

# VÝZNAM MAGNETICKÉ REZONANCE PRO DIAGNOSTIKU PŘÍMÝCH A NEPŘÍMÝCH ZNÁMEK LÉZE PŘEDNÍHO ZKŘÍŽENÉHO VAZU KOLENNÍHO KLOUBU

THE CONTRIBUTION OF MRI TO THE DIAGNOSIS OF THE DIRECT AND INDIRECT SIGNS OF A LESION OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT OF THE KNEE JOINT

přehledový článek

**Boris Pauček<sup>1,2</sup>**  
**David Smékal<sup>2</sup>**  
**Radomír Holibka<sup>3</sup>**  
**Jana Zapletalová<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Pracoviště magnetické rezonance Medihope VN, Olomouc

<sup>2</sup>Katedra fyzioterapie FTK UP, Olomouc

<sup>3</sup>Ortopedická klinika LF UP a FN, Olomouc

<sup>4</sup>Ústav lékařské biofyziky LF UP, Olomouc

Přijato: 10. 1. 2015.

## Korespondenční adresa:

prim. MUDr. Boris Pauček, Ph.D.  
 Pracoviště magnetické rezonance Medihope Vojenská nemocnice Pasteurova 13, 779 00 Olomouc  
 e-mail: paucekb@volny.cz

## SOUHRN

**Pauček B, Smékal D, Holibka R, Zapletalová J. Význam magnetické rezonance pro diagnostiku přímých a nepřímých známek léze předního zkříženého vazů kolenního kloubu**

**Cíl:** Charakterizovat přímé a nepřímé známky poškození předního zkříženého vazů při vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí. Určit rozsah a souvislosti poškození struktur kolenního kloubu ve vztahu k lézi předního zkříženého vazů.

**Metodika:** Retrospektivně jsme hodnotili soubor 199 pacientů, z toho 139 mužů (69,8%) a 60 žen (30,2%) s lézí ligamentum cruciatum anterius (LCA). Hodnotili jsme následující změny, a to zmnoženou nitrokloubní tekutinu, kostní edém laterálního kondylu femoru, mediálního kondylu femoru, mediálního kondylu tibie, laterálního kondylu tibie, lézi mediálního menisku, laterálního menisku, distenzi laterálního kolaterálního vazů, mediálního kolaterálního vazů, prosáknutí Hoffova tukového tělesa, náplň Bakerovy pseudocysty, lézi lig. cruciatum posterius, orientaci a velikost Blumensaatova úhlu, příznak empty femorální fossy, parciální nebo kompletní rupturu LCA. Pacienti byli vyšetřeni magnetickou rezonancí Signa HDxT 1,5T (GE Healthcare, Milwaukee, USA) s použitím cívků HD 1,5T knee coil. K analýze dat byl použit statistický software SPSS verze 15 (SPSS Inc., Chicago, USA).

**Výsledky:** Při hodnocení léze LCA I. stupně jsme diagnostikovali edém vazů (100%),

## SUMMARY

**Pauček B, Smékal D, Holibka R, Zapletalová J. The contribution of MRI to the diagnosis of the direct and indirect signs of a lesion of the anterior cruciate ligament of the knee joint**

**Aim:** To characterize the direct and indirect signs of damage to the anterior cruciate ligament in the knee joint during magnetic resonance imaging examination. To determine the scope and context of damage to the knee joint structures in relation to a lesion of the anterior cruciate ligament.

**Method:** We retrospectively evaluated a group of 199 patients, including 139 men (69.8%) and 60 women (30.2%) with lesions of the anterior cruciate ligament (ACL). We evaluated the following changes: the increase in the synovial fluid, bone edema of the lateral femoral condyle, medial femoral condyle, medial tibial condyle and lateral tibial condyle, the lesions of the medial meniscus and of the lateral meniscus, distension of the lateral collateral ligament and of the medial collateral ligament, Hoffa's fat pad syndrome, filling of the Baker pseudocysts, a lesion of the cruciate posterior ligament, the orientation and size of the Blumensaat's angle, empty femoral fossa symptoms and partial or complete rupture of the ACL. The patients were evaluated by means of HDxT Signa 1.5T magnetic resonance (GE Healthcare, Milwaukee, USA) using the HD 1.5T knee coil. The data were analyzed using the SPSS statistical software, version 15 (SPSS Inc., Chicago, USA).

zmnoženou nitrokloubní tekutinu (72,2 %), průkaz kostního edému (27,8 %), edém kondylů tibie (7,6 %), lézi laterálního menisku (53,2 %), prosáknutí Hoffova tělesa (19,0 %). U II. stupně léze LCA – parciální ruptury jsme prokázali parciální rupturu vláken vazů (100 %), zmnoženou nitrokloubní tekutinu (69,8 %), edém laterálního kondylu tibie (15,1 %), lézi laterálního menisku (45,3 %), prosáknutí Hoffova tělesa (32,1 %), zvětšení Blumensaatova úhlu (100 %). U III. stupně léze LCA – kompletní ruptury byla průkazná ruptura vláken vazů (100 %), zmnožená nitrokloubní tekutina (92,5 %), edém laterálního kondylu tibie (43,3 %), prosáknutí Hoffova tělesa (40,3 %), empty femorální fossy (64,2 %), zvětšení Blumensaatova úhlu (100 %).

**Závěr:** Při podezření na lézi LCA kolenního kloubu je při vyšetření magnetickou rezonancí rozhodující spolehlivá diferenciací mezi distenzí, parciální nebo kompletní rupturou LCA. Ke zpřesnění diagnostiky léze LCA přispívá hodnocení přímých a nepřímých známek léze LCA. Za přímé známky ruptury LCA lze považovat přerušení kontinuity fibril vazů, zvětšení Blumensaatova úhlu a empty femorální fossy. Nepřímými známkami léze LCA jsou průkaz dřevěného kostního edému více laterálního kondylu tibie, léze laterálního menisku, zvláště zadního rohu, prosáknutí Hoffova tělesa, zvětšení Blumensaatova úhlu.

