

MOŽNOSTI ZOBRAZENÍ ARTIKULÁRNÍ CHRUPAVKY VČETNĚ VOLUMETRICKÝCH MĚŘENÍ

DIAGNOSTIC IMAGING OF ARTICULAR CARTILAGE INCLUDING VOLUMETRIC MEASUREMENTS

původní práce

Alena Štouračová¹
Marek Mechl¹
Andrea Šprláková-Puková¹
Daniel Schwarz²
Jan Burda³

¹Radiologická klinika FN Brno, PMDV
a LF MU, Brno

²Institut biostatistiky a analýz
MU, Brno

³Ortopedická klinika FN Brno, PMDV
a LF MU, Brno

Přijato: 15. 2. 2011.

Korespondenční adresa:

MUDr. Alena Štouračová
Radiologická klinika FN Brno
a LF MU
Jihlavská 20, 625 00 Brno
e-mail: astouracova@fnbrno.cz

SOUHRN

Štouračová A, Mechl M, Šprláková-Puková A, Schwarz D, Burda J. Možnosti zobrazení artikulární chrupavky včetně volumetrických měření

Cíl. Práce shrnuje možnosti zobrazení kloubních chrupavky včetně volumetrie. Jejím cílem je na základě volumetrických měření zhodnocení objemu chrupavky v závislosti na věku a pohlaví pacientů, a to na příkladu femoropatelního kloubu. Dále pak vytvoření skórovacího systému pro hodnocení objemů chrupavky pately dle věku pacientů a jejich pohlaví při vyšetření magnetickou rezonancí.

Materiál a metoda. Do studie jsme zahrnuli 221 pacientů, ve věkovém rozmezí 20–49 let, u nichž bylo provedeno vyšetření kolenního kloubu na přístroji Philips Achieva 1,5 T. Dle věku byli rozděleni do skupin mezi 20–29, 30–39, 40–49 lety, do skupin A, B, C. Do skupin nebyli zařazeni pacienti s postižením femoropatelního skloubení chondropatií či osteochondronekrosou atd. Volumetrická měření byla provedena v transversální rovině 3D WATSf sekvence s pomocí poloautomatického programu SienetSky VA60A. Objem chrupavky byl pro potřeby statistického zpracování vztažen k celkovému objemu pately. Statistické zpracování bylo provedeno pomocí parametrických testů.

Výsledky. Prokazujeme statisticky významný rozdíl v objemech chrupavky v závislosti na věku. A také statisticky významný rozdíl mezi pohlavími. U žen je prokazatelný významnější úbytek tkáně chrupavky než u mužů.

Závěr. Volumetrie je snadnou metodou k posouzení postižení chrupavky, především degenerativními změnami, je časově

SUMMARY

Štouračová A, Mechl M, Šprláková-Puková A, Schwarz D, Burda J. Diagnostic imaging of articular cartilage including volumetric measurements

Aim. The work summarizes the diagnostic imaging methods of articular cartilage, including articular cartilage volumetry. Its aim is to measure the volumetric assessment of cartilage volume, depending on age and sex of patients, and the examples femoropatellar joint. Furthermore, a scoring system to assess patella cartilage volumes of patients by age and sex in an MRI.

Method. We included 221 patients, ranging in age from 20–49 years, which was examined the knee on the Philips Achieva 1.5 T. By age were divided into groups of between 20–29, 30–39, 40–49 years, in groups A, B and C. The groups were not included patients with impaired femoropatellar articulation by chondromalacia or osteochondronecrosis etc. Volumetric measurements were performed in the transverse plane of 3D WATSf sequences using semiautomatic program SienetSky VA60A. Cartilage volume was necessary for statistical treatment based on total volume of the patella. Statistical analysis was performed using parametric tests.

Results. Bestow a statistically significant difference in cartilage volume, depending on age. And also a statistically significant difference between the sexes. Women can be proven significant loss of cartilage tissue than with men.

Conclusion. Volumetry is an easy method to assess the impairment of cartilage, particularly degenerative changes is time-consuming and technically easily feasible.

nenáročná a technicky snadno proveditelná. Vytvoření skórovacího systému nám usnadňuje předvídat vývoj dynamiky především degenerativních změn a jejich případné terapie.

Klíčová slova: chrupavka, magnetická rezonance, volumetrie.

Create a scoring system makes us anticipate the dynamics of particular degenerative changes and their possible therapy.

Key words: cartilage, magnetic resonance, volumetry.

ÚVOD

Chrupavka

Chrupavka je specializovaným typem vazivové tkáně, vznikající z mezenchymu. Je tvořena mezibuněčnou matrix a chondrocyty. Mezibuněčná hmota vzniká činností chondrocytů, umístěných v dutinách matrix, svým vysokým obsahem glykosaminoglykanů, proteoglykanů a vody nabývá pevné gelovité konzistence, obdařuje chrupavku pružností, která umožňuje tkáni vzdorovat mechanickým stresům bez trvalé deformace. Její hlavní funkcí je podpora měkkých tkání. Její pružnost a hladký povrch umožňuje kostem v kloubech hladký, klouzavý pohyb (1). Chrupavka je nezbytná pro vývoj a růst dlouhých kostí před i po narození.

Růst chrupavky je ovlivněn somatotropním hormonem, který zvyšuje syntézu somatomedinu C v játrech. Somatomedin C působí již přímo na buňky chrupavky a vyvolává jejich růst. Pozitivně ovlivňuje růst chrupavky i tyroxin nebo testosteron. Naopak negativně na její růst působí vyšší hladina kortisolu, hydrokortisonu či estradiolu.

Chrupavka se dle histologické stavby dělí na tři základní typy: elastickou, vazivovou a hyalinní.

V kloubech jsou kontaktní plochy potaženy hyalinní chrupavkou. Čerstvá je modravě bílá a průsvitná. Je tvořena z cca 1 % chondrocyty a kolagenními vlákny typu II, IX, XI, které zajišťují její vysokou pevnost a tuhost v tahu. Kolagenní vlákna probíhají chrupavkou v predilekčních směrech ve třech vrstvách. Hluboká vrstva navazující na subchondrální kost je mineralizována, její vlákna odstupují kolmo od subchondrální kosti, ve střední vrstvě se vlákna kříží a sklánějí šikmo do oblouků, v povrchové vrstvě pak probíhají vlákna paralelně s kloubní plochou. Toto uspořádání vláken do vrstev má svůj význam především při zátěži.

