je nejvhodnější použít cvičení v CKC a OKC s ohledem na hojící se štěp, znovuzískání síly a funkce musculus quadriceps femoris i na patellofemorální joint stress a bolesti kolene v oblasti patelly.

Cílem praktické části je demonstrovat získané poznatky v praxi.

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1 PORANĚNÍ ACL A NÁSLEDNÁ LÉČBA

Poranění ACL patří mezi závažná poranění, která významně ovlivňují funkci kolenního kloubu. K tomuto zranění často dochází při sportu, zejména pak při sportech kontaktních, jakými jsou fotbal, hokej, nebo házená. Dalšími sporty, ve kterých není poranění ACL výjimečné, jsou například lyžování, squash a tenis (Kolář et al., 2009). Přední zkřížený vaz patří mezi hlavní pasivní stabilizátory kolenního kloubu a jeho poškození většinou způsobuje značné porušení kloubní stability s častými projevy podlamování kolene, takzvaného „giving way“ fenoménu. Poranění ACL je desetkrát častější, než poranění PCL (Dungl et al., 2005).

3.1.1 Mechanismus poranění ACL

Poranění ACL bývá často sdružené s poraněním některých dalších měkkých struktur kolenního kloubu, jako jsou menisky nebo ostatní vazy kolene. Nejčastější příčinou je působení přímého násilí na zevní stranu kolene. K izolovanému poranění předního zkříženého vazy dochází násilnou vnitřní rotací bérce v poslední fázi extenze.

Poranění může být trojího typu:

- Natažení vazy (distenze): Při tomto poranění je zachována kontinuita, vaz je poškozen na mikroskopické úrovni. Projevuje se bolestmi lokalizovanými v průběhu vazy.
- Částečné přetržení vazy (parciální ruptura): V tomto případě není kontinuita vazy přerušena úplně. Pevnost vazy je ale nižší a vaz je prodloužen oproti původní délce. Projevuje se bolestí a narušenou stabilitou kloubu, zejména v poslední fázi extenze.
- Úplné přetržení vazy (totální ruptura): Kontinuita vazy je porušena úplně. Projevuje se bolestí a přítomností krve v náplni kloubu (Dungl et al. 2005).

3.1.2 Konzervativní léčba

Konzervativní léčba se doporučuje u částečných lézí předního zkříženého vazů anebo u ruptur, po kterých je kloub stále v akceptovaných limitech stability. Běžná denní zátěž a některé sporty mohou být docela dobře prováděny i bez předního zkříženého vazů. Jsou to například sporty jako cyklistika, lehký běh nebo plavání (Munclingrová, 2003).

ACL brání předozadnímu posunu tibie a jeho synergistou jsou v této funkci hamstringy. Při konzervativní léčbě se proto zaměřuje na správné funkční zapojení flexorů kolene. Obnovení funkce musculus quadriceps femoris je také bezpodmínečně nutné, protože tento sval zodpovídá za stabilitu kolene v konečné fázi extenze a správné zapojení jednotlivých hlav (především musculus vastus medialis) stabilizuje patellu. Nesprávné funkční zapojení svalů vede k chronickým instabilitám a rozvoji degenerativních změn kolenního kloubu. Pacientům se doporučuje nošení ortézy při zvýšených nárocích na stabilitu kolene, například při chůzi v terénu nebo lyžování (Chaloupka, 2001).

3.1.3 Operační léčba

K operačnímu řešení jsou indikováni všichni pacienti se zvýšenou sportovní aktivitou a pacienti s přidruženým poraněním menisků a dalších vazů. Věk nad 40 let není v dnešní době považován za kontraindikaci chirurgické léčby. Sporné zůstávají indikace operační léčby dětí (Dunjl, 2005).

Operace po akutním traumatu jsou prováděny pouze výjimečně. Provádí se výplach hemartrosu, ošetřují se případné meniskové léze a bývá potvrzena diagnóza ruptury vazů. Primární sutura ACL nepřináší dobré výsledky, a proto se přistupuje k rekonstrukci vazů, která je jediným kvalitním řešením obnovení stability kolenního kloubu. Časně provedená plastika vazů není ideálním řešením, protože se po takovém zákroku velmi často vyskytuje poúrazová artrofibróza. Z tohoto důvodu se rekonstrukce vazů většinou provádí nejdříve za 6 – 8 týdnů po úrazu (Rybka, 2006).

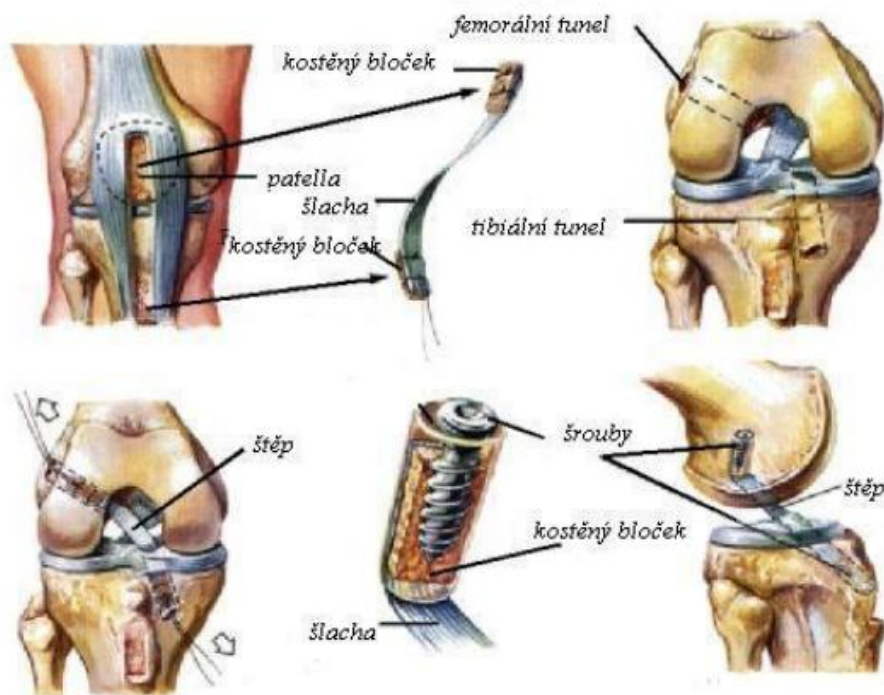
Extraartikulární rekonstrukce se v současnosti neprovádějí, přednost se dává intraartikulárním náhradám ACL. Miniinvazivní techniky umožňují anatomické

umístění dostatečně pevných štěpů v kostních tunelech. Operace jsou prováděny arroskopicky nebo pomocí miniartrotomie (Dunl et al., 2005). Velmi důležitá je volba implantátu, kterým bude přetržený vaz nahrazen. Může to být vlastní tkáň (autoštěp), alotransplantát (kadaverózní štěp, který je odebraný z mrtvého dárce), xenotransplantát (štěp odebraný ze zvířete) nebo umělý materiál. V současné době jsou pro rekonstrukci vazů nejčastěji používány dva typy autoštěpů. Prvním je štěp z ligamenta patellae se dvěma kostními bločky na obou koncích, tzv. BTB plastika (bone – tendon – bone), druhým je štěp z šlach v oblasti kolene, nejčastěji šlacha m. semitendinosus či m. gracilis, tzv. ST/G plastika (Chaloupka, 2001; Rybka, 2006).

3.1.3.1 BTB plastika

Chaloupka (2001) popisuje tuto operaci tak, že se podélným řezem od česky k tuberositas tibiae odhalí ligamentum patellae, vytne se z jeho střední části asi 9 mm široký pruh, a na obou jeho koncích se vyříznou z kosti bločky délky asi 25mm. Z mediální strany tibie se vrtá kanál do kloubní dutiny, a tímto kanálem se dále vrtá tunel v laterálním kondylu femuru v místě, kam se za normálních okolností upíná ACL. Připravený štěp se zavedeme do kloubu tak, že se jeden konec štěpu s kostním bločkem vtáhne do femorálního kanálu, zatímco druhý konec zůstává v tibiálním kanálu. Konce štěpů jsou upevněny stehem nebo speciálním šroubem. Kostěné bločky se přihojí za 6 – 8 týdnů (Chaloupka, 2001).

Nejčastější komplikace tohoto druhu operace jsou obtíže v místě odběru štěpu (patelární bolest, bolest při kleku); (Dunl, 2005).



Obr. 1: BTB Plastika (ACUTE KNEE AND CHRONIC LIGAMENT INJURIES, <http://www.jockdoc.ws/subs/kneeligament.htm>, 2009)

3.1.3.2 ST/G plastika

Tuto operaci popisuje Chaloupka (2001) tak, že lze z krátké incize v oblasti pes anserinus rychle získat speciálním nástrojem asi 30cm dlouhou šlachu, která se zpracuje v asi 7 – 8 cm dlouhý štěp. Protážení kostními kanálky je stejné, jako u BTB plastiky, na obou koncích je štěp zakotven speciálním stehem. Metoda je čistě artroskopická, operační řezy jsou malé a následně se nevyskytuje patelární bolest, což jsou její největší výhody. Za určitou nevýhodu se považuje fakt, že šlacha se do kostěného kanálku nikdy nepřihojí zcela pevně, a pokud po nějaké době dojde k selhání závěsného stehu, štěp se většinou uvolní (Chaloupka, 2001).

3.2 Biomechanika kolenního kloubu

Pro správnou a účinnou terapii, kontrolu pohybu a nastavení v kolenním kloubu je důležité znát nejen anatomii, ale i biomechaniku kloubu (McGinty et al., 1999). Kloubní hlavici tvoří kondyly femuru, facies articularis superior kondylů tibie spolu s menisky tvoří kloubní jamku. Facies patellaris femoris je artikulační plochou pro facies articularis patellae na dorsální straně patelly (Čihák, 2001).

3.2.1 Funkce struktur kolenního kloubu

Kolenní kloub má z biomechanického hlediska 2 funkce:

- a) umožňuje potřebný rozsah pohybů mezi stehnem a bércelem,
- b) zajišťuje optimální přenos tlakových sil vzniklých činnostmi svalů a hmotností těla (Čech, Sosna, Bartoníček, 1986).

Funkce jednotlivých struktur kolenního kloubu:

- Kost a kloubní chrupavka tvoří skelet kloubu. Tyto struktury jsou schopny se elasticky deformovat a zlepšit tak přenos tlakových sil v kloubu i jeho stabilitu. Tvar kloubních ploch společně s vazy rozhoduje o kinematice kloubu.
- Vazy zajišťují pasivní stabilitu kloubu a svým průběhem také určují kinematiku kloubu.
- Menisky mají větší schopnost elastické deformace, než chrupavka a kost. Tím vyrovnávají inkongruenci kloubních ploch. Díky své struktuře, pružnosti a tvaru fungují v kloubu jako tlumiče nárazů.
- Svaly zajišťují aktivní pohyb v kloubu. Jejich správná koaktivace má zásadní význam pro správnou funkci kloubu
- Nervové receptory a vlákna zajišťují přenos informací z kloubu do CNS (Čech et al., 1986)

3.2.1.1 Statické a dynamické stabilizátory kolenního kloubu

Na stabilitě kolenního kloubu se společně s tvary kloubních ploch femuru a tibie podílejí také statické a dynamické stabilizátory kloubu. Jejich správná souhra zajišťuje stabilitu kloubu (Nýdrle, 1992).

Statické stabilizátory

Funkce statických stabilizátorů spočívá v jejich mechanické pevnosti (Nýdrle, 1992).

Mezi statické stabilizátory patří:

- přední a zadní zkřížený vaz, mediální a laterální postranní vaz
- laterální a mediální meniscus
- posterolaterální a posteromediální část kloubního pouzdra (zesílená úponem m. semimembranosus)
- ligamentum popliteum arcuatum
- částečně sem patří i iliotibiální trakt – nejedná se o plně dynamickou strukturu (Chaloupka, 2001; Nýdrle, 1992)

Dynamické stabilizátory

Mezi dynamické stabilizátory patří svaly a jejich stabilizační funkce spočívá v jejich správné koaktivaci (Chaloupka, 2001).