**Klíčová slova:** zkřížené vazy, kolenní kloub, ruptura předního zkříženého vazů, magnetická rezonance.

**Results:** In the evaluation of ACL lesions of the first stage, we diagnosed ligament edema (100%), an increase in the synovial fluid (72.2%), bone edema symptoms (27.8%), tibial condyle edema (7.6%), a lesion of the lateral meniscus (53.2%) and Hoffa's fat pad syndrome (19.0%). In the evaluation of the ACL lesions of the second stage (partial ruptures), we found partial ruptures of the ligament fibers (100%), an increase in the synovial fluid (69.8%), edema of the lateral condyle of the tibia (15.1%), a lesion of the lateral meniscus (45.3%), Hoffa's fat pad syndrome (32.1%) and an increase in the Blumensaat's angle (100%). In the evaluation of the ACL lesions of the third stage (complete rupture), we diagnosed rupture of the ligament fibers (100%), an increase in the synovial fluid (92.5%), edema of the lateral condyle of the tibia (43.3%), Hoffa's fat pad syndrome (40.3%), empty femoral fossa (64.2%) and an increase in the Blumensaat's angle (100%).

**Conclusion:** If magnetic resonance imaging is used for the examination of suspected lesions of the anterior cruciate ligament of the knee joint, it is crucial to reach a reliable differentiation between distension and a partial or complete rupture of the ACL. The evaluation of direct and indirect symptoms of ACL lesions helps to particularize the diagnostics of the ACL lesions. Direct symptoms of an ACL rupture include a discontinuity of the ligament fibrils, an increase in the Blumensaat's angle and an empty femoral fossa. Indirect symptoms of ACL lesions include the medullary bone edema of the lateral condyle of the tibia, a lesion of the lateral meniscus, especially of the back corner, Hoffa's fat pad syndrome and an increase in the Blumensaat's angle.

**Key words:** cross ligaments, knee joint, rupture of the anterior cruciate ligament, magnetic resonance imaging.

## ÚVOD

S poraněním předního zkříženého vazů – ligamentum cruciatum anterius (LCA) se setkáváme nejčastěji v souvislosti se sportovními úrazy. Při poškození předního zkříženého vazů lze uvést tři základní mechanismy vzniku léze LCA. Jsou to externí rotace a abdukce s hyperextenzí, dále působení přímé síly na tibií, která se dislokuje, a třetím mechanismem je

vnitřní rotace v plné extenzi kolenního kloubu. Po úrazu dochází k rychle vznikající náplni kolenního kloubu krví. Bolest a otok kolena většinou vrcholí druhý den po úrazu, poté se začíná mírnit. Poranění měkkých tkání kolenního kloubu je při klinickém vyšetření pro otok a bolesti těžko hodnotitelné v celém rozsahu. Při podezření na lézi předního zkříženého



▲ Obr. 1A

▲ Obr. 1B

▲ Obr. 1C

Obr. 1. Vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí s obrazem lézí předního zkříženého vazů různého stupně dle kritérií AMALICS. A – při MR vyšetření kolenního kloubu v sekvenci PD FS sagitálně průkaz intraligamentózního prosáknutí vazů s reaktivní tekutinou podél vazů odpovídající lézi LCA I. stupně (→); B – při MR vyšetření v sekvenci PD FS sagitálně edém předního zkříženého vazů, snížení tonizace vazů s jeho elongací a průkazem parciální ruptury ventrokranální kontury femorální adheze vazů jako známka léze LCA II. stupně (→); C – v sekvenci PD FS sagitálně průkaz kompletní ruptury vazů jako léze LCA III. stupně (→)

Fig. 1. The magnetic resonance imaging examination of the knee joint with an image of the lesions of the anterior cruciate ligament in varying stages according to AMALICS. A – MR examination of the knee joint in the PD FS sequence sagittally proved the intraligamentous leakage of the ligament with the reactive fluid along the ligament, which corresponds to a grade I lesion of the ACL (→); B – MR examination in the PD FS sequence sagittally proved the edema of the anterior cruciate ligament, reduction of the ligament toning with its elongation, and the partial rupture of the ventrocranial contour of the adhesion of the femoral ligament, which corresponds to a grade II lesion of the ACL (→); C – in the PD FS sequence sagittally, a complete rupture of the ligament is proved, which corresponds to a grade III lesion of the ACL (→)

vazu je tedy indikováno vyšetření magnetickou rezonancí, které stanoví typ a rozsah poškození vazů a dalších měkkých tkání, chrupavek a subchondrální kosti. Ke kategorizaci poškození LCA přispívá pečlivé posouzení přímých a nepřímých známek léze LCA.

Zkřížené vazy jsou uloženy intraartikulárně a extrasynoviálně. Proximální úpon předního zkříženého vazů je v místě posteromediální zóny laterálního kondylu femoru. Distální úpon LCA je na area intercondylaris anterior proximální tibie ventrálně intermeniskálně. Normální LCA je 31–36 mm dlouhá struktura o šíři cca 7 mm. Svazek vláken LCA je rozdělen do dvou částí anteromediální a posterolaterální. Delší a silnější anteromediální část LCA se napíná při kolenní flexi a menší a kratší posterolaterální úsek při extenzi v kolenním kloubu. Hlavními úlohami LCA je zabránit ventrálnímu pohybu tibie a dorzálnímu posunu femoru, a tím zajistit rotační stabilitu v kolenním kloubu.