Tloušťka kloubní chrupavky je přímo závislá na velikosti tlaku působícího na jednotku její plochy a na rozsahu pohybů v kloubu. Proto tloušťka chrupavky nebývá rovnoměrná, silnější bývá v centru kloubních ploch, slabší pak na periferii. V místech, kde jsou kloubní plochy inkongruentní, nabývá chrupavka na tloušťce – např. laterální kondyl tibie, naopak v místech, kde se vsunuje mezi artikulující kosti disk či meniskus, se tloušťka zmenšuje.

Chrupavka neobsahuje vlastní cévní zásobení ani nervová vlákna. Výživa kloubní chrupavky probíhá jednak difuzí ze synoviální tekutiny a z druhé části ze subchondrálních cév (2). Pro chrupavku je typická nízká koncentrace kyslíku a anaerobní metabolismus. Glukóza potřebná pro metabolismus je využívána cestou anaerobní glykolýzy. Pomalý metabolismus je příčinou zpomalení reparačních procesů v chrupavce. Proto se každé poškození chrupavky hojí řadu měsíců. I přes nízký metabolický obrat však dochází v chrupavce ke kontinuální náhradě a výměně buněk (1, 2).

Femoropatelární skloubení

Femoropatelární skloubení sestává z kloubní plošky pately (facies articularis patellae zvykle se dvěma fasetami) a trochley femuru (facies patellaris femoris). Patela je považována za sezamskou kost v úponové šlaše čtyřhlavého svalu stehenního (3). Společně se šlachou m. quadriceps femoris a ligamentum patellae důležitou součástí extenzorového aparátu kolenního kloubu. Chrupavka pately je nejvyšší v lidském těle v oblasti crista patellae dosahuje výšky až 7 mm, oproti chrupavce femorální má vyšší permeabilitu a je méně komprimovatelná (2).

Postižení femoropatelárního kloubu

Postižení femoropatelárního kloubu lze rozdělit do dvou základních skupin, a to na traumatická a netraumatická.

Mezi nejvýznamnější skupinu onemocnění kloubu netraumatické etiologie patří osteoartróza a chondropatie. Dle klinického obrazu pacienti s patelární symptomatologií pociťují bolestivost přední části kolena případně nestabilitu. Udávají bolest zejména při vstávání ze sedu, při chůzi po schodech a při dřepnutí, kdy působí ve femoropatelárním kloubu abnormální tlakové síly. Femoropatelární dysfunkce může být definována jako bolest, dysbalance, zánět nebo instabilita jakékoliv komponenty extenčního mechanismu kolena.

Osteoartróza

Osteoartróza je degenerativním kloubním onemocněním s možností účasti zánětu. Je definována jeho heterogenní skupina onemocnění, která vede ke kloubní symptomatologii a je spojena s defektní integritou kloubní chrupavky a s ní spoje-

nými změnami v subchondrální kosti na kloubních okrajích a v synovii. Je zřejmě nejčastější kloubní onemocnění vůbec. Výskyt klinicky vyjádřené osteoartrózy stoupá s věkem, ve věku 65 let je zdrojem potíží asi 50 % lidí, ve věku nad 75 let věku až 85 %. Onemocnění postihuje přes 10 % (4–6), dle Klenera až 15 % populace, stejně jako ve Spojených státech až 15 % populace (7).

Nejsilnějším rizikovým faktorem vzniku primární artrózy je věk. Z individuálních faktorů hraje značnou roli obezita, která zvyšuje riziko vzniku 4–7× (5). Hereditární faktory hrají značnou roli u polyartikulárního typu, soudí se, že na podkladě vlivu genů kódujících syntézu kolagenu. Kloubní nestabilita je také faktorem přispívajícím k urychlení osteoartritických změn, jak je tomu např. poúrazově či hypermobility. Profesionální vlivy se uplatňují například u baletek v oblasti hlezenních kloubů (7–9).

Vyvíjí se v případě, že dojde k nepoměru mezi zátěží a stavem chrupavky. Může se jednat o stav s normální biomechanikou chrupavky a subchondrální kosti, avšak značné přetížení, anebo mohou být síly působící na kloub přiměřené, avšak mechanické vlastnosti zhoršené.

Primární osteoartróza se odvíjí od metabolické poruchy chondrocytární syntetické aktivity. Snižuje se množství vytvářené matrix a produkované struktury jsou často abnormální. Následuje rozpad chondrocytů. Uvolnění buněčných enzymů vede k destrukci struktur matrix a ke kolapsu chrupavky. Chrupavka měkne, snižuje se výška její vrstvy, vytvářejí se v ní trhliny a v kloubu se objevuje chrupavčitý detritus, který vede k sekundární synovialitidě. Nastává hyperprodukce synoviální tekutiny, přičemž se zhoršují její vlastnosti z hlediska výživy chrupavky a kloubní lubrikace, což celý proces dále znásobuje. Ve snaze organismu o reparaci dochází k subchondrální kostní hypertrofii. V subchondrální oblasti jsou v této fázi časté i zlomeniny trabekul provázené nekrózou a resorpcí, jejich výsledkem jsou kostní pseudocysty. Degenerativní proces doprovází sekundární zánětlivá složka a postihuje i další části kloubu, zejména kloubní pouzdro a vazy, může tak ovlivňovat stabilitu kloubu. Může se projevit porucha kloubní osy.

Sekundární artrózu definujeme jako postižení, jehož vyvolávací příčina je mimo kloubní chrupavku – např. při mechanickém přetížení, zejména při nadváze, osových deviací končetin a chronického přetěžování kloubu prací, sportem, při chronických kloubních zánětech, jako jsou revmatoidní artritida, psoriáza, septické artritidy a jiné.

V klinickém obrazu dominují zpočátku námahou bolesti kloubu po větší zátěži, později i bolesti klidové. Typicky bývá i startovací ztuhlost na začátku pohybu.