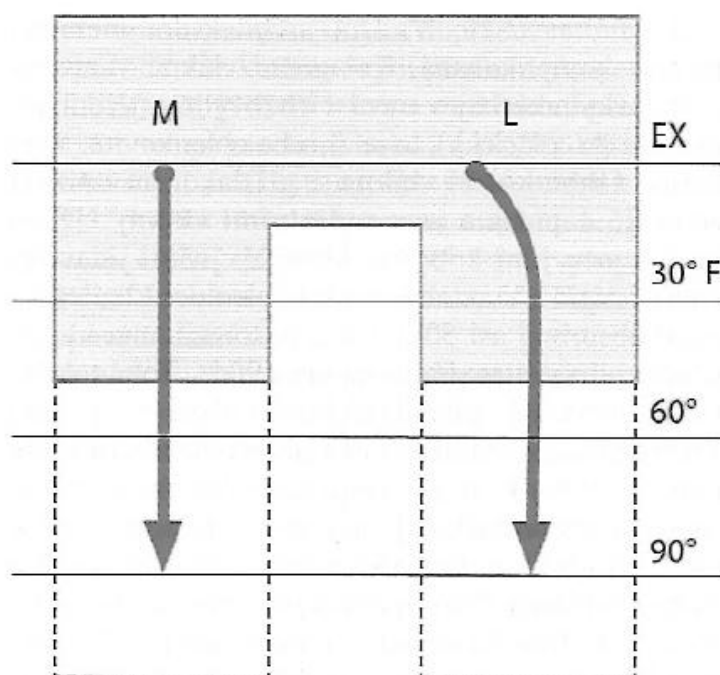
Mezi dynamické stabilizátory patří:

- m. quadriceps femoris s patellou a ligamentem patellae
- svaly, které se upínají do pes anserinus: m. semitendinosus, m. sartorius, m. gracilis + caput mediale m. gastrocnemius (mediální stabilizátory)
- m. biceps femoris, caput laterale m. gastrocnemius, m. popliteus a částečně iliotibiální trakt (laterální stabilizátory)

Iliotibiální trakt je jen podmíněně dynamická struktura, která je napínána prostřednictvím m. tensor fasciae latae (Chaloupka, 2001, Nýdrle, 1992).

3.2.2 Pohyby kolenního kloubu

Základními pohyby v kolenním kloubu jsou flexe a extenze. K těmto pohybům jsou ovšem přidruženy ještě další pohyby. Pokud proložíme středem kolenního kloubu tři roviny, rovinu transverzální, sagitální a frontální, protnou se tyto roviny ve třech přímkách. Tyto přímky označíme jako X, Y a Z a získáme osy možných pohybů v tomto kloubu. Kolem těchto os je možné provést tři pohyby rotační a tři pohyby translační. Celkem je tedy teoreticky možných šest pohybů. Translační pohyb v sagitální rovině, tedy po ose X, se při povoleném předním nebo zadním zkříženém vazů jeví jako přední a zadní zásuvkový příznak. Translační pohyb v transverzální rovině, tedy po ose Y, není za fyziologických podmínek možný. Translační pohyb ve frontální rovině, tedy po ose Z je potom distrakce a komprese kloubu. Kolem každé osy je možná rotace. Tvar kondylů femuru tvořících hlavici kloubu má v sagitální rovině nesoustředné zakřivení. Při flexi v koleni není možné určit stálou osu otáčení. Osa se mění v průběhu pohybu a je závislá na stupni flexe. U tohoto pohybu hledáme okamžitý střed otáčení. Osa počáteční rotace tibie (případně femuru) prochází středem hlavice femuru dále do středu laterálního kondylu. Kdybychom vytvořili trajektorii z poloh, které zaujímá tato osa při flexi, tak by měla tvar šroubovice nebo spirály. Rozsah rotací se mění se stupni flexe. Nejvíce se zvětšuje v prvních 30 stupních flexe. Rozsahy rotačních pohybů jsou největší mezi 45 a 90 stupni flexe (Dylevský, 2009; Bartoníček, 2004)



Obr. 2: Stupeň rotace kondylů stehenní kosti v průběhu flexe kolenního kloubu

M – condylus medialis, L – condylus lateralis, EX – plná extenze kloubu,
F – stupeň flexe (Dylevský, 2009)

3.2.2.1 Tibiofemorální skloubení

Femur a tibia jsou dvě nejdelší spolu artikulující kosti v lidském těle. Jsou to nejdelší páky a nesou většinu váhy lidského těla. Při pohybu zde působí různé síly a úlohou kolenního kloubu je „umožnit stabilitu při současné mobilitě“ (Véle, 1997). Za pohyb zodpovídá neuromuskulární soustava a za stabilitu a správné provedení pohybu celý stabilizační aparát kolenního kloubu. Jeho součástí je mimo správně aktivovaných svalů také kloubní pouzdro, ligamenta kloubního pouzdra a nitrokloubní vazy Ligamentum cruciatum anterius začíná na vnitřní ploše laterálního kondylu femuru a pokračuje medioventrálně do area intercondylaris anterior na tibia. Zajišťuje ventrodorzální stabilitu kloubu, ovlivňuje ventrální posun tibie vůči femuru a napjatý vaz táhne bérec do mírné zevní rotace. Dorzální posun tibie a její vnější rotaci stabilizuje ligamentum cruciatum posterius, které začíná na zevní ploše vnitřního kondylu femuru a upíná se do area intercondylaris tibiae. Přední vaz kříží zadem a navíjením se na sebe omezují vnitřní rotaci v kloubu.

Ligamentum collaterale tibiale et fibulare stabilizují kloub tím, že omezují úhel vnější a vnitřní rotace, předozadního posunu a také vybočení a vbočení kolene (Dylevský, 2009).

V základním postavení kolenního kloubu, v plné extenzi, jsou postranní vazy a přední zkřížený vaz napjaty. Zadní zkřížený vaz je napjatý jen v posteromediální části. To se označuje jako „uzamknuté koleno“. Menisky v této poloze kloubu absorbují asi 50 % tlaku působícího na kloub a při flexi v kloubu tato hodnota stoupá až na 90 %. Prvních 5 stupňů flexe je doprovázeno rotací v kolenním kloubu. Při této rotaci dojde k uvolnění ACL, což se označuje jako „odemknutí kolena“. Rotace provází flexi do 30 až 40 stupňů flexe, během níž napětí v ACL i PCL klesá, při dalších stupních flexe napětí opět narůstá. Postranní vazy mají v určitých stupních flexe více napjaté určité části vazů. Když se na vaz díváme podélně, při flexi přebírá větší aktivitu ventrální pruh vazů. U PCL se po 20 stupních flexe začne zvyšovat napětí nejprve ve anteriolaterální části a teprve od 30 stupňů se zvyšuje napětí vazů jako celku. Flexe je zakončena dorzálním posunem menisků, které přizpůsobují svůj tvar kondylům femuru. Rozsah flexe se pohybuje mezi 120 a 160 stupni a je závislý na pozici kyčelního kloubu a na stavu svalů a měkkých struktur. Aktivně je flexe možná do 140 stupňů, větší flexi lze provést pasivně nebo například ve dřepu, kdy se stlačí svalová hmota. Extenze je z nulového postavení možná ještě o dalších 5 až 15 stupňů, do tzv. „hyperextenze“ (Čihák, 2001; Dylevský, 2009)

Během flexe a extenze jsou v tibiofemorálním skloubení kombinovány tři pohyby. Artikulující plochy provádí valivý, posuvný a rotační pohyb a tím zachovávají kongruenci kloubu. Tyto pohyby jsou dány geometrií kloubních ploch a napětím vyvolaným v ligamentech (McGinty et al., 1999; Dylevský, 2009).

Kinematika kloubu v CKC

V uzavřeném kinetickém řetězci je punctum fixum distálně a proximální segment se pohybuje vůči distálnímu. Pro kolenní kloub je pohyb v uzavřeném řetězci například dřep, kdy je noha opřena o podložku a celé tělo se pohybuje vůči tomuto opěrnému bodu. Pohyb v kolenním kloubu v CKC zajišťuje kokontrakce mezi hamstringy a m. quadriceps femoris.

Při pohybu do extenze v kolenním kloubu v uzavřeném řetězci vykonávají kondyly femuru po tibiálním plateau valivý pohyb anteriorně a posuvný pohyb posteriorně. Během posledních 30 stupňů extenze vykonává femur ještě vnitřně rotační pohyb. To se nazývá „uzamknutí kolene“ a přední zkřížený vaz je v této fázi zcela napnutý. Ventrální posun tibie redukuje aktivované hamstringy (McGinty et al., 1999).

Při flexčním pohybu v CKC vykonávají kondyly femuru valivý pohyb dorzálním směrem a posuvný pohyb po tibiálním plateau směrem ventrálním se sdruženou laterální rotací v první fázi flexe. (McGinty et al., 1999)

Kinematika kloubu v OKC

V otevřeném kinetickém řetězci je distálně punctum mobile a tah svalů je směrem k proximálnímu segmentu. Příkladem cvičení v OKC je například extendování kolene v sedě (McGinty et al., 1999).

Extenze kolene v OKC je způsobena kontrakcí m. quadriceps femoris a tah svalu je proximálním směrem. Vůči kondylům femuru koná valivý i posuvný pohyb ventrálním směrem tibiální plateau a v posledních 30° dochází ještě ke sdružené laterální rotaci tibie. V této fázi extenze zajišťuje ACL z 85 % omezení předního posunu tibie.

Flexi v OKC způsobuje kontrakce hamstringů, tibiální plateau valí a posouvá po kondylech femuru dorzálně a během posledních 30° dochází ke sdruženému vnitřně rotačnímu pohybu (McGinty et al., 1999).

3.2.3 Patellofemorální skloubení

Patellofemorální reakční síla je míra přitlačení patelly proti femuru. Velikost této síly závisí na napětí šlachy m. quadriceps femoris (respektive ligamenta patellae) a na úhlu flexe kolenního kloubu (McGinty et al., 1999)

3.2.3.1 Patellofemorální skloubení v CKC

Během pohybu v CKC rostou reakční síly s rostoucím stupněm flexe. Nejméně působí síly v okolí patelly v nulovém postavení kolenního kloubu.

Patellofemorální skloubení je v CKC nejméně zatěžováno působením okolních sil v rozsahu pohybu 0 – 45° (McGinty et al., 1999).

3.2.3.2 Patellofemorální skloubení v OKC

Při cvičení v OKC jsou síly působící v okolí patelly nejmenší v 90° flexe. Během extenze z 90° se reakční síla zvyšuje a míra kontaktu kloubních ploch snižuje. V posledních 20° flexe už ke kontaktu patelly a nedochází. Patellofemorální skloubení je v OKC nejméně zatěžováno působením okolních sil při pohybu v rozsahu od 90° do 50° a od 20° do 0° flexe (McGinty et al., 1999).

3.3 EFEKT CVIČENÍ V OKC VERSUS V CKC NA KOLENNÍ KLOUB A JEJICH ZAŘAZENÍ DO TERAPIE PO REKONSTRUKCI ACL

Přístupy ve fyzioterapii po plastice předního zkříženého vazy se během posledních dvaceti pěti let měnily. Cvičení v otevřeném kinetickém řetězci bylo typické pro znovuzískání svalové síly oslabeného m. quadriceps femoris. Odporová cvičení v otevřeném kinetickém řetězci byla zařazována do rehabilitace po tom, co byla celá končetina imobilizována 6 i více týdnů (Paulos et al., 1981). Koncem dvacátého století se od imobilizace končetiny ustoupilo a rehabilitace operované končetiny začala hned druhý den po operaci. Začaly být zkoumány benefity cvičení v CKC a možná nebezpečí cvičení v OKC. V této části práce se zaměřuji na porovnání studií, které se této problematice týkají.