## METODIKA

Retrospektivně jsme hodnotili soubor 199 pacientů vyšetřených na pracovišti magnetické rezonance Medihope ve Vojenské nemocnici Olomouc, z toho 139 mužů (69,8 %) a 60 žen (30,2 %) s diagnostikovanou lézí LCA. Medián věku pacientů byl 33,0 let, minimální věk 10 let a maximální věk 77 let. Ve většině případů šlo o vyšetření po traumatu kolenního kloubu.

U pacientů s podezřením na lézi předního zkříženého vazů jsme při MR vyšetření hodnotili následující parametry: zmnoženou nitrokloubní tekutinu, kostní edém laterálního kondylu femoru, mediálního kondylu femoru, mediálního kondylu tibie, laterálního kondylu tibie, lézi (bez rozlišení

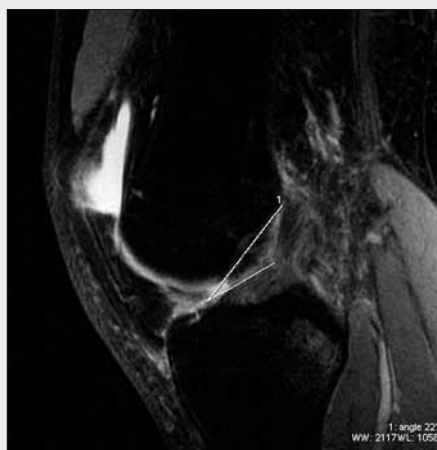
stupně) mediálního menisku, laterálního menisku, distenzi (bez rozlišení stupně) laterálního kolaterálního vazů, mediálního kolaterálního vazů, prosáknutí Hoffova tukového tělesa, náplň Bakerovy pseudocysty, lézi lig. cruciatum posterius, orientaci a velikost Blumensaatova úhlu, příznak empty femorální fossy, a kontinuitu, resp. parciální nebo kompletní rupturu vláken ligamentum cruciatum anterius.

V souboru vyšetřených pacientů jsme retrospektivně srovnali MR nálezy lézí LCA s operačním protokolem u pacientů s poškozením LCA, kteří byli indikováni k artroskopické revizi. U pacientů operovaných na ortopedickém pracovišti zdravotního zařízení Medicom's jsme prokázali 89,6% shodu našich MR nálezů s artroskopickými nálezy lézí LCA.

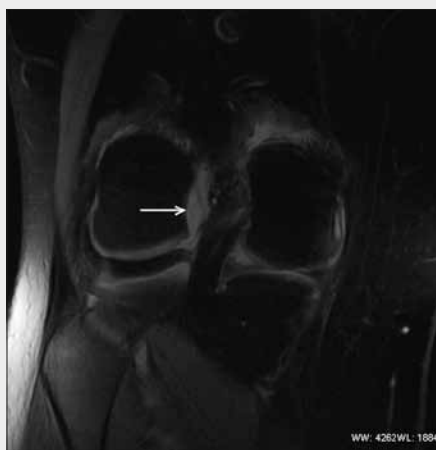
Cílem práce bylo určit rozsah, vztah a souvislosti strukturálních lézí kolenního kloubu ve vztahu k lézím LCA, a stanovit tak charakteristiku přímých a nepřímých známek poškození LCA, které přispívají k přesné diagnostice léze vazů.

Poškození předního zkříženého vazů a jeho stupeň jsme posuzovali při MR vyšetření dle kritérií American Medical Association Ligament Injury Classification System (AMALICS) (1). Dle této klasifikace jsme hodnotili poškození LCA ve třech stupních následně: I. stupeň – intraligamentózní edém vazů bez známek elongace vazů, II. stupeň – vystupňovaný intraligamentózní edém s možným průkazem parciální ruptury LCA při snížené tonizaci a elongaci vazů, III. stupeň léze LCA – kompletní ruptura vazů se všemi průvodními známkami, a to porušením kontinuity fibril vazů, edémem a horizontalizací tibiálního pahýlu vazů při zvětšeném Blumensaatově úhlu, zmnožením nitrokloubní tekutiny (obr. 1A–C).

Pacienty jsme vyšetřili magnetickou rezonancí Signa HDxT 1,5T (GE Healthcare, Milwaukee, USA) s použitím cívky HD 1,5T knee coil v následujících sekvencích: PD FS sagitální, koronální. TR 2400, TE 26,8, FOV 16 × 16, síla vrstvy 4 mm.



▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B

Obr. 2. A – při MR vyšetření kolenního kloubu v sekvenci PD FS sagitálně vizualizace patologicky zvětšeného a kraniodorzálně otevřeného Blumensaatova úhlu (→) u léze LCA II. stupně. Normální Blumensaatův úhel je otevřen ventrokaudálně (obr. 7A); B – v sekvenci PD FS koronálně prokázána empty femorální fossa jako přímý průkaz ruptury LCA s absencí struktury vazy v místě obvyklé adheze na mediální ploše laterálního kondylu femoru (→)

Fig. 2. A – MR examination of the knee joint in the PD FS sequence sagittally demonstrates a pathologically enlarged Blumensaat's angle opened craniodorsally (→), which corresponds to a grade II lesion of the ACL. The Blumensaat's angle is normally opened ventrocaudally (Fig. 7A); B – in the PD FS sequence coronally, the empty femoral fossa is demonstrated as a direct sign of a rupture of the ACL with an absence of the ligament structure in its usual place on the surface of the lateral femoral condyle (→)

T1 koronální. TR 360, TE 8,6, FOV 16 × 16, síla vrstvy 4 mm. MERGE transverzální TR 269, TE 13,9 FOV 16 × 16, síla vrstvy 4 mm. STIR sagitální. TR 2340, TE 54,9, FOV 16 × 16, síla vrstvy 4 mm. Vyšetření LCA jsme prováděli ve třech rovinách parasagitální, koronální a transverzální. Šikmá parasagitální rovina, kdy je rovina vyšetření paralelní s rovinou laterálního kondylu femoru, je z důvodu šikmého průběhu LCA nezbytná pro dobré zobrazení vazy.

