

RTG VÝVOJ HLEZENNÍHO KLOUBU – NOVÉ POZNATKY

RADIOLOGY OF THE ANKLE JOINT DEVELOPMENT – SOME NEW OBSERVATIONS

původní práce

Tomáš Pešl¹
Petr Havránek¹
Hana Melínová²
Lea Havránková²

¹Klinika dětské chirurgie
a traumatologie 3. LF UK a FTN,
Praha

²Radiodiagnostické oddělení
FTN, Praha

Přijato: 15. 4. 2009.

Korespondenční adresa:

MUDr. Tomáš Pešl, PhD.
Klinika dětské chirurgie a traumatologie 3. LF UK a FTN, Praha
Vítězská 800, 140 59, Praha 4 – Krč
e-mail: tomas.pesl@ftn.cz

Studie byla podporována granty
IGA MZ ČR reg. č. NR 9132-3/2007,
NS 10428-3/2009.
Etická komise s projektem vyslovila
souhlas.

SOUHRN

Pešl T, Havránek P, Melínová H, Havránková L. RTG vývoj hlezenního kloubu – nové poznatky

Cíl. Studium RTG dokumentace jsme jednak porovnávali kostní věk a vývoj hlezenního kloubu našeho souboru a souborů z literatury hodnocených před čtvrtstoletím, jednak jsme sledovali vzájemný vztah úrovně růstové ploténky distální fibuly a šterbiny tibiotalárního kloubu.

Metoda. Hodnotili jsme randomizovaný soubor 169 rentgenových snímků hlezen dětí od narození do 16 let věku (u chlapců do 18 roku věku). Všechny RTG snímky byly provedeny pro diagnózu distorze, či kontuze hlezna, tedy bez skeletálního poranění. Žádný z vyšetřovaných neměl ani neurologické ani muskuloskeletální postižení a ani v anamnéze neměl předchozí skeletální poranění vyšetřované dolní končetiny a netrpěl osteopatií. Ve studii jsme hodnotili kostní vývoj hlezna a porovnávali své nálezy s nálezy světových studií 20 let starých. Dále jsme hodnotili vertikální pozici distální fýzy fibuly s ohledem na rovinu vedenou šterbinou tibiotalárního kloubu.

Výsledky. V postnatálním vývoji nebyly nalezeny významnější odchylky proti RTG nálezům předchozích studií. V našem souboru se fyziologický uzávěr růstové ploténky distální tibie a fibuly objevil o dva roky dříve než u studií publikovaných před 20 lety. Oproti dřívějším studiím, sledujícím descensus distální fýzy fibuly, v našem souboru se v 50 % případů descensus nezastavil na úrovni tibiotalárního kloubu, ale pokračoval distálněji pod jeho úroveň.

Závěr. Postnatální kostní vývoj populace dětí na počátku třetího milénia se neliší od souboru pacientů ze sedmdesátých let 20. století pouze jsme oproti předchozím souborům,

SUMMARY

Pešl T, Havránek P, Melínová H, Havránková L. Radiology of the ankle joint development – some new observations

Aim. Plane radiographs of the growing ankle joint were investigated to compare bone age and skeletal development of our cohort with cohorts from the literature review evaluated before twenty five years. The mutual position of the distal fibular physis and the tibiotalar joint space was observed as well.

Methods. One hundred sixty nine radiographs of immature ankle joint for patients ranging from newborns to adolescents without skeletal injury were reviewed. All radiographs were performed for diagnosis of ankle sprain. No patient had neither neurological nor musculoskeletal impairment, nor previous skeletal injury of the ankle joint of the tested extremity or some kind of osteopathy. In the study we evaluated the skeletal development of the ankle and compared the results with results of the studies in the literature review, aged more than twenty years. In the second part of the study we evaluated the vertical position of the distal fibular physis with respect to the plane of the tibiotalar joint space.

Results. In the postnatal skeletal development there was no significant difference contrary to findings of the former studies. In our cohort the physiological cessation of the distal tibial and fibular physis appeared two years earlier than in the former studies, only. Compared to the former studies, dealt with the distal fibular physeal descent, we found, that in one half of cases the distal fibular descent didn't stop in the level of the tibiotalar joint space, but continued more distally.