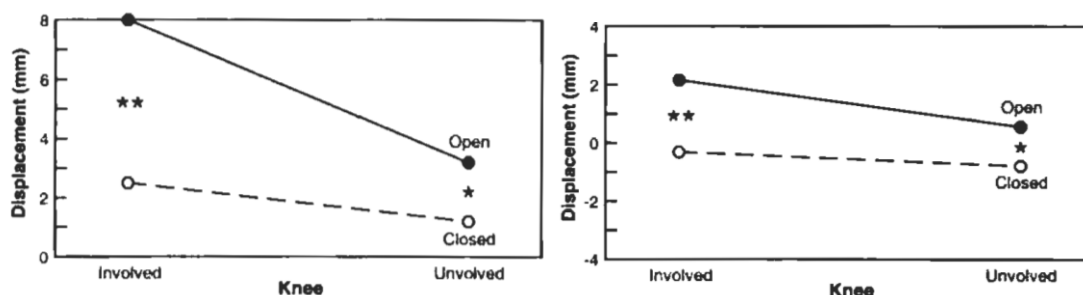
3.3.1 Ventrální posun tibie při cvičení v OKC a CKC

Jedním z důvodů, proč začalo být cvičení v uzavřeném kinetickém řetězci v rehabilitaci po rekonstrukci LCA upřednostňováno, bylo zjištění, že při tomto cvičení dochází k menšímu ventrálnímu posunu tibie vůči femuru (TIA posun). Tento posun v určitých fázích pohybu v kolenním kloubu byl označen jako jeden z faktorů, které mohou při rehabilitaci negativně ovlivnit hojící se štěp. Přední zkřížený vaz posunu tibie při pohybu brání. Nesprávné zatížení a napětí hojícího se štěpu vyvolané ventrálním posunem tibie může vést k jeho deformaci. Rozdíly mezi TIA posunem během cvičení v OKC a cvičení v CKC byly naměřeny u skupin pacientů bez předního zkříženého vazy v jednom kolenním kloubu a výsledky byly porovnávány s kolenem zdravým. V obou měřeních bylo zjištěno, že během pohybu v OKC je u poškozeného kolene prokazatelně větší TIA posun, než při pohybu v CKC (H. John Yack et al. 1993; Walter L. Jenkins et al. 1997).

Yack et al. (1993) měřili TIA posun u 11 pacientů bez ACL v jednom kolenním kloubu pomocí elektrogoniometru, a to v průběhu dvou typů aktivního cvičení v rozsahu 0 – 90 stupňů flexe v koleni. Cvičení v OKC reprezentovala aktivní extenze proti odporu z 90 stupňů flexe do plné extenze, cvičení v CKC

reprezentoval paralelní dřep. Výsledky měření poukazují na prokazatelně větší předozadní posun tibie během cvičení do extenze v otevřeném řetězci, než při paralelním dřepu, a to zejména při pohybu mezi 64 stupni a 10 stupni extenze v poškozeném kolenu. Režim cvičení do extenze v otevřeném řetězci tak podle autorů také opakovaně namáhá již poškozenou tkáň. Ve zdravém kolenu nebyly v posunu tibie nalezeny velké rozdíly. V porovnání s aktivní extenzí proti odporu v otevřeném řetězci dochází při paralelním dřepu (uzavřený kinetický řetězec) k menšímu TIA posunu a tím pádem i k menšímu napětí v předním zkříženém vazů. Aktivní cvičení do extenze proti odporu v otevřeném řetězci by do terapie nemělo být zařazováno, pokud je výchozí flexe v kolenu menší, než 64 stupňů, a pokud je cílem terapie minimalizovat napětí v předním zkříženém vazů nebo štěpu, který ho nahrazuje (Yack et al. 1993).

Součástí rehabilitačního programu po rekonstrukci ACL jsou také izometrická cvičení svalů dolní končetiny. Rozdíly v TIA posunu během izometrických cvičení v OKC a CKC byly naměřeny u 19 pacientů bez předního zkříženého vazů v jednom kolenním kloubu arthrometrem KT-1000 (Jenkis et al., 1997). Studie byla zaměřená na TIA posun během izometrické kontrakce m. quadriceps femoris proti odporu v otevřeném a uzavřeném řetězci. Hodnoty byly zaznamenány v poloze 30 stupňů a 60 stupňů flexe v kolenním kloubu. Výsledky měření potvrzují větší TIA posun v obou polohách při cvičení proti odporu v otevřeném kinetickém řetězci. Největší ventrální posun tibie byl při obou typech cvičení naměřen v poloze 30 stupňů flexe (Jenkis et al., 1997).



Obr. 3: Ventrální posun tibie, OKC vs. CKC ve 30° (vlevo) a v 60° (vpravo) (Jenkis et al., 1997)

Z těchto skutečností Jenkins et al. usoudili, že v rehabilitaci pacientů s hojícím se ACL štěpem je třeba se vyhnout cvičení do extenze proti odporu v otevřeném kinetickém řetězci v pozici 30 stupňů flexe. V pozici v 60 stupních u otevřeného a ve 30 stupních u uzavřeného řetězce byly naměřeny podobné hodnoty. Je třeba vzít v úvahu, že cvičení za těchto podmínek způsobuje předozadní posun tibie a může tak vést k deformaci hojícího se štěpu. Jako nejideálnější izometrické cvičení z hlediska předozadního posunu tibie se tedy jeví cvičení v uzavřeném kinetickém řetězci v poloze 60 stupňů flexe, při kterém k předozadnímu posunu tibie nedochází (Jenkins et al. 1997).

3.3.2 Napětí v ACL během cvičení v OKC a CKC

V předchozích studiích se autoři zaměřili pouze na ventrální posun tibie, na základě kterého vyvodili závěry o nebezpečí zvýšeného napětí ACL štěpu při cvičení po rekonstrukci ACL. Napětí štěpu ale nebylo měřeno přímo a Jenkins et al. měřili posun tibie jen při izometrické kontrakci. Autoři jiných studií se zaměřili na měření napětí, které je generováno v předním zkříženém vazů během cvičení v otevřeném a uzavřeném kinetickém řetězci a na základě výsledků vyvodily závěry pro rehabilitaci po rekonstrukci předního zkříženého vazů.

Během cvičení v OKC i během cvičení v CKC v rozsahu pohybu 10 až 90 stupňů vzrůstá napětí ACL při pohybu do extenze a hodnoty naopak klesají při flexi (Beynon et al. 1997). Beynon et al. (1997) ve studii měřili napětí nepoškozeného ACL u zdravého kolene během dřepu (uzavřený řetězec) a během aktivního cvičení do flexe a extenze (otevřený řetězec). Cvičení v CKC bylo doplněno o dřep se zvýšeným odporem pomocí Sport Cordu. Zaznamenány byly hodnoty během flexe a extenze v kolenním kloubu v úhlech 10, 20, 30, 50, 70 a 90 stupňů. Hodnoty maximálního napětí v ACL byly naměřeny u všech typů cvičení při pohybu do extenze a hodnoty naopak klesaly v průběhu flexe do 90 stupňů. V průběhu pohybu do flexe byly největší hodnoty napětí ACL naměřeny ve 30 a 50 stupních, a to u obou typů cvičení. V ostatních polohách kloubu nebyly naměřeny významné rozdíly v napětí vazů. Je důležité zmínit, že i když byly při obou typech cvičení naměřené prokazatelné vyšší hodnoty ve 30 a 50 stupních flexe, byly tyto hodnoty podstatně menší, než hodnoty naměřené ve všech třech

typech cvičení při konečné fázi extenze. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny při aktivní extenzi proti odporu ze 22 do 0 stupňů flexe. Při izometrické kontrakci m. quadriceps femoris naměřil největší napětí v poloze 15 stupňů flexe v koleni.

Tato studie poukazuje na to, že při těchto konkrétních cvicích v OKC a CKC nebyly v napětí ACL ve zdravém koleni naměřeny velké rozdíly. Při konečné fázi extenze odporového cvičení v OKC byly naměřeny nejvyšší hodnoty napětí ACL a proto je třeba tento výsledek respektovat při cvičení s ohledem na hojící se štěp. Podle autorů by ale tento faktor neměl být primárním důvodem pro nahrazení cvičení v OKC cvičením v CKC. Stěžejní pro upřednostňování CKC v rehabilitaci po rekonstrukci ACL by měly být další parametry, jako jsou například posuny a rotace mezi kloubními plochami během cvičení v OKC a CKC, jež mají vliv na hojící se štěp (Beynon et al. 1997)

Heijne et al. (2004) ve své studii zaměřili napětí ve zdravém předním zkříženém vazů během čtyř typů cvičení v CKC. Byl to krok do schodu, krok ze schodu, výpad a dřep na jedné noze. Podle jeho výsledků tato cvičení neprodukují větší napětí v ACL, než dřep na obou nohách, nenaměřil ani velké rozdíly mezi jednotlivými cviky. U každého typu cvičení bylo v ACL větší napětí v poloze 30 stupňů flexe (Heijne et al., 2004).

Rafael F. Escamilla (2000) ve své studii zkoumal biomechaniku kolenního kloubu během cvičení do dřepu. Měřil smykové a tlakové síly, které působí v tibiofemorálním a patellofemorálním skloubení během dřepu. Účinek přední smykové síly je redukován primárně pomocí ACL. Nejmenší hodnoty přední smykové síly byly naměřeny mezi 0 a 60 stupni flexe. Velikost tlakových sil patellofemorálního skloubení i tlakových a smykových sil tibiofemorálního skloubení se postupně zvyšuje při flektování kolene a snižuje se při extenzi. Maximálních hodnot dosahují blízko plné flexe. Cvičení v CKC do dřepu ve funkčním rozsahu od 0 do 50 stupňů uvádí autor jako výhodné pro rehabilitaci kolene, protože jsou síly působící v kolenním kloubu v tomto rozpětí minimální.

Vzhledem k porovnání všech výsledků by se dalo usuzovat, že:

- K TIA posunu, který by mohl poškodit hojící se štěp, dochází při cvičení do extenze v OKC mezi 64 a 10 stupni flexe

- K největšímu ventrálnímu posunu dochází ve 30 stupních v OKC a v této poloze je produkováno největší napětí v ACL
- Konečná fáze extenze při cvičení v OKC může mít nepříznivý vliv na hojící se štěp v časně fázi rehabilitace
- Při cvičení v CKC v poloze 60 stupňů k ventrálnímu posunu nedochází
- Nejsou velké rozdíly v napětí štěpu při cvičení v OCK a CKC

(Beynon et al., 1997, Heijne et al., 2004, Escamilla, 2000)

3.3.3 Patellofemorální joint stress při cvičení v CKC a OKC

V rehabilitaci musí být kladen důraz nejen na štěp, ale i na správné cvičení okolních svalů. Nesprávné cvičení okolních svalů vede k sekundární kloubní dysfunkci a zvýšenému zatěžování patellofemorálního skloubení, takzvanému joint stressu (PF joint stress). Zastánci cvičení v uzavřeném řetězci tvrdili, že tato cvičení méně namáhají patellofemorální skloubení, než cvičení v řetězci otevřeném (Bynum et al., 1995).

Bynum et al. (1995) jako první porovnávali dvě skupiny pacientů po rekonstrukci ACL patellárním štěpem. Během zrychlené rehabilitace byla jedna skupina zaměřena na cvičení v OKC a druhá na cvičení v CKC. Autoři chtěli zjistit, jestli je cvičení v CKC bezpečné a jestli přináší nějaké výhody.