K analýze dat byl použit statistický software SPSS, verze 15 (SPSS Inc., Chicago, USA). Korelace mezi stupněm poškození LCA a věkem byla analyzována pomocí Kruskal-Wallisova testu. Korelace mezi stupněm poškození LCA a kategoriálními parametry byla posouzena pomocí Fisherova přesného testu (Fisher's exact test). V případě signifikantního výsledku byla pro post hoc testy použita Bonferroniho korekce signifikance na mnohonásobné porovnávání. Testy byly hodnoceny na hladině signifikance 0,05.

## VÝSLEDKY

Výskyt typů lézí v závislosti na stupni poškození LCA – ukazatelů přímých a nepřímých známek léze LCA.

U III. stupně léze LCA, tedy kompletní ruptury dle klasifikace AMALICS, jsme signifikantně významně prokázali, rupturu vláken vazy (100 %), zmnožení nitrokloubní tekutiny (92,5 %), kostní edém (63,6 %), edém laterálního kondylu tibie (43,3 %), prosáknutí Hoffova tělesa (40,3 %), empty femorální fossu (64,2 %), zvětšení Blumensaatova úhlu (100 %).

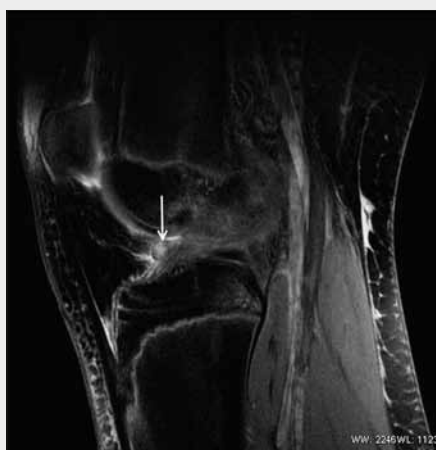
U II. stupně léze LCA – parciální ruptury jsme signifikantně často diagnostikovali parciální rupturu vláken vazy (100 %), zmnožení nitrokloubní tekutiny (69,8 %), průkaz kostního edému (49,1 %), edém laterálního kondylu tibie (15,1 %), léze laterálního menisku (45,3 %), prosáknutí Hoffova tělesa (32,1 %), zvětšení Blumensaatova úhlu (100 %).

U I. stupně léze LCA – distenze byl signifikantně častěji průkazný edém vazy, zmnožení nitrokloubní tekutiny (72,2 %), průkaz kostního edému (27,8 %), edém kondylů tibie (7,6 %) – a to jak mediálního, tak shodně i laterálního, léze laterálního menisku (53,2 %), prosáknutí Hoffova tělesa (19,0 %) (tab. 1).

Při hodnocení statisticky významných změn se u III. stupně poškození LCA signifikantně častěji vyskytovalo zmnožení nitrokloubní tekutiny (92,5 %), kostní edém (63,6 %) – edém



▲ Obr. 3A



▲ Obr. 3B

Obr. 3. A – při vyšetření kolenního kloubu v sekvenci PD FS koronálně vizualizace kyklopy léze (→) při ruptuře LCA vznikající v důsledku retrakce a fibrotizace tibialní porce přerušovaného vazy; B – kyklopy léze (→) u stejného pacienta s lézí LCA v sekvenci PD FS sagitálně

Fig. 3. A – MR examination of the knee joint in the PD FS sequence coronally shows a cyclops lesion (→) accompanying the ACL rupture resulting from the retraction and fibrotization of the tibial portion of the broken ligament; B – cyclops lesion (→) in the same patient with an ACL lesion in the PD FS sequence sagittally

laterálního kondylu tibie (43,3 %), prosáknutí Hoffova tělesa (40,3 %), ruptura vláken vazů (100 %) a empty femorální fossa (64,2 %). Zvětšení Blumensaatova úhlu korelovalo s II. a III. stupněm léze LCA (100 %). U ostatních nálezů nebyla prokázána signifikantní korelace se stupněm postižení LCA. Výskyt jednotlivých lézí kolenního kloubu zjištěných při MR vyšetření je uveden v závislosti na stupni poškození LCA (stupeň I, II, III). V posledním sloupci tabulky je uvedena hodnota signifikance Fisherova přesného testu pro porovnání četností výskytu lézí pro jednotlivé stupně poškození. Hodnota signifikance  $p < 0,05$  znamená, že výskyt léze závisí na stupni poškození LCA (tab. 1).

**Za přímé, jisté známky léze LCA** lze považovat abnormální průběh vazů, porušení kontinuity vazů s průkazem disrupce vláken vazů, změna signálové charakteristiky LCA ve smyslu zvýšení signálu a zvětšení Blumensaatova úhlu, který se otvírá kraniodorzálně (obr. 2A). Dalšími přímými

známkami ruptury LCA jsou empty femorální fossa (obr. 2B) po avulzi kraniální adheze LCA na med. ploše LCF, nebo kyklopova léze (obr. 3A,B) při retrakci tibiální porce porušeného LCA.

**Nepřímými známkami poškození LCA** jsou: obraz kostní kontuze s dřevňovým edémem laterálního oseálního kompartmentu (obr. 4A), zmnožení synoviální nitrokloubní tekutiny, prosáknutí Hoffova tukového tělesa, většinou jeho kraniální části (obr. 4B), poškození zadního rohu ve většině případů laterálního menisku. V souboru jsme u pacientů s lézí LCA prokázali menšinový vztah i k lézi mediálního menisku a mediálního kolaterálního vazů (obr. 5A). Mezi nepřímé známky poškození LCA řadíme dále ventrální tibiální posun jako projev anterolaterální instability tibie, kdy vzdálenost vertikálních tangent, které procházejí posterolaterální konturou kondylu femoru a dorzální konturou plata tibie, přesahuje normální distanci 7 mm (obr. 5B).