Conclusion. Postnatal skeletal development of the ankle joint nowadays doesn't differ from the clinical cohorts more than twenty

u našich pacientů zaznamenali rychlejší vývoj k fyziologickému uzávěru růstové ploténky jak distální tibie, tak distální fibuly. V závislosti na vzájemné poloze distální fýzy fibuly a tibiotalárního kloubu jsme zaznamenali tři RTG typy rostoucího hlezna: 1 – distální fýza fibuly leží proximálně od kloubní štěrbiny; 2 – distální fýza fibuly leží v úrovni kloubní štěrbiny; 3 – distální fýza fibuly leží distálně od kloubní štěrbiny.

Klíčová slova: dítě, fibula, hlezno, růstová ploténka, tibie.

years ago. We found earlier physiological physeal cessation of both distal tibia and fibula. Depending on the mutual position of the distal fibular physis and the tibiotalar joint space we found three radiological types of the growing ankle joint: 1 – distal fibular physis lies above the tibiotalar joint space; 2 – distal fibular physis lies in the level of the tibiotalar joint space; 3 – distal fibular physis lies below the tibiotalar joint space.

Key words: child, fibula, ankle joint, physis, tibia.

ÚVOD

Postnatální RTG vývoj hlezenního kloubu detailně studovali a popsali Ogden (1) a Love (2). Sekundární osifikační jádro distální epifýzy tibie se objevuje kolem prvního roku života. Má kulovitý tvar a je uloženo centrálně v epifýze. Následně se rozšiřuje a stává se nejprve oválným a posléze získává tvar klínu s hrotem směřujícím laterálně. Ve věku 2–3 let je již dobře vyvinuto i distální sekundární osifikační jádro fibuly a začíná postupné zvlnění (undulace) původně planárně probíhajících růstových plotének jak tibie, tak fibuly. V batolecím období dochází k progresi undulace fýzy tibie. V její anteromediální části se vytváří tzv. Polandův hrbolek, který rozděluje epifýzu i fýzu na dvě části – mediální a laterální, a to jak opticky, tak i funkčně. Sekundární osifikační jádro již vyplňuje téměř celou epifýzu, kromě mediálního kotníku, který začíná osifikovat až ve věku 6–7 let.

Ve věku 8–11 let sekundární osifikační jádra již zaujímají téměř celé epifýzy a struktura osifikačního jádra distální epifýzy jak tibie, tak fibuly začíná mít charakter trabekulární kosti. Uspořádání trámčiny odpovídá biomechanickému zatížení. Ve věku 12–16 let začíná postupný zánik růstové ploténky tibie. Probíhá atypicky z anteromediální části fýzy tibie, v místě Polandova hrbolu. Pokračuje mediálně a poté laterálně. Poslední přetrvávající část distální fýzy tibie zůstává v anterolaterální části, v oblasti Chaputova hrbolu. Distální fýza fibuly se uzavírá následně (1, 2).

Zvláštní místo ve vývoji hlezenního kloubu má sestup distální fýzy fibuly. Ve fetálním vývoji jsou obě fýzy založeny v téměř stejné úrovni a při narození je již fýza fibuly uložena distálněji, ale ještě nedosahuje štěrbiny talokrurálního kloubu. Do této úrovně postupně klesá s prvními léty života. Podle dostupných literárních pramenů se descensus distální fýzy fibuly zastavuje v úrovni tibiotalárního skloubení.

MATERIÁL A METODY

Zhodnotili jsme randomizovaný soubor 169 rentgenových snímků hlezen rostoucího skeletu, respektive dětí od narození do 16 let věku (u chlapců do 18 roku věku), převážně z Prahy a okolí. Všechny RTG snímky byly provedeny pro diagnózu distorze, či kontuze hlezna, tedy bez skeletálního poranění. V souboru bylo 90 chlapců a 79 dívek. Žádný z vyšetřovaných neměl ani neurologické, ani muskuloskeletální postižení a ani v anamnéze neměl předchozí skeletální poranění vyšetřované dolní končetiny. Ve studii jsme hodnotili nejprve kostní vývoj hlezna a porovnávali své nálezy s nálezy světových studií 20 let starých. Zaznamenávali jsme, kdy se začínají objevovat sekundární osifikační centra distální tibie a fibuly, jejich další vývoj a období, kdy dochází k fyziologickému zániku růstových plotének.