Výsledky studie podpořily názor, že cvičení v CKC v prvních několika týdnech zrychlené rehabilitace po rekonstrukci ACL je pro kolenní kloub efektivní a bezpečné. Tato cvičení se v časně fázi jeví jako výhodnější, protože během nich dochází k menšímu zatěžování hojícího se štěpu a patellofemorálního skloubení. Pacienti v této skupině si méně stěžovali na bolesti v oblasti PF skloubení, což podpořilo názor, že při cvičení v CKC vzniká menší PF joint stress. Je to způsobeno redukcí sil působících na PF skloubení, které jsou obecně v CKC nejvíce generovány blízko plné extenze. Autoři ale také uvádí, že bolesti PF skloubení po operaci výrazně souvisí s bolestmi před operací, a že snižování těchto bolestí před operací je pro pooperační období významnější, než samotné cvičení v CKC. Objektivně pak měřili laxicitu kloubu pomocí KT-1000 arthrometru,

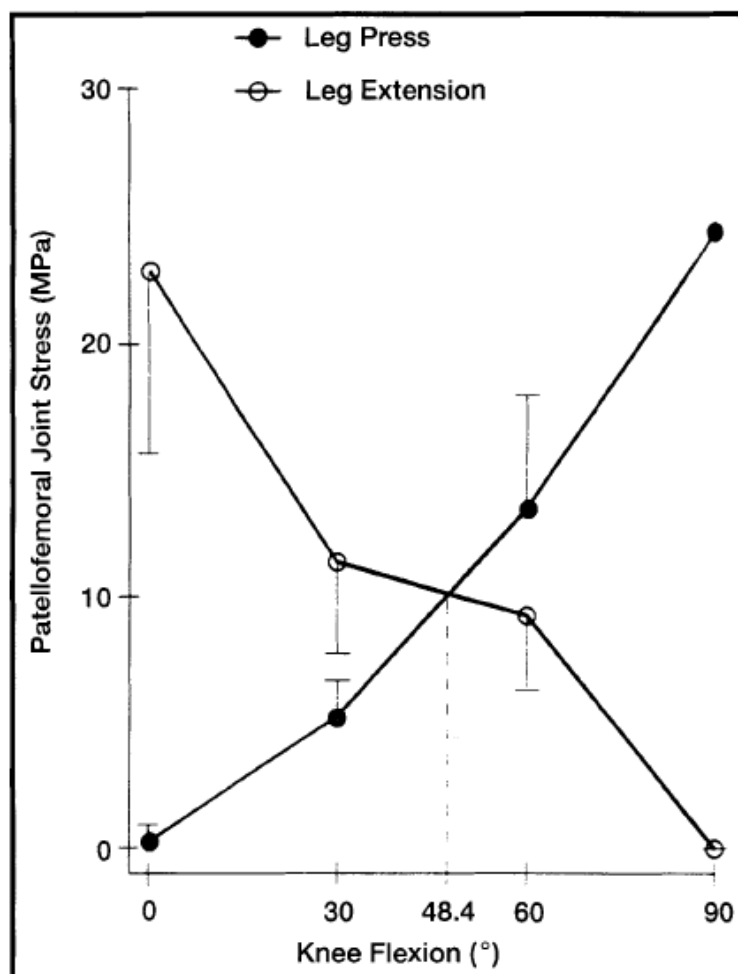
kdy zaznamenávali výchyly v kloubu během cvičení proti přesně stanovenému odporu. Výsledky v řádech milimetrů byly nepatrně příznivější pro cvičení v CKC (Bynum et al., 1995)

Autoři této první srovnávací studie tedy vyhodnocují cvičení v CKC jako příznivější z těchto důvodů:

- Cvičením v CKC vzniká menší napětí hojícího se štěpu a je bezpečný pro ranou fázi RHB
- Pacienti v CKC skupině byli subjektivně spokojenější s výsledky rekonstrukce i následné rehabilitace
- Pociťovali menší PF bolest a k denním i sportovním aktivitám se vrátili dříve, než pacienti z OKC skupiny
- Cvičení v CKC znamená optimálnější funkční zapojení svalů a je bližší běžnému zatěžování končetiny

(Bynum et al., 1995)

Steinkamp et al. (1993) odhadovali míru zatížení patellofemorálního skloubení na matematickém modelu, který vytvořili. Měřili délku stehna a bérce, síly působící během pohybu v OKC a CKC a kontakt styčných ploch patelly a femuru v různých stupních flexe. Na grafu (obr.4) je znázorněné odhadované zatížení patellofemorálního skloubení v průběhu pohybu v OKC a CKC při působení srovnatelného odporu.



Obr. 4: Míra zatížení PF skloubení ve čtyřech úhlech flexe při flexi a extenzi kolene (Steinkamp et al., 1993)

Z grafu můžeme vyhodnotit, že:

- Zatížení kloubu (PF joint stress) se může zvyšovat a snižovat v průběhu obou typů cvičení
- Mění se v závislosti na stupni flexe a druhu řetězce, ve kterém je pohyb vykonáván
- Při extenzi v OKC z 90 do 0 stupňů PF joint stress roste
- Při flexi v CKC z 0 do 90 stupňů PF joint stress klesá
- Při cvičení v OKC roste zatížení nejpozději mezi 60 a 30 stupni
- Pro cvičení v OKC je výhodný rozsah pohybu od 90 do přibližně 60 stupňů flexe

- Pro cvičení v CKC je výhodný rozsah pohybu z plné extenze do přibližně 30 stupňů flexe

Patellofemorální joint stress ale není hlavní důvod bolestí kolene, nicméně je ale důležitým faktorem při rozvoji poškození a degeneraci kloubních ploch. Příčinou bolestí v této fázi rehabilitace je způsob rekonstrukce, během které je při odběru BTB štěpu porušena patella, ligamentum patellae a tibie (Morrissey et al., 2002).

3.3.4 Posilování m. quadriceps femoris v OKC a CKC

Cvičení v OKC by ani vzhledem k předchozím poznatkům neměla být v terapii zcela nahrazena cvičením v CKC. Pokud je terapie zaměřena především na znovuzískání svalové síly quadricepsu, musí být se cvičením v CKC kombinováno také cvičení v OKC. Oba typy cvičení mohou být modifikovány tak, aby se minimalizovalo riziko působení nadměrného napětí na hojící se štěp a aby se snížilo zatížení patellofemorálního skloubení. Vyřazení OKC z rehabilitace po rekonstrukci ACL může negativně ovlivnit znovuzískání točivého momentu a momentu síly m. QF. To pak může být problém zejména při návratu do sportu po operaci (Grodski, Marks, 2008). Točivý moment quadricesu a moment síly jsou důležité při švihové části kroku a například při sprintu má jejich účinek na flexi v kyčli a extenzi v koleni významný podíl na maximalizování délky kroku (Fitzgerald, 1997; Mikkelsen et al., 2000).

3.3.4.1 Efekt zařazení OKC do terapie pro posílení m. quadriceps femoris

Mikkelsen et al. (2000) srovnávali efekt cvičení pouze v CKC proti cvičení v CKC kombinovaném s OKC u 44 pacientů po náhradě ACL patellárním štěpěm. Pacienti byli rozděleni na dvě skupiny po 22. Jedna skupina cvičila pouze v CKC, druhá skupina pacientů od šestého týdne po operaci přidala ke cvičení v CKC ještě cvičení v OKC. Izokinetická a excentrická cvičení m. QF začali pacienti cvičit nejprve v rozsahu 90 až 40 stupňů flexe a během dalších šesti týdnů byl rozsah pohybu postupně zvyšován od 90 až k 10 stupňům. Se cvičením v OKC pacienti pokračovali během celé další rehabilitace po dobu šesti měsíců. Skupina pacientů, která do cvičení nezařadila cvičení v OKC měla po 6 měsících větší problémy se

znovuzískáním točivého momentu a momentu síly m. QF. Pacienti z druhé skupiny, kteří při terapii cvičili v OKC, se dříve vrátili na stejnou úroveň ve sportovních aktivitách, které provozovali před úrazem a rekonstrukcí ACL. Zařazení cvičení v OKC v této části rehabilitace nemělo vliv ani na předozadní laxicitu kloubu, ani na kloubní stabilitu a nedošlo ani k poškození rekonstrukce. V této studii byly oba typy cvičení důkladně kontrolovány. S přihlédnutím k předchozím poznatkům o napětí štěpu a optimálním působení sil v kolenním kloubu byly v rehabilitaci kontrolovány rozsahy pohybů a míra zatížení kloubu při obou typech cvičení. Pacienti, kterým bylo do terapie v šestém týdnu rehabilitace zařazeno pečlivě plánované cvičení v OKC, získali lépe zpět sílu quadricepsu beze změn ve stabilitě kloubu a ke sportu se vrátili o dva měsíce dříve (Mikkelsen et al., 2000).

V souladu s tímto tvrzením jsou i výsledky studie Sofi Tagesson et al. (2007). Pacienti po poranění ACL, kteří do terapie zařadili cvičení v OKC pro posílení m. QF, měli po ukončení rehabilitace prokazatelně větší sílu při izokinetické kontrakci quadricepsu, než skupina, která cvičila v CKC. Cílem této práce bylo také dokázat, že po správném cvičení v OKC nedochází ke statickým ani dynamickým posunům tibie, což bylo měřeno pomocí elektrogoniometru. Výsledky této studie potvrzují, že je cvičení v OKC po poranění ACL nutné pro znovuzískání síly a točivého momentu quadricepsu. Zařazení správného cvičení v OKC nezpůsobuje větší laxicitu kloubu a funkční výsledky se mezi oběma skupinami také shodují (Tagesson et al., 2007).

3.3.4.2 Využití cvičení v CKC pro posílení m. quadriceps femoris

Správně modifikovaná cvičení v uzavřeném řetězci jsou pro znovuzískání síly m. quadriceps femoris také velmi významná a efektivní. Míra aktivity svalu se mění s úhlem flexe v kolenním kloubu a s typem kontrakce. Před indikací cvičení v uzavřeném řetězci, které je cílené především na posílení quadricepsu, je důležité nejdříve zvýšit rozsah pohybu v operovaném kolenním kloubu. Cvičení v CKC je také důležité z hlediska správného funkčního zapojení a posilování hamstringů a musculus gastrocnemius (Shelbourne, Klotz, 2006; Escamilla, 2000; Beutler et al., 2002; Heijne, Werner, 2007).

Změny v aktivitě quadricepsu během cvičení v CKC byly měřeny pomocí EMG. Tato měření napomohla ke správné modifikaci cvičení pro posílení quadricepsu a hamstringů. Aktivita m. QF při dřepu narůstá při flektování kolene a snižuje se při jeho extendování. Vrchol aktivity se pohybuje přibližně v 80 až 90 stupních flexe a při větších rozsazích flexe už se výrazně nezvyšuje. Cvičení do hlubšího dřepu už výrazně rozvoj svalové síly quadricepsu neovlivňuje (Escamilla, 1998, 2000; Beutler et al., 2002).

3.3.5 Načasování zařazení OKC a CKC do rehabilitace po rekonstrukci ACL

Důraz na rozsahy pohybu a načasování zařazení cvičení v OKC a CKC do terapie po rekonstrukci ACL může mít velký vliv na hojící se štěp. Nesprávně zvolené cvičení může štěp poškodit a nepříznivě tak ovlivnit jeho biomechanické vlastnosti a tím jeho funkci.

3.3.5.1 Hojení štěpu

Doba hojení štěpu závisí na typu štěpu, na jeho umístění a fixaci, samozřejmě ale také na rehabilitačním přístupu v pooperační fázi. Pro rekonstrukci předního zkříženého vazy je u mladých, aktivních sportovců stále populárnější takzvaný „Bone – Patellar Tendon – Bone Graft“, který je podle některých poznatků vhodnější, pokud je po operaci plánovaná zrychlená rehabilitace a jedním z cílů je návrat ke sportu (Ekdhal et al., 2008). Autoři studií, které se zbývají zkoumáním procesu hojení štěpu na histologické úrovni, při svém výzkumu používali zvířecí modely, jako jsou například kozy, králíci, nebo psi (Abramowitch et al., 2006; Yoshiya et al., 2000; Park et al. 2001). Yoshiya et al. (2000) testovali osmnáct psů, kterým byl odebrán přední zkřížený vaz a byl nahrazen BTB štěpem. Cílem bylo zjistit, po jaké době je z histologického hlediska ukončeno hojení ve femorálním tunelu. Autoři postupně prováděli histologický rozbor izolovaného femorálního tunelu na rozhraní kost – kost v různých časových odstupech od operace. Z výsledků této práce vyplývá, že je proces hojení štěpu z histologického hlediska zcela ukončen po 12 týdnech od operace. Proces

revaskularizace je ukončen šestý týden od operace (Yoshiya et al., 2000; Ekdahl et al., 2008).

Suzuki et al. (2011) testovali dvacet pacientů po náhradě předního zkříženého vazů BTB štěpem. Pacienti byli dvakrát scanováni pomocí CT, a to ve čtvrtém a osmém týdnu po operaci. Předmětem zkoumání byla doba hojení štěpu ve femorálním tunelu. Na CT snímcích byly hodnoceny viditelné mezery na rozhraní kost – kost ve femorálním tunelu. Na základě výsledků byli pacienti rozděleni do skupin „excellent“ (nejmenší mezera na rozhraní kost - kost), „good“, „fair“ a „poor“. Více než polovina pacientů byla zařazena do skupiny „excellent“ již po 4 týdnech od operace, osmdesát procent pacientů dosáhlo tohoto výsledku až po 8 týdnech. Minimálně do čtvrtého týdne od operace by se tedy mělo v rehabilitaci hojení štěpu respektovat a měly by být dodržovány rozsahy pohybu, které ve štěpu nezvyšují napětí (Suzuki et al., 2011).