Tab. 1. Typy dalších lézí kolenního kloubu při MR vyšetření podle stupně poškození předního zkříženého vazů

Table 1. Types of additional lesions of the knee joint found through MR examination according to the degree of damage to the anterior cruciate ligament

	LCA I (n = 79)	LCA II (n = 53)	LCA III (n = 67)	p
zmnožení nitrokloubní tekutiny	57 (72,2 %)	37 (69,8 %)	62 (92,5 %)	<b>0,001<sup>a</sup></b>
výskyt kostního edému	22 (27,8 %)	26 (49,1 %)	42 (63,6 %)	<b>0,0001<sup>b</sup></b>
edém kondylu femoru				
L	7 (8,9 %)	10 (18,9 %)	14 (20,9 %)	0,084
M5	(6,3 %)	8 (15,1 %)	4 (6,0 %)	
L+M	2 (2,5 %)	1 (1,9 %)	4 (6,0 %)	
bez kostního edému	65 (82,3 %)	34 (64,2 %)	45 (68,2 %)	
edém kondylu femoru (L, M, L+M)	14 (17,7 %)	19 (35,8 %)	22 (32,8 %)	<b>0,033<sup>c</sup></b>
edém kondylu tibie				
L	6 (7,6 %)	8 (15,1 %)	29 (43,3 %)	< <b>0,0001<sup>d</sup></b>
M	6 (7,6 %)	4 (7,5 %)	2 (3,0 %)	
L+M	3 (3,8 %)	4 (7,5 %)	8 (11,9 %)	
bez kostního edému	64 (81,0 %)	37 (69,8 %)	28 (41,8 %)	
edém kondylu tibie (L, M, L+M)	15 (19,0 %)	16 (30,2 %)	39 (58,2 %)	< <b>0,0001<sup>e</sup></b>
léze menisku				
L	42 (53,2 %)	24 (45,3 %)	23 (34,3 %)	<b>0,026<sup>f</sup></b>
M	3 (3,8 %)	2 (3,8 %)	5 (7,5 %)	
L+M	6 (7,6 %)	14 (26,4 %)	15 (7,5 %)	
bez kostního edému	28 (35,4 %)	13 (24,5 %)	24 (35,8 %)	
léze menisku (L, M, L+M)	51 (64,6 %)	40 (75,5 %)	43 (64,2 %)	0,349
léze kolaterálního ligamenta				
L	1 (1,3 %)	4 (7,5 %)	5 (7,5 %)	0,140
M	14 (17,7 %)	7 (13,2 %)	8 (11,9 %)	
L+M	6 (7,6 %)	4 (7,5 %)	12 (17,9 %)	
bez léze menisku	58 (73,4 %)	38 (71,7 %)	42 (62,7 %)	
léze kolaterálního ligamenta (L, M, L+M)	21 (26,6 %)	15 (28,3 %)	25 (37,3 %)	0,365
prosáknutí Hoffova tělesa	15 (19,0 %)	17 (32,1 %)	27 (40,3 %)	<b>0,016<sup>g</sup></b>
Bakerova pseudocysta	13 (16 %)	9 (17,0 %)	9 (13,4 %)	0,854
léze zadního zkříženého vazů	6 (7,6 %)	2 (3,8 %)	1 (1,5 %)	0,230
ruptura vláken vazů (RUV)	0	29 (54,7 %)	67 (100 %)	< <b>0,0001<sup>h</sup></b>
zvětšení Blumensaatova úhlu	0	53 (100 %)	67 (100 %)	< <b>0,0001<sup>i</sup></b>
empty femorální fossa	0	0	43 (64,2 %)	< <b>0,0001<sup>j</sup></b>

L – laterální, M – mediální

<sup>a</sup>signifikantní rozdíl mezi III. stupněm a I. stupněm ( $p = 0,007$ ), III. stupeň vs. II. stupeň ( $p = 0,004$ )

<sup>b</sup>I. stupeň vs. III. stupeň ( $p < 0,0001$ )

<sup>c</sup>post hoc testy neprokázaly signifikantní rozdíl

<sup>d</sup>I. stupeň vs. III. stupeň ( $p < 0,0001$ ), II. stupeň vs. III. stupeň ( $p = 0,006$ )

<sup>e</sup>signifikantní rozdíl mezi III. stupněm a I. stupněm ( $p < 0,0001$ ), III. stupeň vs. II. stupeň ( $p = 0,009$ )

<sup>f</sup>post hoc testy neprokázaly signifikantní rozdíl

<sup>g</sup>I. stupeň vs. III. stupeň ( $p = 0,018$ )

<sup>h</sup>I. stupeň vs. II. stupeň, I. stupeň vs. III. stupeň, II. stupeň vs. III. stupeň, vše  $p < 0,0001$

<sup>i</sup>I. stupeň vs. II. stupeň, I. stupeň vs. III. stupeň  $p < 0,0001$

<sup>j</sup>I. stupeň vs. III. stupeň, II. stupeň vs. III. stupeň  $p < 0,0001$



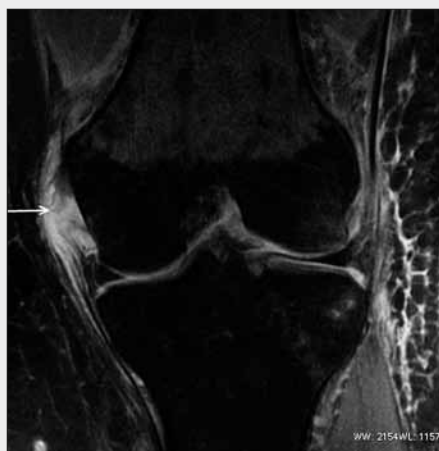
▲ Obr. 4A



▲ Obr. 4B

Obr. 4. A – při vyšetření kolenního kloubu v sekvenci PD FS koronálně diagnostikovaný kostní edém v rozsahu celého laterálního kondylu femoru (→), současný průkaz distenze mediálního kolaterálního vazů; B – v sekvenci PD FS sagitálně průkaz zmožené nitrokloubní tekutiny, zvl. v suprapatelární burze, a dále prosáknutí kranální porce Hoffova tukového tělesa (→)

