



Protocol bepaling rijping mediale epifysen van de claviculae

Introductie

De mediale epifysen van de claviculae verbenen relatief laat. Om die reden wordt de mate van verbening van deze epifysairschijf m.n. in forensisch onderzoek gebruikt om de leeftijd van een persoon te bepalen. Tot nu toe berustte het protocol volledig op conventionele röntgenopnamen van de clavicula uiteinden. In dit protocol dat is opgesteld in samenspraak met de meest frequente aanvrager, het Nederlands Forensisch Instituut (NFI), is ook de mogelijkheid van CT opgenomen, omdat hiermee een betere afbeelding van de doorgaans schuin verlopende epifysairschijven wordt verkregen.

Overzicht radiologische technieken

Onderstaande tekst geeft een overzicht van de radiologische technieken die beschreven zijn voor de beoordeling van de mate van uitrijping van de mediale clavicula.

Echografie

In de afgelopen jaren zijn er enkele publicaties geweest over het gebruik van echografie voor de beoordeling van de mate van uitrijping van de mediale clavicula. Het gebruik van echografie is tot op heden slechts door één onderzoeksgroep beschreven en er is derhalve onvoldoende wetenschappelijke onderbouwing voor het gebruik van echografie voor deze vraagstelling (6, 7).

Conventionele radiologie

Conventionele radiologie is momenteel de standaard techniek die in het kader van forensisch leeftijdsonderzoek wordt toegepast. Indien de hand-pols opname gesloten epifysen toont, wordt gebruik gemaakt van een techniek waarbij naast een AP opname van het sternoclaviculaire gewricht ook twee uitgedraaide opnamen worden gemaakt. Hierbij wordt het mediale uiteinde van de clavicula ten opzichte van de wervelkolom vrij geprojecteerd.

In de medisch-radiologische literatuur is er een discussie gevoerd over de waarde van de conventionele radiologische opname (1-5, 8). Van Rijn en Robben beschreven in het Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde de problematiek van de projectie van de mediale clavicula en concludeerde dat deze opnames niet in alle gevallen tot een diagnostische waarde leidden (3). Hierop is echter door Mali een ingezonden brief gestuurd waarin deze een ander standpunt innam en stelde dat de opname wel diagnostisch was (1). In een recente publicatie van Wittschieber et al. toonden de onderzoekers op basis van hun onderzoek dat 'In 25 % of the cases, the medial clavicular epiphysis depicted in an oblique projection showed a different ossification stage than in the PA projection. In at least 10 % of the cases, a higher ossification stage was observed which would have significant disadvantages in criminal proceedings' (5). Op basis hiervan concluderen de auteurs dat 'Projection radiography of the clavicle can therefore no longer be recommended for forensic age estimation practice'.

De effectieve stralingsdosis van de drie conventionele röntgenfoto's, welke volgens het boven beschreven protocol vervaardigd worden, bedraagt volgens berekeningen van K. Geleijns (fysicus in het Leids Universitair Medisch Centrum) 0,009 mSv (zie appendix 1). Ter illustratie, de gemiddelde equivalente dosis voor een inwoner van Nederland ten gevolge van de natuurlijke achtergrond bedraagt ongeveer 2,5 mSv/jaar (9).

CT

CT is in de dagelijkse kliniek de meest toegepaste techniek om cross-sectioneel het skelet af te beelden. Om deze reden is er dan ook met behulp van CT internationaal onderzoek gedaan naar de mate van uitrijping van de mediale clavicula (8, 10-14). Deze onderzoeken hebben aangetoond dat het mogelijk is om betrouwbaar de mate van uitrijping van de mediale clavicula te beoordelen met behulp van CT. In de meest recente studie, van Franklin en Flavel, concluderen de auteurs dat 'Results of the present study confirm the reliability of the assessed method and demonstrate remarkable consistency to data reported for other global populations'(11).

Tot op heden zijn er geen publicaties verschenen die een uitspraak doen met betrekking tot de inter- en intra-observer variatie.

De effectieve stralingsdosis van een CT-scan van de clavicula bedraagt, in recente literatuur 0.4 mSv (15). Ter illustratie de gemiddelde equivalente dosis voor een inwoner van Nederland ten gevolge van de natuurlijke achtergrond bedraagt ongeveer 2,5 mSv/jaar (9).