3.3.5.2 Časná pooperační fáze

Jako časnou pooperační fázi označujeme první dva týdny od operace. Dříve byla po rekonstrukci vazů běžná fixace dolní končetiny na šest i více týdnů. Tato doba fixace byla považována za nutnou z důvodu dostatečného vyhojení štěpu i okolních struktur a kvůli redukci zánětu. Po odebrání fixace byla rehabilitace zaměřena hlavně na cvičení pro posílení musculus quadriceps femoris, která byla zastoupena převážně cvičením v otevřeném kinetickém řetězci (Paulos, 1981). Od této dlouhodobé imobilizace kloubu se ale začalo ustupovat a namísto toho se jako důležité ukázalo obnovování rozsahu pohybu, se kterým se může začít hned od druhého dne po operaci. Během takto zaměřené terapie nedocházelo ke zvětšování otoku měkkých tkání, nebo ke zvětšování objemu výpotku v kloubu a tento rehabilitační program postupně nahradil dlouhodobé fixování končetiny (Noyes, 1987). Zatěžování končetiny v této fázi rehabilitace závisí na typu rekonstrukce. Při rekonstrukci s použitím štěpu z m. semitendinosus je možné končetinu postupně zatěžovat již během této fáze. Pokud byl použit štěp z ligamenta patellae, je doporučeno končetinu plně zatěžovat až koncem čtvrtého týdne po operaci. Někteří autoři zařadili plné zatěžování končetiny již do prvních dvou týdnů rehabilitace i po rekonstrukci vazů ligamentem patellae (Shelbourne, Nitz, 1993). Takto zatěžovat končetinu je ale možné pouze pokud pacient necítí

bolest v operovaném kloubu a pokud má fyziologický chůzový stereotyp. Smékal et al. (2006) uvádějí, že u takových pacientů se při pokusu o chůzi koncem druhého týdne objevuje výrazná klaudikace, kterou si pacient fixuje a je náročnější ji během další terapie odstranit. Proto i tito autoři doporučují vzhledem k hojení štěpu začít s plným zatěžováním končetiny až koncem čtvrtého týdne (Smékal et al., 2006).

3.3.5.3 Zařazení OKC do terapie ve 2. nebo 6. týdnu po operaci

Jak jsem již výše uvedla, imobilizace končetiny a následné posilování musculus quadriceps femoris bylo nahrazeno zrychlenou rehabilitací, ve které bylo z počátku prosazováno cvičení v CKC. Shelbourne a Nitz porovnávali v roce 1990 dvě skupiny pacientů po rekonstrukci ACL, kdy jedna skupina podstoupila tradiční pooperační léčbu, zahrnující fixaci končetiny na šest týdnů a následné posilování převážně v OKC. Druhá skupina absolvovala zrychlenou rehabilitaci, která byla zaměřena především na cvičení v CKC. Pacienti z druhé skupiny dosáhli prokazatelně rychleji plného funkčního rozsahu v kloubu, rychleji znovuzískali svalovou sílu m. quadriceps femoris, stabilita kloubu se nezhoršila a pacienti si méně stěžovali na bolesti (Shelbourne and Nitz, 1993). Tato studie ovšem nesrovnává účinky CKC a OKC v rané pooperační fázi. Výsledky studie potvrzují, že časně zařazení cvičení v CKC nemá na operovaný kloub negativní dopad a že včasné a správně zahájená rehabilitace nevede ke zvýšené laxitě kloubu (Shelbourne, Nitz, 1990).

Obavy ze zařazení cvičení v OKC v rané fázi rehabilitace vznikaly kvůli názorům, že tato forma posilování může vést k poškození štěpu a větší laxitě kloubu. Fitzgerald (1997) došel ve své studii k názoru, že i pokud je kladen důraz na bezpečnost cvičení, je v terapii možné využít oba typy kinetických řetězců tak, aby se minimalizovalo napětí generované ve štěpu. Je proto důležité znát limity rozsahů pohybu při cvičení v CKC a OKC a správně je modifikovat a kombinovat (Fitzgerald, 1997).

Morrissey et al. (2000) testovali efekt cvičení v otevřeném nebo uzavřeném řetězci během časně fáze rehabilitace u 36 pacientů po rekonstrukci ACL patellárním štěpem. Autoři uvádí, že po rekonstrukci ACL jsou dvě krizová období,

kdy může vlivem cvičení dojít k selhání štěpu. V období po operaci, kdy je nejméně stabilní místo fixace, a poté ve dvanáctém týdnu, kdy je místo fixace zahojeno a slabší a náchylnější se stává tkáň štěpu. Autoři studie se zaměřili na efekt těchto dvou typů cvičení mezi 2. a 6 týdnem po operaci. Pacienti, kteří se měření účastnili, měli po dvou týdnech rozsah pohybu v operovaném kolenu 90° a byli schopni chodit bez pomůcek. Byli rozděleni do dvou skupin a během čtyř týdnů cvičili extenzory kolene a kyčle buď v otevřeném (skupina O), nebo v uzavřeném (skupina C) kinetickém řetězci. Skupina absolvovala odporové tréninky pro posílení extenzorů kyčle a kolene na posilovacím leg-press přístroji, výchozí pozice dolních končetin byla 90° v kyčelním i kolenním kloubu a tělo bylo vodorovně se zemí. Pod paty byl pacientům vložen malý kousek dřeva a pacienti byli poučeni, že při provádění cviku nemá docházet ke kontaktu přednoží a podložky, aby bylo při extenzi vyřazeno zapojení plantárních flexorů. Skupina O posilovala stejné svalové skupiny v otevřeném řetězci se zátěží na kotnících anebo na posilovacích přístrojích, které jsou určené pro izolované posilování extenzorů kolene a kyčle. Pacienti cvičili třikrát týdně. Obě skupiny cvičili v rozsahu od 90 do 0 stupňů v kolenu i v kyčli. Skupina C nevykonávala posilovací cvičení v OKC, dřepy, ani step-up (krok do schodu). Skupina O neměla do tréninku zařazené dřepy, step-up cvičení a posilování na leg-press přístroji. Výsledky měření porovnávají kloubní laxicitu a svalovou sílu. Nalezeny byly pouze drobné rozdíly v laxitě kloubu. Cvičení v OKC vede k 9 % nárůstu volnosti kloubu. Tento výsledek není podle autorů tak významný, aby se na jeho základě podpořila myšlenka vyřazení OKC z této fáze rehabilitace. Poukazují pouze na to, že cvičení OKC v této fázi rehabilitace nemusí být zcela bezpečné a může vést ke zvýšené laxitě kloubu (Morrissey, 2000).

Hooper et al. testovali v roce 2001 v chůzové laboratoři třicet sedm pacientů po rekonstrukci ACL patellárním štěpem. V této klinické studii se autoři zaměřují na porovnání rozdílů v biomechanické funkci kolenního kloubu před a po terapii, která je zaměřena buď na cvičení v otevřeném, nebo v uzavřeném řetězci. Cílem této studie bylo zjistit, zda existují klinicky relevantní důkazy o rozdílném působení cvičení v OKC a CKC na operovaný kloub mezi druhým a šestým týdnem po rekonstrukci ACL. Pacienti, kteří splňovali kritéria pro zařazení do studie (rozsah v kolenním kloubu 90°, schopnost chůze bez pomůcek, žádná předchozí poranění

kolene), byli měřeni v chůzové laboratoři ve druhém a šestém týdnu po operaci. Během čtyř týdnů mezi měřeními absolvovala jedna skupina terapii v OKC a druhá v CKC. Pacienti obou skupin měli stejný tréninkový plán, jako pacienti v předchozí studii a také cvičili třikrát týdně. Při laboratorní analýze chůze byly měřeny úhly v kolenním kloubu, působící síly a momenty sil v krokových fázích, při kroku do schodu a při kroku ze schodu. I přesto, že bylo cvičení v CKC z hlediska bezpečnosti v této fázi rehabilitace upřednostňováno, výsledky této studie nepřinášejí žádné klinicky významné rozdíly mezi těmito dvěma skupinami. Výsledky druhého testování byly prokazatelně lepší a u pacientů obou skupin se výrazně nelišily (Hooper et al., 2001).

V roce 2002 testovali Morrissey et al. 47 pacientů. Kritéria výběru byla stejná, jako v předchozích dvou studiích. Pacienti byli opět rozděleni do dvou skupin a následně zařazeni do cvičebních programů zaměřených buď na OKC, nebo CKC. Tréninkový plán obou testovaných skupin byl koncipován stejně, jako v předchozích studiích. Cílem tohoto výzkumu bylo zjistit, jestli mají tyto rozdílné typy cvičení mezi druhým a čtvrtým týdnem po rekonstrukci vliv na bolestivost operovaného kolene. Bolest byla měřena na analogové stupnici, pacienti vyplňovali dotazníky a bolestivost byla ještě měřena během maximální izometrické kontrakce extenzorů kolene. Ani z tohoto hlediska však nebyly mezi skupinami nalezené klinicky významné rozdíly (Morrissey et al., 2002).

3.3.5.4 Zařazení OKC do terapie ve 4. nebo 12. týdnu po operaci

Annette Heijne a Suzanne Werner v roce 2007 testovali skupinu šedesáti devíti pacientů po rekonstrukci ACL, u kterých byl použit buď štěp z hamstringů, nebo BTB štěp. Pacienti byli rozděleni do skupin podle typu štěpu (H skupina a P skupina) a dále na podskupiny podle doby zařazení OKC do terapie. Jedna podskupina začala se cvičením v OKC ve čtvrtém (P4 a H4 skupina), druhá až ve dvanáctém týdnu po operaci (skupina P12, H12). Cílem této studie bylo porovnat rozdíly mezi skupinami z hlediska rozsahu pohybu, přední laxicity kolene, posturální stability, točivého momentu a bolestivosti přední části kolene. Pacienti byli naměřeni před operací a poté třetí, pátý a sedmý měsíc po operaci. Rozsahy pohybu byly měřeny goniometrem, laxicita kloubu KT-1000 arthrometrem, posturální stabilita pomocí přístroje KAT 2000, točivý moment byl měřen Kin-Com

dynamometrem. Všichni pacienti začali se stejným pooperačním rehabilitačním programem. Pacienti ze skupiny P4 a H4 začali se cvičením v OKC v sedě čtvrtý týden po operaci, v rozsahu 90° až 40° a bez vnějšího odporu. V průběhu pátého a šestého týdne se rozsah pohybu zvětšil na 90° až 0°. V této fázi nebyly dávky kladeného odporu limitovány, záleželo na symptomech a toleranci každého pacienta. Pacienti ze skupiny P12 a H12 začali s posilováním v OKC v sedě dvanáctý týden po operaci, v rozsahu pohybu 90° až 0° a v prvním týdnu nebyl při cvičení kladen vnější odpor. Všichni pacienti měli povolené cvičení na rotopedu od chvíle, kdy měli rozsah flexe v operovaném koleni 110° a více. Během terapie nebyly používány ortézy a pacienti měli povoleno zatěžovat končetinu hned po operaci podle toho, jaké zatížení tolerovali. Z hlediska doby zařazení OKC do terapie nebyly mezi skupinami zjištěny významné rozdíly. Rozdíly byly naměřeny pouze mezi P a H skupinou z hlediska přední laxicity kloubu, která byla v porovnání s pacienty s BTB štěpem prokazatelně vyšší u pacientů se štěpem z hamstringů. Největší rozdíly v přední laxitě kloubu byly naměřeny u skupiny H4.

Výsledky této studie ukazují, že pokud se správné cvičení v OKC zařadí do terapie po náhradě předního zkříženého vazy BTB štěpem už ve čtvrtém týdnu po operaci, tak je jeho efekt stejný, jako když se takové cvičení do terapie zařadí až v týdnu dvanáctém. Správně modifikované cvičení v OKC ve čtvrtém týdnu nemá vliv na laxicitu a stabilitu kloubu, na točivý moment svalů nebo bolestivost kolene (Heijne, Werner, 2007).