Chondromalacie

Chondromalacie neboli chondropatie pately je patologický stav, při němž dochází ke změknutí chrupavky, často s jejím rozvlákněním, fissurací a erozemi. Podle rozsahu makroskopického postižení jsou popisovány čtyři stupně chondromalacie.

I. stupeň – ložisko menší 5 mm v průměru, edematózní zduření a měkká konzistence chrupavky, povrch chrupavky je matný a nažloutlý;

II. stupeň – fibrilace chrupavky v rozsahu do 15 mm;

III. stupeň – fibrilace až fascikulace povrchu chrupavky nad 15 mm, fascikulace značí poškození chrupavky v celé šíři, je již symptomatickým postižením, a to na biomechanickém podkladě. Změněná chrupavka přenáší většinu tlakové zátěže



▲ Obr. 1

Obr. 1. Axiální rtg snímek pately
Fig. 1. Axial X-ray of the patella

na subchondrální kost, kde dochází k dráždění nervových zakončení.

IV. stupeň – obnažení subchondrální kosti.

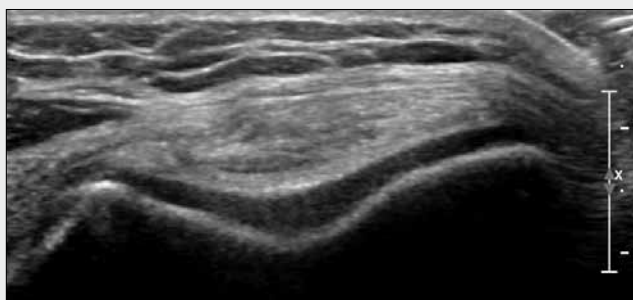
Může se vyskytnout v každém věku, ovšem častěji bývají postiženi adolescenti a mladší dospělí, častější výskyt je u dívek oproti mužům v poměru 3 : 2. Nebývá přítomen otok kloubu ani omezení hybnosti typické pro postižení artrózou, změny bývají někdy oboustranné.

VYŠETŘOVACÍ METODY

Prostý snímek

Mezi radiodiagnostickými metodami zaujímá vedoucí postavení klasické rentgenové vyšetření (obr. 1). Umožňuje získat řadu závažných informací o stavu kloubu obecně, a doplnit tak výsledky klinické, případně laboratorní. Obecnou předností této metody je morfologické zobrazení, které umožňuje potvrzení patologické změny, určení jejího rozsahu a lokalizaci. Je nejčastěji užívanou metodou k zobrazení kloubní chrupavky. Normální hyalinní chrupavka však není kontrastní při skiografickém vyšetření, a proto ji hodnotíme nepřímou šíří kloubní štěrbinu a reakcí okolní kosti (subchondrální sklerotizace, reaktivní přihrocení a vznik osteofytů kloubních ploch marginálně). Metoda je pro hodnocení velmi subjektivní, a tedy i nepřesná.

V literatuře se nachází nemálo informací o pokusu sestavit metodu hodnocení šíře kloubní štěrbinu, a tedy nepřímou stavu hyalinní chrupavky (10, 11). Ve studiích bylo použito přímé digitalizace a je kladen důraz na přesnou snímkovací techniku, paprsek směřující kolmo na kloubní štěrbinu, v praxi však tyto metody nejsou běžně používány.



▲ Obr. 2

Obr. 2. Chrupavka trochley femuru v UZ obrazu
Fig. 2. Cartilage of the femur trochlea in ultrasound image

Ultrasonografie

Ultrasonografie má v zobrazování hyalinní chrupavky nepatrnou roli. Ve většině kloubů je znemožněna její přehlednost okolními strukturami, a je tudíž neposouditelná. V lokalitách dobře přístupných ultrazvukovému vyšetření lze pak změny chrupavky posoudit na podkladě změny její echogenity (obr. 2, 3), na podkladě ztráty objemu vody se stává chrupavka hyperechogenní. (12, 13). Významnou úlohu hraje v diagnostice preartrotických stavů především ramenního a kolenního kloubu a v detekci výpotků.

Arthrografie

Klasické arthrografické zobrazování kloubů pomocí instilace kontrastní látky do kloubní štěrbiny se dnes již nepoužívá. Praktického využití se dostává především MR arthrografii (14), a to zejména při diagnostice chondrálních lézí.

Artrioskopie

Artrioskopie, jakožto invazivní metoda, přináší chirurgickým oborům a nelze jí upřít výhodu kauzální léčby některých patologií.

Magnetická rezonance

Dominantní postavení mezi vyšetřovacími metodami ve vyšetřovacím algoritmu kloubních patologií potažmo patologií chrupavky zastává magnetická rezonance. Praktického využití se metodě dostalo v sedmdesátých letech 20. století a v dnešní době je již nenahraditelnou součástí zobrazování.

V současné době je vyšetření kloubů pomocí magnetické rezonance nejcitlivější zobrazovací metodou. Vývojem technik vyšetření dochází k optimalizaci zobrazení morfologie chrupavky, její volumetrie a nově i možnosti biochemické analýzy. Díky své vysoké rozlišovací schopnosti a prostorovému rozlišení je ideální metodou k zobrazení měkkých tkání kloubu a chrupavky v celé šíři včetně přítomných patologií. Výhodou je právě i možnost volumetrického měření chrupavky při posuzování progresu degenerativních a zánětlivých onemocnění či sledování v průběhu terapie, a to jak přihojení osteochondrálních štěpů, tak terapie medikamentózní. Její nespornou výhodou je, že svou neinvazivností nezatěžuje pacienta. Další výhodou novějších MR přístrojů je použití sekvencí s výborným rozlišením chrupavčité tkáně. Dle v literatuře dostupných informací mají autoři nejvíce zkušeností a dosahují dobrých výsledků v zobrazování chondrálních patologií pomocí sekvence protonové denzity (PD), T2 Fast Spin Echo (T2 FSE) a nebo Fast Low Angle SHot (FLASH) sekvencí.

Pro zobrazení patologií chrupavky se staly užitečnými sekvence s potlačením signálu tuku. PD a T2 FSE sekvence jsou výhodnými pro vizualizaci poškození středních a hlubokých vrstev chrupavky, zatím co sekvence FLASH je vhodná k vizualizaci povrchových lézí (15, 16). Ze zkušeností autorů dále vyplývá užitečnost zobrazení ve více rovinách, které zvyšuje citlivost a specifitu v odhalení chondrálních lézí (16–19).