Fig. 4. A – MR examination of the knee joint in the PD FS sequence coronally shows a bone edema within the entire lateral femoral condyle (→), simultaneous manifestation of distension of the medial collateral ligament; B – the PD FS sequence sagittally proves an increase in the synovial fluid, especially in the suprapatellar bursa, accompanied by Hoffa's fat pad syndrome in the cranial portion (→)



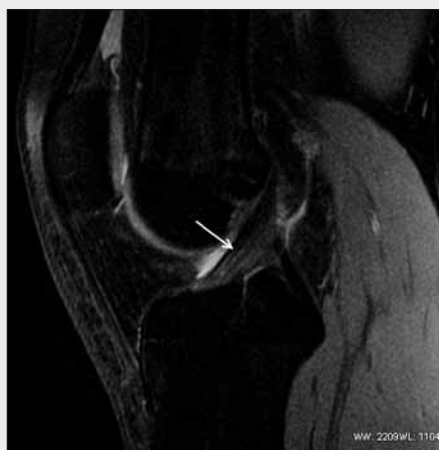
▲ Obr. 5A



▲ Obr. 5B

Obr. 5. A – při vyšetření kolenního kloubu v sekvenci PD FS koronálně průkaz léze mediálního kolaterálního vazů s edémem a porušením kontinuity vazů v kranálním průběhu femorální adheze (→); B – v sekvenci PD FS sagitálně jsme obraz ventrální nestability tibie v tomto případě neprokázali, protože vzdálenost dorzálních tangentů femoru a tibie nepřesahuje limitní hodnotu 7 mm (→)

Fig. 5. A – MR examination of the knee joint in the PD FS sequence coronally proves a lesion of the medial collateral ligament with an edema and discontinuity of the ligament in the cranial portion of the femoral adhesion (→); B – in this case, the PD FS sequence sagittally does not demonstrate the ventral instability of the tibia, because the distance between the femoral dorsal tangents and the tibia does not exceed the limit value of 7 mm (→)



▲ Obr. 6A



▲ Obr. 6B

Obr. 6. A – MR vyšetření kolenního kloubu v sekvenci PD FS sagitálně, normální průběh předního zkříženého vazů se správnou tonizací vazů a vizualizací intaktních fibril vazů (→); B – MR vyšetření kolenního kloubu v sekvenci PD FS koronálně, normální průběh i struktura předního zkříženého vazů v úseku tibiální adheze, kde je patrna diferenciacie na anteromediální a posterolaterální (→) segmenty LCA

Fig. 6. A – MR examination of the knee joint in the PD FS sequence sagittally shows a normal position of the anterior cruciate ligament with correct ligament toning and visualization of the intact fibrils of the ligament (→); B – MR examination of the knee joint in the PD FS sequence coronally shows a normal position and structure of the anterior cruciate ligament in the segment of tibial adhesion, with a clear differentiation of the anteromedial and posterolateral (→) ACL segments

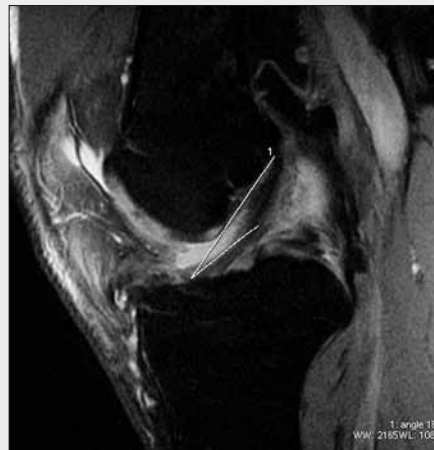
## DISKUSE

Normální LCA je v sagitální rovině hodnotitelné jako pravidelná, ve všech sekvencích hyposignální struktura s náznakem proužků fibril tibiálního úponu (obr. 6A). V plné extenzi kolenního kloubu je šíře předního zkříženého vazů obvykle 5–7 mm. Charakter signálu LCA se mění v závislosti na jeho tonizaci. Změny pozice kolenního kloubu z extenze do flexe je provázána snížením intenzity signálu předního zkříženého

ho vazů. Tato skutečnost vysvětluje, proč má LCA (zvláště posterolaterální svazek) při standardních vyšetřeních v plné extenzi vyšší signál než zadní zkřížený vaz (LCP). Pokud není na tuto skutečnost pamatováno, může být provedena nepřesná diagnostika (nahodnocený edém vazů). Normální průběh LCA je vždy v sagitální rovině paralelní s šikmou linií interkondylární fossy, kterou označujeme jako Blumensaatovu linii (obr. 7A). Dobrým vodítkem pro hodnocení léze LCA je velikost a orientace Blumensaatova úhlu, což je úhel, který