Toto tvrzení podporuje i klinická studie z roku 2013, ve které autoři Fukuda et al. testovali 49 pacientů po náhradě ACL štěpem z musculus semitendinosus nebo gracilis. Pacienti byli rozděleni do dvou skupin podle doby zařazení cvičení v OKC do terapie. Pacienti z první skupiny zařadili cvičení v OKC v rozsahu 90° až 45° ve čtvrtém týdnu po operaci, pacienti z druhé skupiny zařadili cvičení v OKC v rozsahu 90° až 0° ve dvanáctém týdnu. Měřena byla síla hamstringů a quadricepsu, laxicita kloubu, bolestivost kolene, a to ve dvanáctém, devatenáctém, pětadvacátém týdnu a poté v sedmnáctém měsíci od operace. Ani zde nebyly naměřeny rozdíly mezi skupinami. Obě skupiny vykazovaly v porovnání s 12. týdnem zlepšení funkce i menší bolesti při testu v 19. a 25.

týdnu i v 17. měsíci. Pacienti ze skupiny, která zařadila otevřeném řetězci ve čtvrtém týdnu, měla při testu v devatenáctém týdnu větší sílu musculus quadriceps femoris. V dalších testech se však i tyto rozdíly srovnaly. Pokud je OKC zařazen do terapie ve čtvrtém týdnu a pečlivě se hlídá rozsah pohybu, nemá takto včasné zařazení OKC vliv na přední laxicitu, ani na funkci kloubu (Fukuda et al., 2013).

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 KAZUISTIKA PACIENTA

4.1.1 Anamnestická data

Pacient: H. B., muž, narozen 22. 2. 1991

Diagnóza: Stav po rekonstrukci ACL (BTB patellární štěp) v pravém kolenním kloubu

Anamnéza:

Rodinná: v rodině se nevyskytují žádná vážná onemocnění

Sociální: student vysoké školy, žije v Praze s rodiči v panelovém domě s výtahem

Osobní:

Nemoci: nikdy vážněji nestonal

Úrazy: asi před třemi lety úraz ramene, bez operace, rehabilitace ve FN Motol

Operace: v roce 2008 operace nosu po úrazu

Farmakoterapie: po operaci užívá Aulin, jinak bez farmak

Alergie: prach, roztoči

Abusus: nekuřák, alkohol příležitostně

Sportovní: Od první třídy hraje házenou, nyní 2. liga, trénuje děti, hodně lyžuje – raději freeride

Nynější onemocnění:

Dne 7. února 2013 při tréninku házené špatně doskočil na extendovanou pravou dolní končetinu a rotoval trup doprava. Koleno se podlomilo mediálním směrem a bylo slyšitelné lupnutí. Pacient cítil prudkou bolest a koleno během několika minut začalo otékat. Po vyšetření na pohotovosti byly pacientovi předepsány podpažní berle na dva týdny, končetinu odlehčoval a ledoval otok. Bolest přetrvávala, otok mírně ustoupil, pacient cítil při zatížení končetiny

nestabilitu kloubu a koleno se mu podlamovalo. Na základě dalších vyšetření ve Fakultní nemocnici Motol byl pacient indikován k rekonstrukci předního zkříženého vazů v pravém kolenu BTB patellárním štěpem. Operace proběhla ve FN Motol dne 6. 3. 2013.

4.1.2 Vyšetření pacienta ze dne 9. 3. 2013

Pacient je 3. den po operaci, je orientovaný, komunikuje, spolupracuje. Dreny už přítomny nejsou, jizva je krytá. Pacient má přiloženou ortézu s nastaveným rozsahem pohybu od 10° do 90°.

4.1.2.1 Vyšetření aspektů a palpací

- držení v kolenním kloubu PDK v 15° flexi
- držení LDK fyziologické
- výrazný otok operovaného kolenního kloubu PDK
- kůže je teplá, načervenalá
- ve srovnání s LDK omezená posunlivost a protažitelnost kůže do všech směrů
- zvýšený svalový tonus m. vastus lateralis a m. rectus femoris
- palpačně je nejvíce bolestivý vastus lateralis, začátek m. quadriceps femoris na spina iliaca anterior superior a zevní kolaterální vaz
- pacient udává bolest na přední straně kolene v průběhu ligamenta patellae
- povrchové i hluboké cití je stranově souměrné, v normě
- stoj je možný pouze s oporou o francouzské hole kvůli stabilitě, váha je přenesena na levou končetinu
- při chůzi s francouzskými holemi je počáteční fáze flexe v kyčli u operované končetiny nahrazena kvadrátovým mechanismem, pacient končetinu pro bolest zatěžuje jen minimálně

4.1.2.2 Vyšetření aktivních a pasivních pohybů DKK

- pacient není schopen aktivně provést počáteční fázi flexe v pravém kyčelním kloubu v leže ani ve stoje
- vyšetření rozsahů kolenních kloubů v leže na břiše:

pravá strana:	aktivní pohyb: 15° - 50°
	pasivní pohyb: 15° - 60°
levá strana	aktivní pohyb: 0° - 135°
	pasivní pohyb: 0° - 145°
- rozsah aktivních i pasivních pohybů v hlezenním kloubu je stranově souměrný
- rozsahy pohybů v levém kyčelním kloubu jsou fyziologické, pravou stranu nebylo pro bolest možné vyšetřit

4.1.3 Rehabilitační plán časně pooperační fáze

Rehabilitační plán byl stanoven na základě vyšetření pacienta, anamnézy a indikace operujícího lékaře.

4.1.3.1 Cíl rehabilitace

Hlavními cíli rehabilitace v časně pooperační fázi jsou:

- tromboembolická prevence
- zmenšení nebo odstranění otoku
- zmírnění nebo odstranění bolesti
- uvolnění měkkých tkání v okolí jizvy
- uvolnění měkkých tkání stehna, zlepšení posunlivosti kůže proti podkoží
- postupné zvyšování rozsahu pohybu v kolenním kloubu, hlavně flexe do devadesáti stupňů
- udržování rozsahů pohybů v ostatních kloubech

- udržení aktivity m. quadriceps femoris
- zlepšení propriocepce z chodidla a nohy
- nácvik správného stereotypu chůze, chůze s berlemi, chůze po schodech
- péče o jizvu
- edukace pacienta: autoterapie, režimová opatření, cvičení na doma

4.1.3.2 Použité techniky

Pro dosažení daných cílů byly při terapiích využívány tyto techniky:

- antiedematózní opatření – polohování, kryoterapie, bandážování, cévní gymnastika
- techniky měkkých tkání, masáž – manuální, pěnovým míčkem
- facilitace kartáčkem, gumovým míčkem – „ježkem“
- postizometrická relaxace
- aktivní cvičení svalů dolních končetin (izometrická cvičení, extendování kolene v sedě bez odporu v rozsahu zhruba 90° - 45°)
- mobilizace kloubů dle Lewita

4.1.3.3 Průběh rehabilitace

1. Terapeutická jednotka, 9. 3. 2013

Subjektivně: Pacient se cítí unavený, stěžuje si na plošnou bolest celého stehna a kolenního kloubu, lokalizovanou bolest v oblasti jizvy, nedokáže začít flexi v kyčelním kloubu operované končetiny ani v leže na zádech, ani ve stoji.

Objektivně: Otok do poloviny stehna, kůže prosáklá, načervenalá, teplá, flexe v pravém kyčelním kloubu nahrazena kvadrátovým mechanismem, pacient je ve špatném psychickém stavu kvůli obavě, že se nebude moci vrátit ke sportu na stejné úrovni, jako před úrazem.

- Obvod stehna PDK 10 cm od středu patelly: 46,5 cm
- Obvod stehna LDK 10 cm od středu patelly: 45 cm

- Rozsah pohybu v kolenním kloubu PDK: akt. 15°-50°, pas. 15°-60°

Cíl: prevence tromboembolické nemoci, zmenšení otoku, nácvik chůze s berlemi, motivace pacienta

Provedení:

- cévní gymnastika DKK
- aktivní cvičení dolních končetin - izometrická cvičení gluteálních svalů a m. quadriceps femoris
- mobilizace kloubů nohy, uvolnění měkkých tkání planty (obě končetiny)
- jemná povrchová masáž v místě otoku (manuální, pěnovým míčkem), krouživé pohyby ve směru od kolene proximálně
- techniky měkkých tkání – uvolňování stehenních fascií
- PIR m. quadratus femoris
- edukace pacienta: zmírnění otoku (obklady, způsob provádění masáže), péče o jizvu – dokud nejsou vyndané stehy tak jizvu nenamáčet, nepracovat s ní – rizika infekce, chůze s berlemi, chůze po schodech, cvičení na lůžku, režimová opatření
- seznámení pacienta s další plánovanou rehabilitací a její odhadovanou délkou, informace o úspěšnosti léčby vzhledem k návratu do sportu (kvůli psychice pacienta)

2. Terapeutická jednotka, 18. 3. 2013

Subjektivně: Pacient si stále stěžuje na bolesti, nejvíce na přední straně kolene v místě dolního úhlu patelly. Bolest se zvyšuje při extendování kolene a zatížení končetiny.

Objektivně: Pacientův psychický stav se zlepšil, při chůzi zvládá flexi v kyčli. Jsou odstraněny stehy, jizva je zhojená, palpačně je tvrdá, tuhá a je omezena její posunlivost.

- Obvod stehna PDK 10 cm od středu patelly: 46 cm
- Obvod stehna LDK 10 cm od středu patelly: 45 cm

- Rozsah pohybu v kolenním kloubu PDK: akt. 15°-50°, pas. 15°-65°

Cíl: snížení otoku, péče o jizvu, uvolnění měkkých tkání v okolí jizvy, zvýšení funkčního rozsahu pohybu v operovaném kloubu

Provedení:

- práce s patellou není možná kvůli bolestivosti
- práce s jizvou – působení tlakem, protažení měkkých tkání v řase
- TMT – uvolnění měkkých tkání v okolí kloubu
- PIR m. quadriceps femoris
- izometrická cvičení gluteálních svalů a m. quadriceps femoris
- extendování kolene v sedě bez vnějšího odporu v rozsahu 90° - 45°
- nácvik správného chůzového stereotypu

4.1.4 Rehabilitační plán pro období od 24. 3. – 14. 4. 2013

4.1.4.1 Cíl rehabilitace

Hlavními cíli této fáze rehabilitace jsou:

- odstranění bolesti
- uvolnění měkkých tkání v okolí jizvy
- uvolnění měkkých tkání stehna, zlepšení posunlivosti kůže proti podkoží
- zvyšování rozsahu pohybu v kolenním kloubu
- posílení oslabeného m. quadriceps femoris
- správná koaktivace svalů
- zlepšení propriocepce z chodidla a nohy
- nácvik správného stereotypu chůze

4.1.4.2 Použité techniky

Pro dosažení daných cílů byly při terapiích využívány tyto techniky:

- techniky měkkých tkání, masáž – manuální, pěnovým míčkem
- postizometrická relaxace
- propioceptivní neuromuskulární facilitace
- aktivní cvičení svalů dolních končetin
- mobilizace kloubů dle Lewita
- senzomotorická stimulace (trojbodová opora, cvičení s balanční čoučkou)
- cvičení s prvky DNS (aktivace svalů v poloze na boku, závěsný stoj, dřep)

4.1.4.3 Průběh rehabilitace

3. Terapeutická jednotka, 25. 3. 2013

Subjektivně: Zkoušel chodit bez berlí, při chůzi se cítí nejistý, má pocit nestability v kloubu, jako by se mu mělo koleno podlamovat. Bez berlí chodí jen po bytě, pomalu a se zvýšenou opatrností a nosí ortézu nastavenou na 0°-120°. Po námaze cítí bolest uvnitř kloubu, přetrvávají bolesti v průběhu jizvy.

Objektivně: Při chůzi je zkrácená stojná fáze PDK, chybí úder paty a odlepení palce.