Nově pak nabývají na významu metody T1rho a T2 mapování, zobrazování Na⁺ či metody využívající opožděného syčení chrupavek tzv. dGEMRIC (delayed Gadolinium-Enhanced Magnetic Resonance Imaging of Cartilage) (19–22).



◀ Obr. 3

Obr. 3. 3D WATSf sekvence, zakreslení chrupavky, 1. krok provedení volumetrie pomocí poloautomatického programu Syngolmaging XS VA60A

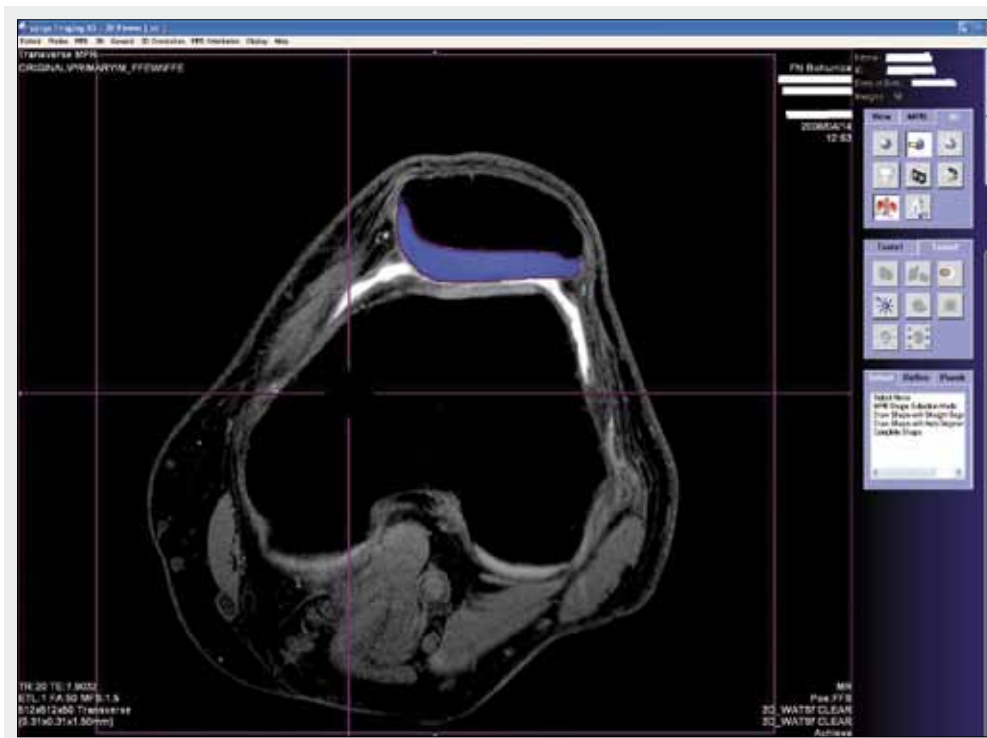
Fig. 3. 3D WATSf sequence, plotting cartilage, the first step in the implementation of semi-automatic volumetry using the program Syngolmaging XS VA60A

MATERIÁL A METODA

V časovém rozmezí červenec 2007 až březen 2010 bylo ve Fakultní nemocnici v Brně na MR přístroji Phillips Achieva 1,5 T vyšetřeno 732 pacientů s postižením kolenního kloubu. Vždy se jednalo o postižení měkkého kolena, a to z velké části pro akutní úraz kolena, skupina těchto tvořila více než $\frac{2}{3}$ pacientů nebo pro syndrom bolestivého kolena. Pacienti neměli na zhotovených prostých snímcích prokázány traumatické změny skeletu či jiné morfologické změny kloubu.

V souboru 732 vyšetřených pacientů je 441 mužů a 291 žen. Ze skupiny vyšetřených byli pro účel této práce vyjmuti pacienti s postižením femoropatelního kloubení, a to jak artrózou femoropatelního kloubu, tak chondropatií. Dále byla vyjmuta skupina pacientů, u nichž nebyla při vyšetření zachycena celá česka od apexu po bázi.

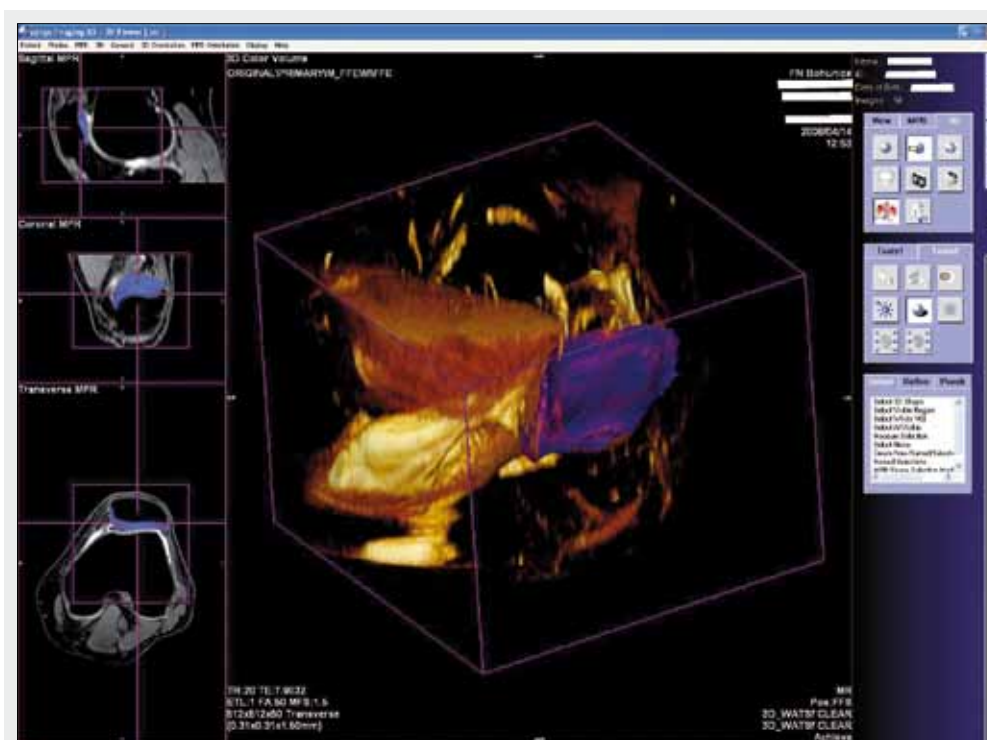
Ze skupiny 468 pacientů bez postižení femoropatelního skloubení bylo do souboru této práce zahrnuto 221 pacientů, ve věkovém rozmezí 20–49 let, u nichž bylo provedeno vyšetření kolenního kloubu ve standardním vyšet-