Dále jsme hodnotili vertikální pozici distální fýzy fibuly s ohledem na rovinu vedenou štěrbinou tibiotalárního kloubu. Pro tuto část studie jsme vyřadili pacienty s již ukončeným růstem, tedy zaniklou distální růstovou ploténkou tibie a fibuly. V souboru zůstalo 140 dětí (72 chlapců a 68 dívek). Jelikož je nemožné určit přesné umístění kloubní štěrbiny na základě RTG dokumentace, museli jsme jeho pozici určit hypoteticky podle následujících předpokladů:

- kloubní štěrbina leží uvnitř rentgenologicky viditelného prostoru mezi distálním okrajem distální epifýzy tibie a proximálním okrajem osifikačního jádra talu,
- chrupavčité styčné plochy jak tibie, tak talu jsou stejně silné.

Za těchto předpokladů rovina kloubní štěrbiny probíhá centrem výše zmíněného prostoru mezi distální tibí a talem. Distální fýza fibuly leží mezi distálním rentgenologickým okrajem distální metafýzy fibuly a proximálním rentgenologickým okrajem distální epifýzy fibuly.



▲ Obr. 1A

▲ Obr. 1B

▲ Obr. 1C

Obr. 1. RTG hlezna od narození do jednoho roku života

A – novorozenec: sekundární osifikační centra nejsou patrná ani u tibie ani u fibuly. Obě fýzy mají příčný průběh a distální fýza fibuly je uložena poněkud distálněji než distální fýza tibie; B – tříměsíční kojeneček: sférické sekundární osifikační centrum tibie je uloženo v distální epifýze tibie centrálně; distální fýza fibuly leží v úrovni distální epifýzy tibie; C – roční kojeneček: distální sekundární osifikační centrum tibie má již tvar elipsovité; začíná se objevovat distální sekundární osifikační centrum fibuly

Fig. 1. Radiograph of the ankle joint from the birth to the age of one year

A – neonate: X-ray visible secondary ossification centre does not appear neither in distal tibial, nor in distal fibular epiphysis. The physes are planar and the distal fibular physis is level slightly more distally than the distal tibial physis; B – three-month old infant: spherical secondary ossification centre of the tibia is located centrally. Distal fibular physis lies in the level of the distal tibial epiphysis; C – one-year old infant: secondary ossification centre of the distal tibia is oval; secondary ossification centre of the distal fibula starts to appear

VÝSLEDKY

V novorozeneckém věku ($n = 2$), sekundární osifikační centra nebyla patrná ani u tibie ani u fibuly. Distální fýza fibuly byla uložena poněkud distálněji než distální fýza tibie. Obě fýzy měly transverzální průběh (obr. 1A). V kojeneckém věku ($n = 2$) se již objevovalo sférické sekundární osifikační centrum tibie, které bylo v epifýze uloženo centrálně, distální fýza fibuly leží v úrovni distální epifýzy tibie (obr. 1B). Ve věku okolo 1 roku je jádro distální epifýzy tibie již oválné a objevuje se i oválné jádro epifýzy fibuly. Distální fýza fibuly je v úrovni distální epifýzy tibie (obr. 1C). Ve věku do tří let ($n = 23$) získává sekundární distální osifikační jádro tibie tvar klínu s hrotem směřujícím laterálně. Jádro distální epifýzy fibuly je již dobře osifikované a distální fýza fibuly začíná migrovat na úroveň tibiotalárního kloubu. Původně transverzální průběh distální růstové chrupavky tibie se začíná vlnit (undulovat), vytváří se tzv. Polandův hrbol a na mediální ploše distální metafýzy fibuly se objevuje typický fyziologický zářez (obr. 2A). Ve věku do pěti let ($n = 9$) jádro distální epifýzy tibie ztrácí tvar klínu a na mediálním pólu jádra se objevují známky počínající osifikace mediálního kotníku. Osifikační centrum distální epifýzy jak tibie, tak fibuly již konturuje kloubní plochy. Distální fýza fibuly u části pacientů již přesahuje úroveň tibiotalárního kloubu. Ve věku do 7 let ($n = 11$) je již patrná postupná osifikace vnitřního kotníku, zevní kotník je již zformován. Distální osifikační centra jak tibie, tak fibuly již konturují kloubní plochu (obr. 2B). Ve skupině do jedenácti let ($n = 43$) jsou již oba kotníky dobře formovány, objevují se přídatná osifikační centra ve hrotech jak tibiálního, tak fibulárního kotníku a rovněž v laterálním i mediálním pólu distální fýzy fibuly. Až do těchto věkových kategorií nejsou patrné rozdíly v pohlaví (obr. 3A, B, C).