▲ Obr. 7A



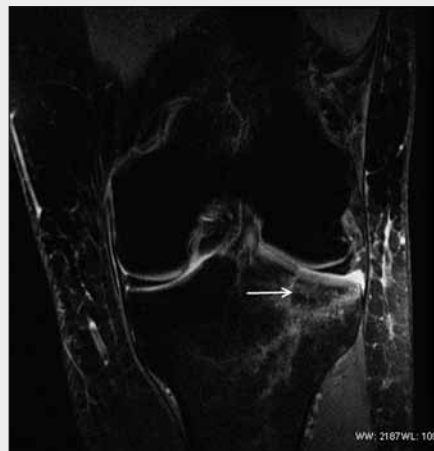
▲ Obr. 7B

Obr. 7. A – MR vyšetření kolenního kloubu v sekvenci PD FS s vyznačením normální Blumensaatovy linie, která prochází stropem fossa intercondylaris (→), úhel, který svírá tato linie s ventrální linií LCA, je Blumensaatův úhel, který je za normálních okolností otevřen ventrokaudálně; B – při patologii předního zkříženého vazy je Blumensaatův úhel otevřen dorzokraniálně

Fig. 7. A – MR examination of the knee joint in the PD FS sequence with the indication of a normal Blumensaat's line that passes through the roof of the fossa intercondylaris (→), the angle formed by this line and the ACL ventral line is the Blumensaat's angle, which is normally opened ventrocaudally; B – in the case of pathology of the anterior cruciate ligament, the Blumensaat's angle is opened craniodorsally



▲ Obr. 8A



▲ Obr. 8B

Obr. 8. A – nepřesvědčivý rentgenový nále z levého kolenního kloubu u pacienta po úrazu s hemartrózou a bolestivostí laterálního kompartmentu kolenního kloubu; B – při následném MR vyšetření levého kolenního kloubu v sekvenci PD FS koronálně spolehlivě diagnostikována intraartikulární fraktura laterálního ptata tibie (→)

Fig. 8. A – Inconclusive radiographic findings in the left knee joint in a patient after trauma with hemarthrosis and pains of the lateral compartment of the knee joint; B – The subsequent MR examination of the left knee joint in the PD FS sequence coronally reliably diagnosed the intra-articular fracture of the lateral tibial plateau (→)

svírá rovina interkondylární fossy s ventrální linií LCA. Obecně lze říci, že Blumensaatův úhel otevřený ventrokaudálně je příznivé znamení, zatímco Blumensaatův úhel otevřený dorzokraniálně, a to o více než 15°, je známkou léze LCA, kdy má poškozená část předního zkříženého vazy sníženou tonizaci a spíše horizontalizovaný průběh (obr. 7B).

Proužkovité fibrily tibiální adheze LCA nejsou patologií, ale představují obraz jednotlivých vláken v kombinaci se synovií a liniemi jemného tuku. Tyto fibrily tibiální adheze detekujeme většinou spíše u mladých pacientů, protože u pacientů starších dochází k setření obrazu fibril v důsledku degradace elasticity vazy. U starších pacientů se setkáváme s obrazem středně zvýšeného signálu celého LCA v důsledku eozinofilní degenerace fibril LCA (opět pozor na nadhodnocení edému vazy). Rozdělení LCA na anteromediální (AM) a posterolaterální (PL) svazek v tibiální části LCA je nutné znát a nelze je chybně interpretovat jako patologii (obr. 6B).

Vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí provádíme vždy ve třech základních rovinách (2). V sagitální rovině lze při MR vyšetření dobře posoudit parciální nebo kompletní diskontinuitu vazy a obraz celkového edému vazy. Posouzení kontinuity LCA v koronální rovině je často roz-

hodující pro diferenciaci mezi parciální a kompletní rupturou LCA. Při lézi LCA v oblasti femorální adheze můžeme v koronální rovině diferencovat mezi normální hyposignální strukturou vazy a parciální nebo kompletní rupturou, která se zobrazí jako ztráta kontinuity fibril, a edémem vazy, a to buď ohraničeně, nebo kompletně v rozsahu struktury vazy. Rovina transverzální je nezbytná pro správné plánování parasagitální roviny vyšetření LCA, dále pro hodnocení struktury LCA a pro posouzení kloubního výpotku a velikosti eventuální Bakerovy pseudocysty včetně zhodnocení femoropatelní artikulace. Účelné je provedení vyšetření předního zkříženého vazy v sekvenci CUBE, která umožní analyzovat lézi LCA v 3D obraze (3).

Většina poranění LCA vzniká na základě kontaktního přímého působení síly. Při působení varózního nebo valgózního stres mechanismu dojde k lézi LCA při současném poškození kolaterálních vazů. K poranění vazů může dojít bez kontaktu kolena s jiným předmětem, tzv. podvrtnutím, kdy se uplatňují pákové síly. Tyto bezkontaktní úrazy vznikají po nekoordinovaném dopadu či doskoku nebo při náhlé změně směru. Jsou známa kombinovaná poškození struktur kolenního kloubu označovaná jako „nešťastná triáda“, což je léze předního zkří-

ženého vazů, mediálního kolaterálního ligamenta a mediálního menisku, která vzniká valgózním násilím a externí rotací v kolenním kloubu (4). Další kombinované poškození kolenního kloubu může vzniknout při addukčním násilím (na vnitřní straně kolenního kloubu) při extendovaném kolenním kloubu, kdy dochází k poškození laterálního kolaterálního vazů, obou menisků a obou zkřížených vazů. Toto zranění je označované jako „nešťastná pentáda“. S akutním poraněním LCA je v 41–68 % sdruženo poranění menisků (1). Izolované akutní poškození LCA je méně frekventované, ale může se vyskytnout při zpomalení pohybu s vnitřní rotací femoru. U chronických lézí LCA je sdružené poranění menisků v 85 až 90 % (1). Parciální rupturou je častěji postížena anteromedialní část LCA. Tato parciální ruptura při posttraumatických a následných degračních změnách LCA vyústí většinou do 1 roku do kompletní ruptury. LCA s parciální rupturou má limitovanou reparační schopnost s přetrvávající nepravidelností vnitřních kolagenních vláken. V důsledku snížené tonizace LCA při parciální ruptuře vzniká obraz nestability kolenního kloubu s následným rozvojem chondropatie a meniskopatie (5, 6). Morfologickými známkami chronické léze LCA bývá edém vazů, jeho nehomogenní struktura v rámci eozinofilní degenerace, nitrokloubní výpotek, dřevňový edém laterálního oseálního kompartmentu, změny menisků, a to zvláště zadního rohu laterálního menisku, ale i mediálního menisku včetně distenze mediálního kolaterálního vazů (7, 8). Tyto známky chronické léze LCA se parciálně překrývají s nepřímými projevy akutní léze LCA. Pro rozlišení je důležitá anamnéza s časovým údajem o úrazovém mechanismu.