◀ Obr. 4

Obr. 4. 3D WATSF sekvence, pomocí funkce „complete shape“ programu SyngoImaging XS VA60A jsou automatické dopočítání plochy v označených a neoznačených řezech, krok 2

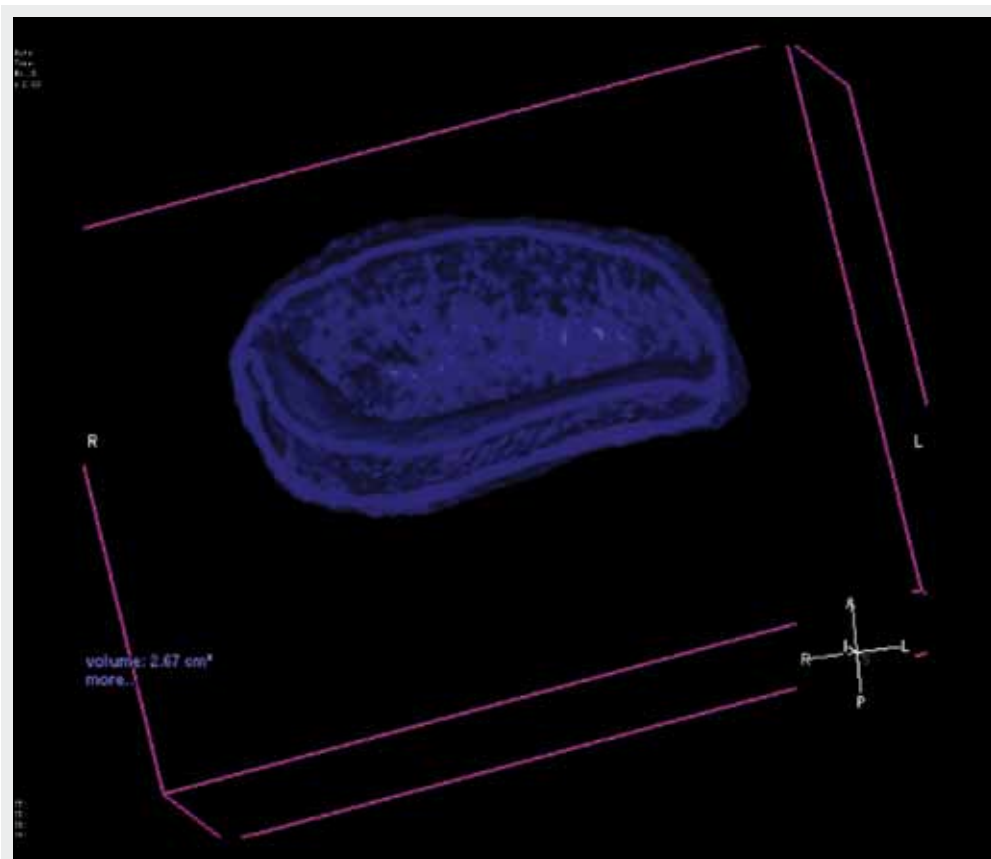
Fig. 4. 3D WATSF sequence, using the “Complete Shape” in the program SyngoImaging XS VA60A are automatically recalculating the area in marked and unmarked sections, step 2



◀ Obr. 5

Obr. 5. Program SyngoImaging XS VA60A ve 3. kroku vyhodnotí objem chrupavky; možnost kontrolы zakreslení v třech základních rovinách

Fig. 5. XS VA60A SyngoImaging Program in the third step evaluates the volume of cartilage, the possibility of drawing checks on three basic levels



Obr. 6

Obr. 6. 3D rekonstrukce pately
Fig. 6. 3D reconstruction of the patella

řovacím protokolu (tab. 1). Průměrný věk pacientů byl 32,9 let.

Dle věku byli rozděleni do skupin mezi 20–29, 30–39, 40 až 49 lety, do skupin A, B, C. Ve skupině A bylo vyšetřeno 98 pacientů, 59 mužů a 39 žen. Do skupiny B bylo zařazeno 75 pacientů, 43 mužů a 32 žen. Do skupiny C pak 29 mužů a 19 žen, tedy 48 pacientů.

Standardně provádíme vyšetření za použití cívký SENSE FLEX M. U pacienta v poloze na zádech končetinami v oblasti gantry přístroje. Kolenní kloub vyšetřujeme s podložním v oblasti popliteální jamky v semiflexi.

Před vlastním vyšetřením sedí pacienti po dobu minimálně 20–30 minut v čekárně s končetinami v semiflexi, čímž se snažíme omezit vliv zátěže na chrupavku kolenního kloubu, resp. femoropatelního (23).

Pro potřeby volumetrických měření byla vybrána sekvenční 3D WATSf sekvence gradientního echa s excitací signálu tekutiny. Sekvence byla zvolena pro výborný signál chrupavčité tkáně, v korelaci s dostupnými literárními zdroji (15–17, 24, 25). Volumetrická měření byla zpracována s pomocí poloautomatického programu SyngoImaging XS VA60A.

Objem chrupavky byl vztažen k celkovému objemu česky při snaze o eliminaci vlivu variabilního tvaru česky. Měření byla provedena u každého kloubu třikrát, pro hodnocení studie byly použity střední hodnoty naměřených objemů.