U dívek ve věkové skupině od 12 do 13 let ($n = 17$) se již objevují první případy počínajícího závěru fýzy tibie u devíti (52 %) a fibuly u tří z nich (18 %). U dívek ve věku 14–16 let ($n = 12$) je pak již ve všech případech uzavřena distální fýza tibie (100 %) a distální fýza fibuly v 92 % (obr. 4A, B).

U chlapců se objevuje počínající uzávěr distální fýzy tibie ve věku 14 let. Ve věkové kategorii chlapců od 12 do 13 let ($n = 12$) se ještě v žádném případě neobjevily známky počínajícího zániku distální fýzy tibie ani fibuly. V kategorii čtrnáctiletých ($n = 12$) se již objevil počínající uzávěr distální fýzy tibie u 50 % a fibuly pak u 8 % chlapců. Ve věkové kategorii chlapců mezi 15 a 16 rokem ($n = 14$) je zánik distální fýzy tibie ukončen 85 % a fibuly v 64 % (obr. 5A, B). Ve věku nad 17 let ($n = 4$) pouze jeden chlapec (25 %) měl ještě otevřenou fýzu jak tibie, tak fibuly (obr. 5c).

Pro hodnocení vzájemného postavení distální fýzy fibuly a tibiotalárního kloubu byly ze základního souboru (169 dětí) vyřazeny ty, u nichž již došlo k fyziologickému zániku distální růstové ploténky tibie. V souboru tak zbylo 140 vyšetřovaných dětí. Podle vzájemné polohy distální fýzy fibuly a šterbiny talokrurálního kloubu jsme stanovili tři hypotetické typy hlezenního kloubu u rostoucího skeletu.

1. Distální fýza fibuly leží proximálně od šterbiny talokrurálního kloubu (proximální okraj distální kostěné epifýzy fibuly leží na úrovni nebo proximálně od distálního okraje sekundárního osifikačního centra tibie) (obr. 6A).
2. Distální fýza fibuly leží v úrovni šterbiny talokrurálního kloubu (distální okraj sekundárního osifikačního centra tibie leží ve stejné úrovni jako distální okraj distální metafýzy fibuly a/nebo proximální okraj sekundárního osifikačního centra fibuly leží v úrovni proximálního okraje osifikačního centra talu) (obr. 6B, C).
3. Distální fýza fibuly leží distálně od šterbiny talokrurálního kloubu (distální okraj distální metafýzy fibuly leží



▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B

Obr. 2. RTG hlezna batolecího a mladšího školního věku

A – batole do 3 let: distální sekundární osifikační centrum tibie nabývá tvar klínu s hrotem směřujícím laterálně, distální fýza tibie začíná undulovat a v její centromediální partii se utváří tzv. Polandův hrbolek; distální osifikační centrum fibuly má sférický tvar a na mediální ploše distální metafýzy fibuly se objevuje typický fyziologický zářez; B – dítě do 7 let věku: objevují se známky osifikace mediálního kotníku

Fig. 2. Radiograph of the ankle joint in toddler and young pupil

A – toddler up to age of three years: the secondary ossification centre becomes conical with the edge pointed laterally. The distal tibial physis undulates centro medially, forming so called Poland's hump. Spherical distal fibular ossification centre and typical physiological incision on the medial part of the distal fibular metaphysis; B – seven-year old child: ossification is progressing into the medial malleolus