- Obvod stehna PDK 10 cm od středu patelly: 44 cm
- Obvod stehna LDK 10 cm od středu patelly: 45 cm
- Rozsah pohybu v kolenním kloubu PDK: akt. 10°-80°, pas. 10°-90°
- Orientační vyšetření svalové síly m. QF s hodnocením stupňů dle Jandy:

PDK: stupeň 3 +

LDK: stupeň 5

Cíl: zvýšení rozsahu pohybu, správná koaktivace svalů pro zlepšení stability kloubu, nácvik chůze

Provedení:

- péče o jizvu, uvolnění měkkých tkání v okolí jizvy
- mobilizace patelly a fibuly
- mobilizace kloubů nohy, uvolnění měkkých tkání planty (obě končetiny)
- PIR na m. QF
- cvičení s prvky DNS:

poloha na pravém boku, vzor 6. měsíce, opěrná funkce PDK

opěrná funkce PDK v závěsném stojí

4. Terapeutická jednotka, 28. 3. 2013

Subjektivně: Pacient přichází bez berlí, stěžuje na pocit nejistoty při došlapu, bolest v oblasti patelly, zaměřoval se na získávání rozsahu pohybu, je schopen plné extenze a flexe do pravého úhlu

Objektivně: při chůzi je stále zkrácená stojná fáze PDK a stále chybí úder paty a odlepení palce

- Obvod stehna PDK 10 cm od středu patelly: 44 cm
- Obvod stehna LDK 10 cm od středu patelly: 45 cm
- Rozsah pohybu v kolenním kloubu PDK: akt. 0°-100°, pas. 0°-105°
- Orientační vyšetření svalové síly m. QF s hodnocením stupňů dle Jandy:

PDK: stupeň 4 –

LDK: stupeň 5

Cíl: správná koaktivace svalů pro zlepšení stability kloubu, posílení m. QF, nácvik chůze

Provedení:

- mobilizace kloubů nohy, uvolnění měkkých tkání planty (obě končetiny)

- cvičení s prvky DNS:
 - poloha na pravém boku, vzor 5. – 6. měsíce, opěrná funkce PDK
 - poloha na levém boku, vzor 5. – 6. měsíce, nákročná funkce PDK
 - začátek hlubokého dřepu, rozsah pohybu 10°- 30°
- cvičení s prvky PNF: 1. flekční diagonála, varianta s extenzí v koleni, technika rytmické stabilizace, extenze do 10°
- nácvik prodloužení a správného provedení stojné fáze PDK

5. Terapeutická jednotka, 3. 4. 2013

Subjektivně: Pacient stále cítí bolest v oblasti patelly, nejistotu při došlapu a nestabilitu v kloubu. Cítí, že má slabé stehenní svalstvo.

Objektivně: při chůzi je stále zkrácená stojná fáze PDK, už je přítomen úder paty, stále chybí odlepení palce

- Obvod stehna PDK 10 cm od středu patelly: 44 cm
- Obvod stehna LDK 10 cm od středu patelly: 45 cm
- Rozsah pohybu v kolenním kloubu PDK: akt. 0°-110°, pas. 0°-120°
- Orientační vyšetření svalové síly m. QF s hodnocením stupňů dle Jandy:
 - PDK: stupeň 4 –
 - LDK: stupeň 5

Cíl: správná koaktivace svalů, zlepšení stability kloubu, posílení m. QF, nácvik chůze

Provedení:

- cvičení s prvky PNF: 1. flekční diagonála, varianta s extenzí v koleni, technika rytmické stabilizace

- cvičení s prvky DNS:
 - poloha na pravém boku, vzor 5. – 6. měsíce, opěrná funkce PDK
 - poloha na levém boku, vzor 5. – 6. měsíce, nákročná funkce PDK
 - začátek hlubokého dřepu zhruba do 45° flexe, důraz na centrované postavení kloubů

6. Terapeutická jednotka, 10. 4. 2013

Subjektivně: Pacient si stěžuje na slabost stehenního svalstva, podle něj je při chůzi o něco jistější, stále ale cítí nestabilitu kloubu

Objektivně: chůze je nejistá, opatrná, stále je zkrácená stojná fáze kroku a odvíjení palce

- Obvod stehna PDK 10 cm od středu patelly: 44 cm
- Obvod stehna LDK 10 cm od středu patelly: 45 cm
- Rozsah pohybu v kolenním kloubu PDK: akt. 0°-120°, pas. 0°-130°
- Orientační vyšetření svalové síly m. QF s hodnocením stupňů dle Jandy:
 - PDK: stupeň 4
 - LDK: stupeň 5

Cíl: správná koaktivace svalů pro zlepšení stability kloubu, posílení m. QF, nácvik chůze

Provedení:

- propioceptivní trénink s prvky SMS, trojbodová opora, cvičení s balanční čoučkou
- cvičení s prvky DNS:
 - začátek hlubokého dřepu zhruba do 45° flexe, důraz na centrované postavení kloubů
- posilování m. QF – extendování kolene v sedě s Thera Bandem do zhruba 30° extenze s lehkým odporem
- nácvik správného stereotypu chůze

4.1.5 Dlouhodobý rehabilitační plán

V další terapii je třeba se zaměřit na balanční cvičení, na posilovací cvičení v OKC i v CKC pro znovuzískání svalové síly quadricepsu, cvičení ve vývojových řadách pro správnou koaktivaci svalů, propioceptivní trénink a nácvik správného stereotypu chůze.

5 DISKUZE

5.1 DISKUZE K TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části práce jsem srovnávala studie, jejichž autoři porovnávali efekt cvičení v otevřeném nebo uzavřeném řetězci ve „zrychlené“ rehabilitaci po rekonstrukci ACL z různých hledisek. Došla jsem k názoru, že v rehabilitaci po rekonstrukci předního zkříženého vazů nelze jednoznačně upřednostňovat cvičení buď jen v otevřeném, nebo jen v uzavřeném kinetickém řetězci. Bynum et al. (1995) měl lepší výsledky s „CKC skupinou“ proto, že „OKC skupina“ v uzavřeném řetězci necvičila vůbec a pacienti tak nezlepšili funkční koordinaci svalů. Větší laxicitu kloubu u „OKC skupiny“ ve studii Morrisseye et al. z roku 2000 mohla být způsobena tím, že zařadil cvičení v otevřeném řetězci už ve druhém týdnu v rozsahu do plné extenze. V konečné fázi extenze dochází k většímu napětí štěpu a takto zvolené cvičení mohlo štěp poškodit a mít vliv na kloubní laxicitu této kontrolní skupiny. Tento můj názor podporuje také fakt, že autoři (Mikkelssen et al., 2000; Tegesson et al. 2007; Heijne, Werner, 2007; Fleming et al. 2005; Fukuda et al., 2013; Beynnon et al. 1977; Perry et al. 2005), kteří při zařazení OKC do terapie pečlivě hlídali rozsah pohybu a respektovali hojení štěpu v závislosti na čase, nenašli mezi kontrolními skupinami klinicky významné rozdíly. Heijne a Werner (2007) uvádí jako nepatrně rizikovější z hlediska selhání štěpu skupinu pacientů, které byla provedena ST/G plastika. Proto jsem ve své práci zmínila i studii z roku 2013, ve které Fukuda et al. zkoumají zařazení OKC u pacientů s ST/G plastikou. Výsledky této studie potvrzují, že zařazení cvičení v OKC ve 4. týdnu při striktně dodržovaném rozsahu pohybu 45°-90° nemá na laxicitu kloubu negativní efekt. V jedné studii je dokonce potvrzen okamžitý účinek cvičení v OKC na laxicitu kloubu. Bezprostředně po cvičení v OKC při nižší i vysoké intenzitě zátěže je laxicita kloubu větší a do původního stavu se vrací až po 90 minutách (Nicholettos et al., 2012). I tato skutečnost mohla výsledky některých měření ovlivnit.

Pro příklad rehabilitace po náhradě vazů BTB štěpem ze studií obecně vyplývá, že je s ohledem na hojící se štěp bezpečnější začít se cvičením

v otevřeném řetězci až v průběhu čtvrtého týdne od operace, a to v rozsahu pohybu 90° - 45°. Po šestém týdnu je možné rozsah pohybu zvyšovat do 10°, stále ale bez působení velkého vnějšího odporu. Pro hojící se štěp je nejméně bezpečná extenze od 30 do 0 stupňů. Při cvičení v otevřeném řetězci dochází k ventrálnímu posunu tibie a ve štěpu se tak generuje větší napětí, což může vést k selhání nebo poškození štěpu. Cvičení v uzavřeném řetězci je bezpečnější nejprve v rozsahu pohybu od 10 do 30 stupňů, postupně je možné rozsah zvyšovat na 0° - 50°. Vlivem koaktivace svalů dochází k menšímu ventrálnímu posunu tibie, v kloubu působí menší přední smykové síly, při zatížení kloubu se optimálněji rozloží působení tlakových sil a štěp je tak méně namáhán. Správným časovým zařazením a kombinací obou typů cvičení s důrazem na rozsah pohybu je možné zvýšit efekt terapie a snížit riziko poškození vazů

Za nedostatek všech studií považují to, že cvičení v OKC je zaměřeno pouze na analytické posilování m. quadriceps femoris v sagitální rovině, které vychází z jeho anatomické funkce. Tím pádem je posilován především musculus rectus femoris. Po rekonstrukci předního zkříženého vazů je ale mimo jiné velmi důležité správně funkčně zapojit vasty, zejména pak musculus vastus medialis, který se podílí na stabilizaci patelly a bývá oslaben nejvíce (Smékal et al., 2006). Špatná stabilizace patelly může vést k rozvoji sekundárních degenerativních změn patellofemorálního skloubení. Cvičení v CKC pak ve studiích reprezentuje především paralelní dřep, při němž není kladen důraz centrování postavení kloubů, které vychází z vývojové kineziologie. Dalším typem cvičení v CKC je cvičení na leg-press přístroji, kde také není nastavení trupu vůči dolním končetinám ideální a posilování není posturálně funkční. Autoři ve svých studiích vůbec nepracují s diagonální složkou pohybu. Při rozvoji svalové síly ale musíme pracovat se zapojením svalů do biomechanických řetězců, které vychází z centrálních programů – z řídicích procesů CNS (Kolář et al., 2009). Posilování v nesprávném nastavení kloubů a při nedostatečné stabilizaci trupu nevede k optimální aktivitě svalových antagonistů a nebude mít správný funkční výsledek. I malá změna v nastavení kloubu, nebo změněné punctum fixum, vede ke změně tahu svalů a má zásadní vliv na zapojení svalů do biomechanických řetězců. Z poznatků o vývojové kineziologii vím, že se z biomechanického hlediska v otevřeném kinetickém řetězci pohybuje nákročná končetina a v řetězci

uzavřeném končetina opěrná. S vývojem nároku a opory se diferencuje směr působící síly svalu. Například při otáčení ze zad na břicho, ke kterému fyziologicky dochází v období 5. – 6. měsíce života dítěte, vzniká reciproční vzor nároku a opory a stejnostranná dolní a horní končetina mají funkci opěrnou, pohybují se tedy v uzavřeném řetězci, druhostranné končetiny se stávají náročnými a pohyb vykonávají v otevřeném kinetickém řetězci. U opěrných končetin je punctum fixum distálně, punctum mobile proximálně a tah svalů je distálním směrem, náročné končetiny mají punctum mobile distálně a tah svalů je proximálním směrem (Kolář et al., 2009). Cvičení ve vývojových řadách tak dává možnost optimálně koaktivovat svaly podle centrálních programů v uzavřeném i otevřeném řetězci, aniž by se jednalo pouze o dřep, leg-press nebo o analytické posilování quadricepsu. Efekt zařazení tohoto nového přístupu ve fyzioterapii by měl být předmětem dalšího zkoumání.