U pacientů neprovádíme cílená vyšetření kloubní chrupavky česky pomocí povrchové cívký, ačkoliv nesporně vedou k lepšímu zobrazení chrupavky femoropatelního kloubu. Ovšem vzhledem k vytíženosti pracoviště a zobrazení na úkor okolních tkání kloubu byla vyšetření provedena standardně pomocí cívký flexibilní. Kolenní cívka běžně užívaná a doporučovaná v praxi není na našem pracovišti dostupná. Statistické zpracování získaných dat jsme provedli pomocí parametrických testů.

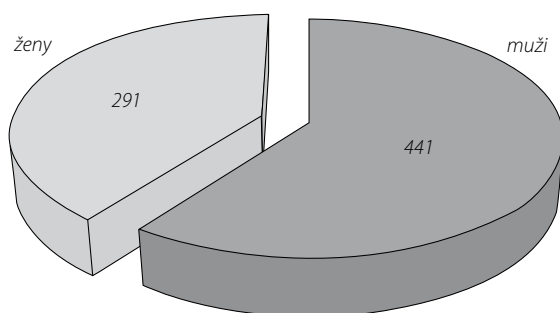
VÝSLEDKY

Dle rozdělení pacientů do skupin (graf 2) je patrné, že nepostižených femoropatelních skloubení, resp. chrupavky s věkem výrazně ubývá. Ačkoliv početní rozložení vyšetřovaných pacientů je celkově přibližně stejné u všech věkových

Tab. 1. Objem chrupavky v podskupinách vybraných podle věku a pohlaví
Table 1. The volume of cartilage in subgroups selected by age and sex

Objem chrupavky (ml)	Muži				Ženy				
	pohlaví/ věk	mean	SD	medián	N	mean	SD	medián	N
< 30		4,483	0,796	4,310	59	3,847	0,660	3,840	39
30–39		4,563	1,011	4,300	43	3,810	0,588	3,825	32
> 39		4,123	0,895	3,780	29	3,586	0,556	3,610	19

Rozdělení vyšetřených pacientů od 7/2007 do 3/2010 dle pohlaví



Graf 1. Celkový počet pacientů ve sledovaném období vyšetřených ve FN Brno-Bohunice na přístroji Philips Achieva

Graph 1. The total number of patients in the period examined in Brno Faculty Hospital of the MR Philips Achieva 1.5 T

skupin, je postižení femoropatelního kloubu přítomno u pacientů ve věku mezi 20–29 lety v 18 % případů, ovšem u skupiny pacientů B již v 37 % a C až 53 %. Již z tohoto základního rozdělení je tedy zřejmé, že poškození chrupavky kloubu souvisí s věkem a je mu nepřímo úměrné.

V našem vyšetřeném souboru pacientů převažují jedinci mužského pohlaví a pacienti ve věku mezi 20–29 lety. Průměrný objem chrupavky česky u mužů ve skupině A je 21,39 %, medián 21,59 %, u žen téže skupiny průměr dosahuje hodnoty 20,32 %, medián 20,23 %.

U mužů ve věku mezi 30–39 lety průměrná hodnota poměru objemu chrupavky česky k celkovému objemu této je 20,5 %, u žen 20,89 %. Medián u mužů 20,31 %, u žen 20,81 %.

Poměrné zastoupení chrupavky u nejméně početné skupiny pacientů skupiny C je u mužů 18,52 %, střední hodnota 18,53 %. U žen průměr 16,62 %, medián 16,65 %.

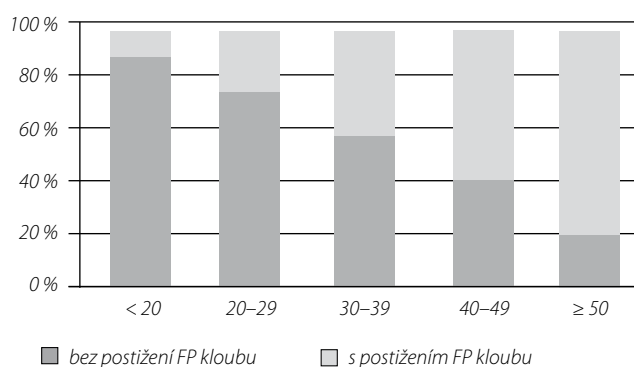
Prokazujeme statisticky významný rozdíl v objemech chrupavky v závislosti na věku. Dále je patrný statisticky významný rozdíl mezi pohlavími. U žen je prokazatelný významnější úbytek tkáně chrupavky než u mužů.

V praxi jednoduše použitelný skórovací systém (tab. 2) nám umožní jednoduchým způsobem určit míru redukce objemu chrupavky v závislosti na věku a pohlaví, tedy odpovídá-li objem chrupavky pacienta průměrnému v jeho věkové skupině a pohlaví.

S ohledem na tvar pately (hodnoceno dle Wibergovy klasifikace) neprokazujeme staticky významný rozdíl, stejně tak není stranového rozdílu mezi objemy chrupavky.

Rozdíl objemů chrupavky nenacházíme ani při rozdělení skupin dle výše chrupavky v oblasti crista patellae, což je

Rozdělení vyšetřených pacientů od 7/2007 po 3/2010 dle stavu femoropatelního sklobení

Graf 2. Srovnání pacientů dle věku a postižení femoropatelního kloubu
Graph 2. Comparison of patients according to age and disability of the femoropatelní joint

patrně dáno výraznou variabilitou velikosti kloubních ploch pately.

Vrstva chrupavky v oblasti crista patellae je nejvyšší v lidském těle a může dosahovat výše až 7 mm (2), dle dostupných údajů v literatuře se pohybuje v rozmezí 3,7–4 mm (18). V našem souboru pacientů se pohybuje výška chrupavky česky měřená v oblasti crista patellae v poměrně širokém rozmezí 2,2–7,6 mm, s mediánem 4,2 mm a průměrem 4,3 mm.

DISKUSE

V předložené práci byly předloženy základní i nastavbové metody zobrazení užívané v zobrazování kloubní chrupavky. Běžně dostupnou a užívanou metodou zobrazení je prostý rentgenový snímek, který však chrupavku jako takovou zobrazit nedokáže. Ovšem pro technickou a časovou nenáročnost a nízké náklady je nejčastěji používanou zobrazovací metodou v běžné klinické praxi.