▲ Obr. 3A



▲ Obr. 3B



▲ Obr. 3C

Obr. 3. RTG hlezna dítěte do 11 let věku

A – os subtibiale; B – os subfibulare; C – přídatné osifikace v laterálním pólu distální fýzy fibuly

Fig. 3. Radiograph of the ankle joint in child up to eleven years

A – accessory ossification in the medial malleolus (os subtibiale); B – accessory ossification in the lateral malleolus (os subfibulare); C – irregular ossification at the lateral physal margin in the distal fibula



▲ Obr. 4A



▲ Obr. 4B

Obr. 4. RTG hlezna – adolescentní dívky

A – dívka, 13 let: postupný zánik fýzy tibie, fýza fibuly ještě plně funkční; B – dívka, 14 let: fýza tibie již zaniklá, fýza fibuly ještě stále funkční

Fig. 4. Radiograph of the ankle joint in adolescent girl

A – thirteen-year old: gradual cessation of the distal tibial physis, the distal fibular physis is still fully open; B – fourteen-year old: patterns of distal tibial physeal closure, the distal fibular physis is still functional



▲ Obr. 5A



▲ Obr. 5B



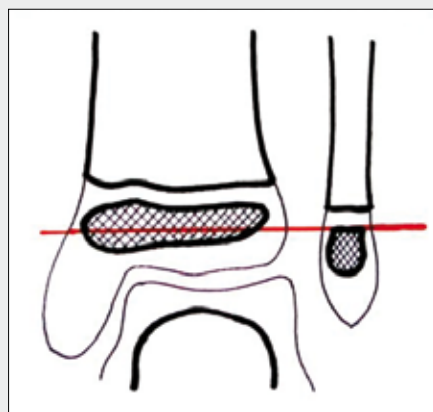
▲ Obr. 5C

Obr. 5. RTG hlezna – adolescentní chlapci

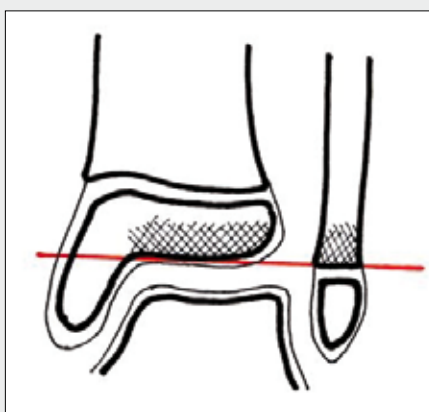
A – chlapec, 14 let: postupný zánik fýzy tibie, fýza fibuly ještě plně funkční; B – chlapec, 15 let: fýza tibie již zaniklá, fýza fibuly ještě stále funkční; C – chlapec, 17 let: distální fýza jak tibie, tak fibuly ještě plně funkční

Fig. 5. Radiograph of the ankle joint in adolescent boy

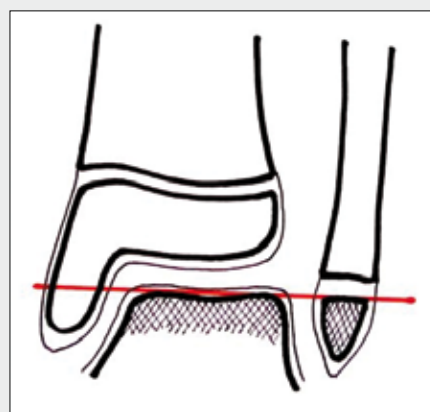
A – fourteen-year old: gradual cessation of the distal tibial physis, the distal fibular physis is still fully open; B – fifteen-year old: patterns of distal tibial physeal closure, the distal fibular physis is still functional; C – seventeen-year old: both the distal tibial and fibular physes are still fully functional