S poraněním kolenního kloubu je ve většině případů sdružen výskyt postkontuzního dřevňového edému metaepifyzy tibie a kondylů femoru. U lézí LCA je častěji diagnostikovatelný kostní edém v laterálním kondylu femoru i tibie. U zranění kolenního kloubu bez léze LCA je častější edém opět v laterálním

kondylu femoru, ale u tibie se jedná častěji o mediální kondyl (9, 10). Neobvyklým typem poškození tibiální adheze LCA je avulze interkondylární eminence tibie. Tento typ poškození skeletu v místě úponu vazů se vyskytuje u 5 % poranění LCA (1, 11). Při kompletní ruptuře LCA se můžeme setkat s obrazem empty fossa v důsledku kontrakce pahýlů vazů, kdy při MR vyšetření chybí v interkondylární fosse struktura LCA. V souvislosti s lézí tibiální části vazů se setkáváme s pojmem kyklopova léze. Tato léze reprezentuje konečnou formu fibrotizace retrahované tibiální části vazů, která se zobrazuje jako zmnožená fibrózní tkáň lokalizovaná ventrálně tibiálně interkondylicky (12, 13).

Průvodním projevem posttraumatického hemartrosu je zneostření a prosáknutí kraniální volné konkávní kontury Hoffova tukového tělesa a zejména výrazné zmnožení nitrokloubní tekutiny, která je dobře diagnostikovatelná v sekvencích T2 FS, PD FS a STIR.

Pouřazový hemartros z důvodu osteochondrální léze má rychlejší a vydatnější nástup než hemartros u ruptury vazů. Okamžitý výpotek tedy může svědčit spíše pro osteochondrální frakturu v oblasti kolena (obr. 8A,B) než o lézi LCA, nebo o kombinaci obou lézí (14).

## ZÁVĚR

Ke stanovení správné diagnostiky léze předního zkříženého vazů přispívá posouzení přímých a nepřímých známek poškození vazů. Přímé známky ruptury LCA jsou přerušení kontinuity fibril vazů, zvětšení Blumensaatova úhlu a empty femorální fossa. Nepřímé známky léze LCA jsou edém vazů, průkaz dřevňového kostního edému více laterálního kondylu tibie, léze laterálního menisku, zvláště zadního rohu, léze laterálního kolaterálního vazů, prosáknutí Hoffova tělesa, zvětšený a dorzokraniálně otevřený Blumensaatův úhel.

## LITERATURA

1. **Stoller DW.** Magnetic resonance imaging in orthopedics and sports medicine. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins 2007.
2. **Hash TW.** Magnetic resonance imaging of the knee. Sports Health 2013; 5(1): 78–107.
3. **Ai T, Zhang W, Priddy NK, Li X.** Diagnostic performance of CUBE MRI sequences of the knee compared with conventional MRI. Clin Radiol 2012; 67(12): 58–63.
4. **Dungl P a kol.** Ortopedie. 1. vydání. Praha: Grada Publishing 2005.
5. **Kolář P a kol.** Rehabilitace v klinické praxi. 1. vydání Praha: Galén 2009.
6. **Rotterud JH, Sivertsen EA, Forssblad M, Engebretsen L, Aroen A.** Effect of meniscal and focal cartilage lesions on patient-reported outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med 2013; 41(3): 535–543.
7. **Jelic D, Masulovic D.** Bone bruise of the knee associated with the lesions of anterior cruciate ligament and menisci on magnetic resonance imaging. Vojnosanit Pregl 2011; 68(9): 762–766.
8. **Frobell RB.** Change in cartilage thickness, posttraumatic bone marrow lesions, and joint fluid volumes after acute ACL disruption: a two-year prospective MRI study of sixty-one subjects. J Bone Joint Surg Am 2011; 93(12): 1096–1103.
9. **Chin YC, Wijaya R, Chong LR, Chang HC, Lee YH.** Bone bruise patterns in knee injuries: where are they found? Eur J Orthop Surg Traumatol 2013. Epub.
10. **Guenoun D, Le Corroller T, Amous Z, Pauly V, Sbihi A, Champsaur P.** The contribution of MRI to the diagnosis of traumatic tears of the anterior cruciate ligament. Diagn Interv Imaging 2012; 93(5): 331–341.
11. **Pauček B, Směkal D, Holibka R.** Poranění předního zkříženého vazů – diagnostika magnetickou rezonancí, operační, klinické a rehabilitační souvislosti. Rehabilitace a fyzikální lékařství 2014; 21(3): 103–112.
12. **Morizane K, Takahashi T, Konishi F, Mori T, Yamamoto H, Miura H.** A case report: locking because of cyclops syndrome occurring after partial rupture of the anterior cruciate ligament. J Pediatr Orthop B 2014 Jan 8. Epub.
13. **Zhang C, Xu H, Wang Y, Zhang Q.** Misdiagnosis of an atypical cyclops lesion 4 years after single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Orthopedics 2012; 35(5): 740–743.
14. **Feagin JA.** The crucial ligaments – Diagnosis and treatment of ligamentous injuries about knee. New York: Churchill Livingstone 1988.