Hellio Le Graverand ve své studii uvádí metodu pokoušející se o kvantifikaci míry poškození chrupavky osteoartrózou postižených kloubů na podkladě měření výšky kloubní štěrbin nativních snímků kloubu. Metoda zcela určitě velmi jednoduchá, ovšem velmi technicky náročná na přesnost provedení snímku.

Zobrazení pomocí CT je založeno na stejném principu jako prostý snímek, což znamená, že chrupavka kloubu není pomocí CT optimálně zobrazitelná.

Zobrazení pomocí ultrazvuku není pro omezenou dostupnost kloubní chrupavky použitelné, postižení artikulární

Tab. 2. Poměrný objem chrupavky v podskupinách vybraných podle věku a pohlaví
Table 2. The relative amount of cartilage in subgroups selected by age and sex

Poměrný objem chrupavky (%)	Muži				Ženy			
	mean	SD	medián	N	mean	SD	medián	N
< 30	21,389	2,714	21,586	59	20,315	2,027	20,233	39
30–39	20,502	2,151	20,307	43	20,886	1,877	20,809	32
> 39	18,518	1,978	18,530	29	16,623	1,258	16,646	19

chrupavky při UZ vyšetření bývá pouze vedlejším nálezem při zobrazení měkkých tkání a případně menisků.

Ideální vyšetřovací metodou v zobrazení kloubní chrupavky je magnetická rezonance. Při své neinvazivnosti a výborném prostorovém rozlišení zastává v současné době první místo v diagnostice lézí kloubních chrupavek. Metoda umožňuje využití různých sekvencí k zobrazení chrupavek, především sekvencí PD a sekvencí s potlačením signálu tuku. Poměrně novými jsou metody T2 mapování a zobrazení s aplikací kontrastních látek tzv. dGEMRIC.

Práce je zaměřena na posouzení stavu, respektive objemu chrupavky u pacientů v závislosti na věku a pohlaví. Základní tezí byl průkaz úbytku chrupavky v závislosti na věku, který byl v práci prokázán. Změny jsou dány „chronickým přetěžováním“ kloubů, kdy reparativní schopnosti buněk chrupavky již nejsou dostačující a vedou k opotřebením kloubní chrupavky (26–28). U pacientů v našem souboru byl prokázán statisticky významný úbytek chrupavčité tkáně již ve věku 30–39.

V souboru pacientů dále prokazujeme významný úbytek chrupavčité tkáně kloubu u žen, změny patrně související s hormonálním vlivem estradiolu na růst chrupavky (29, 30).

Dysplastické tvary pately (hodnoceny v souboru dle Wibergovy klasifikace) vedou k nestabilitě a častějšímu poškození chrupavky femoropatelního kloubu. U námi vyšetřovaných pacientů byl nejčastěji se vyskytující tvar pately II. a II.–III. typu. U pacientů s dysplazií česky bylo poškození chondromalácií a osteoartrózou častější, ovšem tito nebyli do souboru zařazeni.

Při hodnocení souboru neprokazujeme statistické rozdíly v závislosti na výšce chrupavky v oblasti crista patellae u jednotlivých skupin, což je dáno nejspíše velkou variabilitou tvarů česky a velikostí kloubních ploch.

Při vyšetřování pacientů jsme se snažili o omezení vlivu zátěže na objem chrupavky posazením pacientů do čekárny a minimálně 20minutovým klidem (23). V soudobé literatuře se nacházejí poznatky o změně objemu chrupavek v závislosti na zvýšené zátěži u maratonských běžců (15, 31). Studie ukazují na zvětšení objemu po zátěži při zvýšeném podílu vody v chrupavce.

Ve studii jsme se nezabývali vlivem léků na objemy chrupavek, stejně tak jsme se nezabývali vlivem povolání a pohybových aktivit pacientů na objem chrupavky.

Získaná data nebyla porovnávána s výškou a váhou pacientů, resp. BMI (body mass index), ačkoliv lze předpokládat vliv zvyšujícího se BMI na objem chrupavky.

ZÁVĚR

V této souhrnné práci jsou uvedeny možnosti zobrazení kloubní chrupavky pomocí radiologických zobrazovacích metod a zhodnocení volumetrických měření kloubní chrupavky pately v závislosti na pohlaví a věku. Vždy se jednalo o kloubní chrupavku zdravou, nepoškozenou změnami při chondropatii, změnách degenerativních či zánětlivých.

Zobrazovací metody užívané k zobrazení artikulární chrupavky běžně užívané v praxi sledují zvyklý algoritmus (korelující s finanční a časovou náročností vyšetření) od prostých rentgenových snímků a ultrazvukového vyšetření až po zatím bezkonkurenční zobrazení magnetickou rezonancí.

Magnetická rezonance nabízí širokou škálu možností k zobrazení chondrálních patologií, které je v konečném důsledku odvislé od vybavení a nastavení protokolů pracoviště.

Z výsledků práce vyplývá skutečnost, že s věkem respektive stárnutím dochází k úbytku tkáně chrupavky kloubu a že úbytek chrupavky je významnější u žen. Výchozí předpoklad vlivu dysplazie pately na objem chrupavky se ukázal jako mylný, ačkoliv procento pacientů s dysplazií pately a nepoškozenou chrupavkou bylo podstatně menší u pacientů ve skupinách nad 30 let.

Samotného hodnocení objemu chrupavky u pacientů a jejich porovnání s vytvořeným skórovacím systémem nám umožní předvídat míru poškození chrupavky a eventuálně i včasné indikovat léčbu.

V budoucnu lze předpokládat využití volumetrických měření chrupavek kloubů pro sledování terapie. Jednak sledování objemu chrupavek po chirurgickém ošetření transplantací, které je umožněno moderními metodami implantace štěpů *in vitro* vypěstovaných chondrocytů či mozaikoplastikami. Už samotné měření objemu defektu chrupavky nabývá podstatného významu pro operatéry, kteří si tak mohou předem zvolit metodu ošetření chrupavky a případně i posoudit velikost implantovaného štěpu.

Využití volumetrických měření lze dále využít při sledování pacientů léčených farmakologicky, tedy sledování efektu terapie v čase s její volumetrickou objektivizací.