5.2 DISKUZE K PRAKTICKÉ ČÁSTI

Praktickou část práce tvoří kazuistika pacienta. Mým cílem bylo aplikovat získané poznatky v klinické praxi. V časně fázi rehabilitace je důležité nejdříve odstranit otok a zmírnit nebo odstranit bolest, získat funkční rozsah pohybu do 90° flexe (Kolář et al., 2009; Shelbourne, Klotz, 2006), a teprve potom začít s posilováním quadricepsu (Shelbourne, Klotz, 2006). Je důležité respektovat hojení štěpu (Suzuki et al., 2011), a proto by se s aktivním cvičením v OKC pro posílení quadricepsu a s plným zatěžováním končetiny mělo postupně začínat až ve čtvrtém týdnu od operace. Je také důležité pracovat s klouby nohy, s měkkými tkáněmi planty, s nožní klenbou a co nejlépe stimulovat propriocepci z nohy a hlezenního kloubu – symetricky na obou dolních končetinách. Po rekonstrukci ACL totiž dochází k výrazným ztrátám propriocepce z kolenního kloubu (Reider et al., 2003; Hurley, 1997). Některé novější studie (Tagesson et al., 2007; Heijne, Werner, 2007; Fleming et al. 2005, Grodski, Marks, 2008) této problematice při plánování terapie věnují pozornost, často ale balanční cvičení chybí a na zlepšení stability kloubu se cvičí pouze v CKC. Vzhledem k vyhodnoceným nedostatkům studií jsem do terapie zařadila techniku proprioceptivní neuromuskulární facilitace, při které se optimálně zapojují svalové řetězce, protože se pracuje s rotacemi.

Díky manuálnímu vedení pohybu může terapeut pohyb i odpory přizpůsobovat aktuální potřebě pacienta a má tak neustálou kontrolu nad provedením. Velkou část terapie jsem věnovala cvičení vycházející z vývojové kineziologie s prvky DNS, při kterém se končetina pohybuje v CKC nebo v OKC v optimálním nastavení a při správném funkčním zapojení celých svalových řetězců.

6 ZÁVĚR

Na základě výsledků studií je možné pečlivě naplánovat, kdy a v jakých rozsazích pohybu je ideální zařadit cvičení v CKC a OKC do terapie po rekonstrukci předního zkříženého vazů tak, aby bylo cvičení efektivní a aby nebyl poškozen hojící se štěp. V otázce návratu svalové funkce jsou publikovány pouze studie zabývající se cvičením, které vychází z anatomické funkce svalu. Pracují s prostou flexí a extenzí a při cvičení v CKC je punctum fixum v oblasti plosky. Prozatím chybí výzkumy, ve kterých se pracovalo s aktivací kolenního kloubu s diagonální složkou pohybu, se zapojením svalů do řetězců nebo se cvičením v CKC, při kterém je punctum fixum mimo plosku nohy. Zařazení těchto cvičení do terapie po rekonstrukci ACL by mohlo zajistit rychlejší znovuzískání a vyšší kvalitu svalové funkce. To by umožnilo dřívější návrat ke sportovním aktivitám a také snížilo pravděpodobnost opětovného poškození vazů. Pro tato tvrzení zatím chybí experimentální ověření.

7 REFERENČNÍ SEZNAM

- ABRAMOWITCH S. D., PAPAGEORGIOU CH. D., WITHROW J. D. (2006) The effect of initial graft tension on the biomechanical properties of a healing ACL replacement graft: A study in goats. *Journal of Orthopaedic Research*, 21(4):708 – 715
- BARTONIČEK, J., HEŘT, J. (2004) Základy klinické anatomie pohybového aparátu. 1.vyd., Praha: Maxdorf, 256s., ISBN 80-7345-017-8.
- BEUTLER A. I., COOPER L. W., KIRKENDALL D. T., GARRETT W. E. (2002) Electromyographic Analysis of Single-Leg, Closed Chain Exercises: Implications for Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Athletic Training*, 37(1): 13 – 18.
- BEYNNON B. D., JOHNSON R. J., FLEMING B. C., STANKEWICH CH. J. (1997) The Strain Behavior of the Anterior Cruciate Ligament During Squatting and Active Flexion – Extension: A Comparison of an Open and a Closed Kinetic Chain Exercise. *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 25 (6): 823 – 829.
- BYNUM E. B., BARRACK R. L., ALEXANDER A. H. (1995) Open Versus Closed Chain Kinetic Exercises After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Randomized Study. *The Am Jour of Sports Med*, Vol. 23(4): 401 – 406.
- ČECH, O., SOSNA, A., BARTONIČEK, J. (1986) Poranění vazivového aparátu kolenního kloubu. 1. vydání. Praha: Avicenum, s 196 ISBN 08 – 088 – 86.
- ČIHÁK, R. (2001) Anatomie 1. 2. vyd., Praha: Grada, 479 s., ISBN: 80-7169-970-5
- DUNGL, P. a kol. (2005) Ortopedie. 1.vyd., Praha : GRADA aviceum. 1280 s., ISBN 80-247-0550-8.
- DYLEVSKÝ, I. (2009) Speciální kineziologie. 1. vyd., Praha: Grada, s. 146 – 153, ISBN 978-80-247-1648-0.

- EKDHAL M., WANG J., RONGA M., FU F. H., (2008) Graft healing in anterior cruciate ligament reconstruction, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*; 16: 935 – 947.
- ESCAMILLA R. F., FLESING G. S., ZHENG N., BARRENTINE S. W. (1998) Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30: 556 – 569.
- ESCAMILLA R. F. (2000) Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 127 – 139.
- FITZGERALD G. K. (1997) Open Versus Closed Kinetic Chain Exercise: Issues in Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstructive Surgery. *Phys Ther.*, 77: 1747 – 1754.
- FLEMING B. C., OKSENDAHL H., BEYNNON B. D., (2005) Open- or Closed-Kinetic Chain Exercises After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction?. *Exerc Sport Sci Rev.*; 33(3): 134-140.
- FUKUDA T. Y., FINGERHUT D., MOREIRA V. C., CAMARINI P. M., SCODELLER N. F., DUARTE A. (2013) Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized controlled clinical trial. *Am J Sports Med*, Feb 19, 2013.
- GRODSKI M., MARKS R. (2008) Exercises Following Anterior Cruciate Ligament Reconstructive Surgery: Biomechanical Considerations and Efficacy of Current Approaches. *Research in Sport Medicine: An International Journal*, 16(2): 75 – 96.
- HEIJNE A., FLEMING B. C., RENSTROM P. A., PEURA G. D., BEYNNON B. D., WERNER S. (2004) Strain on the Anterior Cruciate Ligament during Closed Kinetic Chain Exercises, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 935 – 941.
- HEIJNE A., WERNER S. (2007) Early versus late start of open kinetic chain quadriceps exercises after ACL reconstruction with patellar tendon or hamstring grafts: a prospective randomized outcome study. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc*, 15: 402 – 414.

- HOOPER D.M., DRECHSLER W., MORRISSEY M. C., MORRISSEY D., KING J. (2001) Open and Closed Kinetic Chain Exercises in the Early Period after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Improvements in Level Walking, Stair Ascent, and Stair Descent. *Am J Sports Med.* 29(2): 167-173.
- HURLEY M. V. (1997) The effect of joint damage on muscle function, proprioception and rehabilitation. *Manual Therapy*, 2(1): 11 – 17.
- CHALOUPKA, R. (2001) Vybrané kapitoly z LTV v ortopedii a traumatologii. 1.vyd., Brno: NCO NZO. 186s. ISBN 80-7013-341-4
- JENKIS W. L., MUNNS S. W., JAYARAMAN G., WERTZBERGER K. L. (1997) A Measurement of Anterior Tibial Displacement in the Closed and Open Kinetic Chain. *Jour of Orthop & Sports Phys Ther*, 25(1): 49 – 56.
- KOLÁŘ, P. (2009) Rehabilitace v klinické praxi. Praha: Galén, 713 s., ISBN 978-80-7262-657-1.
- McGINTY, G., IRRGANG, J., PEZZULLO, D. (2000) Biomechanical considerations for rehabilitation of the knee, *Clinical Biomechanics*, 15: s. 160-166.
- MIKKELSEN C., WERNER S., ERIKSSON E. (2000) Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 8: 337 – 342.
- MORISSEY M. C., HUDSON Z. L., DRECHSLER W. I., COUTTS F. J. (2000) Effect of open versus closed kinetic chain training on knee laxicity in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 8: 343 – 348.
- MORRISSEY M. C., DRECHSLER W.I., MORRISSEY D. (2002) Effect of distally fixated versus nondistally fixated leg extensor resistance training on knee pain in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.*; 82: 35 – 43.

- MUNCLINGROVÁ, M. (2003) Kinezioterapeutické zásady u dysfunkce ligamentum cruciatum anterius – [online] Dostupné z: http://www.hc-vsetin.cz/ftk/semi/baka_marta.htm
- NICHOLETTOS A., BARCELLONA M. G., MORRISSEY M.C. (2012) The immediate effects of open kinetic chain knee extensor exercise at different loads on knee anterior laxity in the uninjured. *The Knee* : 19
- NOYES F.R., MANGINE R. E., BARBER S., (1987) Early knee motion after open and arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.*;15:149-160.
- NÝDRLE M., VESELÁ H. (1992) Jedna kapitola ze speciální rehabilitace. Poranění kolenního kloubu. 1. vyd., Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 75 s., ISBN 8070131284
- PARK M.J., LEE M.C., SEONG S.C. (2001) A comparative study of the healing of tendon autograft and tendon-bone autograft using patellar tendon in rabbits. *Int Orthop* 25(1):35–39.
- PAULOS L., NOYES F. R., GROOD E.S., (1981) Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *Am J Sports Med.*; 9:140-149.
- PERRY M. C., KING J. B., MORRISSEY M. C., MORRISSEY D., EARNSHAW P. (2005) Effect of closed versus open kinetic chain knee extensor resistance training on knee laxicity and leg function in patients during the 8- to 14-week post-operative period after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthros*, 13: 357 – 369.
- REIDER B., ARCAND M. A., DIEHL LEE H., MROCZEK K., ABULENCIA A. (2003) Proprioception of the Knee Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, Vol. 19(1): 2 – 12.
- RYBKA, V., TRNAVSKÝ, K. (2006) Syndrom bolestivého kolene. 1.vyd., Praha: Galén, 225 s., ISBN 80-7262-391-5.
- SHELBOURNE, K. D., NITZ, P. (1990) Accelerated rehabilitation after ACL reconstruction. *Amer. J. Sport Med.*, 18: 292–299.

- SHELBOURNE K. D., KLOTZ CH. (2006) What I have learned about the ACL: utilizing a progressive rehabilitation scheme to achieve total knee symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. *Jour of Orthopaedic science*, 11:318 – 325.
- SMÉKAL D., KALINA R., URBAN J. (2006) Rehabilitace po artroskopických náhradách předního zkříženého vazů. *Acta chirurgicae orthopaedicae et traumatologiae Čechosl.*, 73: 421 – 428.
- STEINKAMP L. A., DILLINGHAM M. F., MARKEL M. D. (1993) Biomechanical considerations in a patellofemoral joint rehabilitation. *Am J Sports Med*, 21:438 – 444.
- SUZUKI T., SHINO K., NAKAGAWA S., NAKATA K., IWAHASI K., KINUGASA K., OTSUBO H., YAMASHITA T. (2011) Early integration of a bone plug in the femoral tunnel in rectangular tunnel ACL reconstruction with a bone-patellar tendon-bone graft: a prospective computed tomography analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*; Vol. 19; 29-35.
- TAGESSON, S., ÖBERG, B., GOOD, L., KVIST, J. (2007) A Comprehensive Rehabilitation Program With Quadriceps Strengthening in Closed Versus Open Kinetic Chain Exercise in Patients With Anterior Cruciate Ligament Deficiency: A Randomized Clinical Trial Evaluating Dynamic Tibial Translation and Muscle Function. *Am J Sports Med* 36: 298-306.
- VÉLE F., (1997) Kineziologie pro klinickou praxi. Praha: Grada, 271 s., ISBN: 8071692565
- YACK H. J., COLLINS C. E., WHIELDON T.J. (1993) Comparison of closed and open kinetic chain exercise in the anterior cruciate ligament-deficit knee. *The American Journal Of Sports Medicine*, Vol. 21 (1): 49 – 54.
- YOSHIYA, SHINICHI M.D., NAGANO, MASANORI M.D., KUROSAKA, MASAHIRO M. D., KOSAKU M. D., (2000) Graft Healing in the Bone Tunnel in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, *Clinical Orthopaedics & Related Research*: Vol. 376: 278-286.