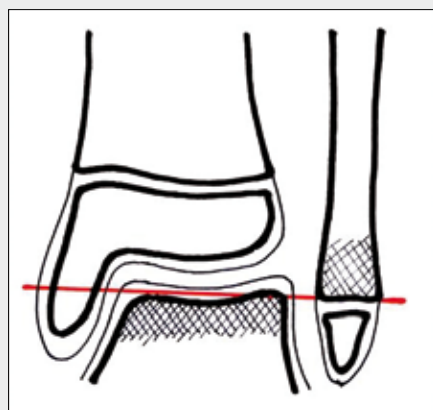
▲ Obr. 6A



▲ Obr. 6B



▲ Obr. 6C



▲ Obr. 6D

Obr. 6. Rentgenologické typy hlezna rostoucího skeletu

A – typ 1: hranice; B – typ 2: horní hranice; C – typ 2: dolní hranice; D – typ 3: hranice

Fig. 6. Radiological types of the growing ankle joint

A – type 1: boundary; B – type 2: upper boundary; C – type 2: lower boundary; D – type 3: boundary

v úrovni proximálního okraje osifikačního centra talu (obr. 6D).

Tyto nálezy byly nezávislé na pohlaví probandů.

Typ 1 se vyskytl u 13 dětí – distální fýza fibuly je proximálně od roviny tibiotalárního kloubu. Distální okraj distální metafýzy a proximální okraj distální epifýzy fibuly (fýza) jsou na úrovni distální fýzy nebo sekundárního osifikačního centra tibie (obr. 7A). Jedenáct dětí (85 %) bylo mladších než 3 roky. Pouze dvě dívky byly ve věku 7 a 9 let.

Typ 2 se vyskytl u 62 dětí – distální fýza fibuly je ve stejné úrovni jako rovina tibiotalárního kloubu. Distální okraj distální metafýzy fibuly je ve stejné úrovni jako distální okraj distální epifýzy tibie; podobně proximální okraj distální epifýzy fibuly je ve stejné úrovni jako proximální okraj trochley talu (obr. 7B). Všechny děti byly ve věku od dvou let do adolescence.

Typ 3 se vyskytl u 65 dětí – distální fýza fibuly je distálně od roviny tibiotalárního kloubu. Distální okraj distální metafýzy fibuly je ve stejné úrovni nebo distálně od proximálního okraje trochley talu (obr. 7C). Podobně jako u typu 2 byly všechny děti ve věku od tří let do adolescence.

DISKUSE

Postnatálním kostním vývojem hlezenního kloubu se dopodrobna zabývali Ogden (1) a Love (2). Porovnáním s naším souborem jsme potvrdili jejich nálezy. Klinicky významné jsou zvláště nálezy atypických osifikací v oblasti apexů obou

kotníků a atypických osifikací v průběhu distální fýzy fibuly, které mohou vést k diagnostickým rozpakům při hodnocení skeletálního poranění. Rovněž fyziologický zářez v oblasti mediálního okraje distální metafýzy fibuly může někdy vést k mylné diagnostice skeletálního poranění. Pro fyziologický uzávěr distální epifýzy tibie a fibuly je charakteristický jeho průběh. Začíná typicky v oblasti Polandova hrbolu, tedy centromediálně. To může mást při hodnocení dlouhodobých porúrazových stavů, kdy nález asymetricky uzavírající se růstové ploténky svádí k diagnostice kostního mŕstku. Přetrvávající funkční fýza distální fibuly (při již fyziologicky uzavřené fýze distální tibie) může při těžké distorzi hlezenního kloubu u adolescentů imitovat zlomeninu fibulárního kotníku.

Kromě rozvoje undulace fýzy tibie, postupného vývoje distálních sekundárních osifikačních jader tibie a fibuly a fyziologického zániku růstové ploténky popisuje také descensus distální fýzy fibuly, která je fetálně založena ve stejné úrovni jako distální fýza tibie. V postnatálním vývoji pak klesá až do úrovně kloubní šterbiny tibiotalárního kloubu. Podle Ogdena (1) je příčinou descensu distální fýzy fibuly normální vývoj dolní končetiny a její postupná zátěž. Těto problematice se v našem písemnictví věnovali Číperová (3), Doskočil (4, 5) a Sosna (6). Doskočil (4, 5) a Číperová (3) zaznamenali nepřítomnost descensu distální fýzy fibuly u dětí s mozkovou obrnou (fibulární znamení). Sosna (6) sledoval descensus fýzy fibuly postnatálně u zdravé populace a zjistil, že do jednoho roku života má vysoké postavení fýzy fibuly čtvrtina vyšetřovaných dětí (fyziologické fibulární znamení), po druhém roce života je již nezaznamenal. Poland (7) i později Ogden (1) za-