Stejně tak by mohlo být zajímavým určení vlivu hmotnosti, respektive BMI k míře poškození chrupavky a vlivu nefyziologických poloh u některých zaměstnání, např. dlužičů.

LITERATURA

1. **Junqueira CL, Carneiro J, Kelley RO.** Základy histologie. Praha: H+H 2002.
2. **Višňa P, Hart R, et al.** Chrupavka kolena. Praha: Maxdorf 2006.
3. **Bartoniček J, Heřt J.** Základy klinické anatomie pohybového aparátu, 1. vydání. Praha: Maxdorf 2004.
4. **Kannus P, Natri A, Paakkala T, Jarvinen M.** An outcome of chronic Patellofemoral Pain syndrom. Journal of Bone and Joint Surgery 1999; 81(3): 355–363.
5. **Bureš J., Horáček J.** Základy vnitřního lékařství, 1. vydání. Galén: Praha 2003; 501–504.
6. **Sosna A, Vavřík P, Krbec M, Pokorný D.** Základy ortopedie. Praha: Triton 2001; 92–106.
7. **Hunter DJ.** Insights from Imaging on the Epidemiology and Pathophysiology of osteoarthritis. Radiologic Clinics of North America 2009; 47: 539–551.
8. **Fulkerson JP.** Disorders of the patellofemoral joint publikováno na [http:// med.yale.edu/library/pfoe/books.html](http://med.yale.edu/library/pfoe/books.html)
9. **Grelsamer RP, Stein DA.** Patellofemoral arthritis, Journal of Bone and Joint Surgery. American volume 2006; 88(8): 1849–1860.
10. **Hellio Le Graverand MP, Mazzuca S.** Radiographic-Based Grading Methods and Radiographic Measurements of Joint Space Width in Osteoarthritis. Radiologic Clinics of North America 2009; 47, 567–577.
11. **Hunter DJ, Zhang YQ, Tu X, et al.** Change in joint space width: hyaline articular cartilage loss or alteration in meniscus? Arthritis Rheum 2006; 54(8): 2488–2495.
12. **Keen HI, Conaghan PG.** Ultrasonography in Osteoarthritis, Radiologic Clinics of North America 2009; 47: 581–594.

13. **Kellner H, Liess H, Zoller WG.** 3D-ultrasound of soft tissues and joints, *Bildgebung* 1994; 61(2): 130–134.
14. **Šprláková-Puková A, Mechl M, Keřkovský M, Uher T.** Přímá MR arthrografie. *Čes Radiol* 2007; 61(1): 54–62.
15. **Link TM, Stahl R.** Woertler K Cartilage imaging: motivation, techniques, current and future significance. *Eur Radiology* 2007; 17: 1135–1146.
16. **Link TM.** MR Imaging in Osteoarthritis: Hardware, Coils and Sequences. *Radiologic Clinics of North America* 2009; 47: 617–632.
17. **Burstein D, Gray M.** New MRI techniques for imaging cartilage. *Journal of Bone Joint Surgery Am* 2003; 85: 70–77.
18. **Jeffrey DR, Watt I.** Imaging hyaline cartilage. *British J of Radiology* 2003; 73: 777–787.
19. **Quaia E, Toffanin R, Guglielmi G, Ukmár M, Rossi A, Martinelli B, Cova MA.** Fast T2 mapping of the patellar articular cartilage with gradient and spin-echo magnetic resonance imaging at 1.5T: validation and initial clinical experience in patients with osteoarthritis. *Skeletal Radiol* 2008; 37: 511–517.
20. **Li X, Han ET, Ma CB, Link TM, Newitt DC, Majumdar S.** In vivo 3T spiral imaging based multi-slice T(1rho) mapping of knee cartilage in osteoarthritis. *Magn Reson Med* 2005; 54: 929–936.
21. **Li X, Ma CB, Link TM, et al.** In vivo T1rho and T2 mapping of articular cartilage in osteoarthritis of the knee using 3T MRI. *Osteoarthr Cartilage* 2007; 15: 789–797.
22. **Burstein D, Gray M, Mosher T, Dardzinski B.** Measures of Molecular Composition and Structure in Osteoarthritis. *Radiologic Clinics of North America* 2009; 47: 675–686.
23. **Vaněčková M, Seidl Z, Mašek M, Krásenský J, et al.** Volumetrická sledování chrupavky v obraze MR u gonartrózy. *Čes Radiol* 2004; 58(1): 24–26.
24. **Piplani MA, Disler DG, McCauley TR, Holmes TJ, Cousins JP.** Articular cartilage volume in the knee : semiautomated determination from free-dimensional reformations of MR images. *Radiology* 1996; 198(3): 855–859.
25. **Recht MP, Goodwin DW, et al.** MRI of articular cartilage: Revising Current Status and Future Dire. *American J Roentgenol* 2005; 184: 899–914.
26. **Meachim G, Bentley G, Baker R.** Effect of age on thickness of adult patellar articular cartilage. *Annals of the Rheumatic Diseases* 1977; 36: 563–568.
27. **Gandy SJ, Dieppe PA, Keen MC, et al.** No loss of cartilage volume over three years in patients with knee osteoarthritis as assessed by magnetic resonance. *Osteoarthritis Cartilage* 2002; 10: 929–937.
28. **Wluka AE, Forbes A, Wang Y, et al.** Knee cartilage loss in symptomatic knee osteoarthritis over 4.5 years. *Arthritis research and therapy* 2006; 8(4): [cit. 2011-03-18]. Dostupný z [www: http://arthritis-research.com/content/8/4/R90](http://arthritis-research.com/content/8/4/R90)
29. **Ding C, Cicuttini F, Scott F, Glisson M, Jones G.** Sex differences in knee cartilage volume in adults: role of body and bone size, age and physical activity. *Rheumatology* 2003; 42: 1317–1323.
30. **Meachim G, Pedley RB.** Implication of sex difference in osteoarthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases* 1980; 39: 199.
31. **Luke AC, Stehling C, Stahl R, Li X, Kay T, et al.** High-Field Magnetic Resonance Imaging Assessment of Articular Cartilage Before and After Marathon Running: Does Long-Distance Running Lead to Cartilage Damage? *Am J Sports Med* 2010; 38(11): 2273–2280.