▲ Obr. 7A



▲ Obr. 7B



▲ Obr. 7C

Obr. 7. Radiologické typy hlezna rostoucího skeletu

A – typ 1: distální fýza fibuly je proximálně od roviny tibiotalárního kloubu; B – typ 2: distální fýza fibuly je ve stejné úrovni jako rovina tibiotalárního kloubu; C – typ 3: distální fýza fibuly je distálně od roviny tibiotalárního kloubu

Fig. 7. Radiological types of the growing ankle joint

A – type 1: distal fibular physis lies above the tibiotalar joint space; B – type 2: distal fibular physis is level with the tibiotalar joint space; C – type 3: distal fibular physis lies below the tibiotalar joint space

ZÁVĚR

znamenávají definitivní sestup distální fýzy fibuly na úroveň štěrby talokrurálního kloubu. V našem souboru jsme ale objevili, že v jedné polovině případů distální fýza fibuly sestupuje ve svém vývoji až pod úroveň tibiotalárního kloubu. Na základě těchto faktů jsme postulovali tři rentgenologické typy hlezna rostoucího skeletu (8) a rozbořem klinického materiálu jsme prokázali, že rentgenologický typ hlezna rostoucího skeletu má vliv na typ skeletálního poranění fibuly u kombinovaného poranění hlezna. Jinak jsme mohli potvrdit nálezy Ogdena a Love (1, 2), co se týká postnatálního vývoje hlezna (8). Dále jsme zjistili, že postnatální vývoj současné populace je obdobný vývoji souborů starých 25 let, liší se pouze v době uzávěru růstové ploténky. V našem souboru k němu dochází o 2 roky dříve než u souborů před 25 lety.

Postnatální kostní vývoj populace dětí na počátku třetího milénia se neliší od souboru pacientů ze sedmdesátých let 20. století a až do věku 11 let není rozdíl ve vývoji dívek a chlapců. Oproti předchozím souborům jsme u našich pacientů zaznamenali rychlejší vývoj k fyziologickému uzávěru růstové ploténky jak distální tibie, tak distální fibuly, a to u dívek od 12 let do 14 let, u chlapců od 14 do 16 let. Charakteristický průběh zániku distální fýzy tibie probíhá u obou pohlaví stejně. Jak u chlapců, tak u dívek jako poslední zaniká distální fýza fibuly.

V závislosti na vzájemné poloze distální fýzy fibuly a tibiotalárního kloubu existují tři RTG typy rostoucího hlezna:

1. Distální fýza fibuly leží proximálně od kloubní štěrby.
2. Distální fýza fibuly leží v úrovni kloubní štěrby.
3. Distální fýza fibuly leží distálně od kloubní štěrby.

LITERATURA

1. Ogden JA, McCarthy SM. Radiology of postnatal skeletal development. VIII. Distal tibia and fibula. Skeletal Radiol 1983; 10: 209–220.
2. Love SM, Ganey T, Ogden JA. Postnatal epiphyseal development: the distal tibia and fibula. J Pediatr Orthop 1990; 10: 298–305.
3. Číperová V, Doskočil M, Tachovská M. The fibular sign. Rev Czech Med 1963; 9: 258–269.
4. Doskočil M, Tachovská M, Číperová V, Kraftová M, Bílek F, Fleková M. Poruchy růstu kostí u stavů po dětské obrně. Acta Univ Carol Med 1960; 7: 723–748.
5. Doskočil M. Vývoj a biomechanika hlezenního kloubu. Sb Lék 1995; 96: 85–103.
6. Sosna A. Fyziologické fibulární znamení. Sb Lék 1967; 69: 88–92.
7. Poland J. Traumatic separation of the epiphyses. London: Smith, Elder 1898.
8. Pešl T, Havránek P, Naňka O. Mutual position of the distal fibular physis and the tibiotalar joint space. Eur J Pediatr Surg 2007; 17: 348–353.