MRI

In de afgelopen jaren zijn er door enkele onderzoeksgroepen meerdere onderzoeken gepubliceerd over het gebruik van MRI voor de beoordeling van de mate van uitrijping van de mediale claviculae (16-19). Met behulp van MRI is het mogelijk om de mediale clavicula goed af te beelden, waarbij de kortst beschreven scantijd 4 minuten bedraagt (16). De onderzoekers geven in deze studies aan dat MRI een beloftevolle techniek is die echter nog in een grotere populatie gevalideerd dient te worden. Om die reden kan het gebruik van MRI in deze populatie voor deze specifieke vraagstelling op dit moment nog niet worden geïmplementeerd

Protocol

De mate van skeletrijping zal in eerste instantie bepaald worden aan de hand van een posterior-anterior hand-pols opname. Indien de epifysen van de hand nog niet gesloten zijn is er sprake van nog onvolledige uitrijping van het skelet. Op basis van meerdere studies is vastgesteld dat de Greulich en Pyle atlas voor deze beoordeling geschikt is voor een hedendaagse populatie (20-28).

Indien daarentegen de epifysen van het handskelet gesloten zijn worden twee opties tot vervolgonderzoek geadviseerd om de mate van skeletuitrijping te bepalen:

Optie 1

Het radiologisch onderzoek start met het maken van drie röntgenopnamen van de mediale clavicula; te weten:

- Anterior-posterior opname
- Linksvoor schuine anterior-posterior opname voor de beoordeling van mediale uiteinde van de linker clavicula.
- Rechtsvoor schuine anterior-posterior opname voor de beoordeling van mediale uiteinde van de rechter clavicula.

De beoordeling van dit radiologisch onderzoek kan zijn:

1. De mediale clavicula epifysen zijn herkenbaar als stadium II of stadium III, in dit geval stopt het radiologisch onderzoek met conclusie nog geen volledige skeletrijping.
2. De mediale clavicula epifysen zijn niet herkenbaar als stadium II of stadium III, de foto is technisch niet optimaal of is anderszins niet te beoordelen. In dit geval zal een CT-scan van het sterno-claviculaire gewricht worden vervaardigd waarop beide mediale uiteinden van de claviculae afgebeeld worden.

Indien wordt overgegaan tot het vervaardigen van een CT zal het rijpingsstadium van de mediale clavicula, voor de individuele clavicula, in één van de volgende vier stadia benoemd worden.

1. Stadium I: Nog geen verbening van de mediale epifyse van de clavicula zichtbaar.
2. Stadium II: Verbening van de mediale epifyse van de clavicula zichtbaar.
3. Stadium III: Beginnende benige overbrugging tussen de mediale epifyse en mediale metafyse van de clavicula zichtbaar.
4. Stadium IV: Volledige benige overbrugging tussen de mediale epifyse en mediale metafyse, en derhalve sluiting van de epifysairschijf, van de clavicula zichtbaar.

De cumulatieve effectieve stralingsdosis van dit protocol, indien volledig doorlopen, bedraagt als er geen CT-scan gedaan wordt 0,01 mSv en als er een CT-scan gedaan wordt 0.41 mSv.

Optie 2

Er wordt gekozen om de conventionele opname van de clavicula over te slaan door direct te kiezen voor het CT-onderzoek.

Het rijpingsstadium van de mediale clavicula, voor de individuele clavicula, zal in één van de volgende vier stadia benoemd worden.

1. Stadium I: Nog geen verbening van de mediale epifyse van de clavicula zichtbaar.
2. Stadium II: Verbening van de mediale epifyse van de clavicula zichtbaar.
3. Stadium III: Beginnende benige overbrugging tussen de mediale epifyse en mediale metafyse van de clavicula zichtbaar.
4. Stadium IV: Volledige benige overbrugging tussen de mediale epifyse en mediale metafyse, en derhalve sluiting van de epifysairschijf, van de clavicula zichtbaar.

De cumulatieve effectieve stralingsdosis van dit protocol, indien volledig doorlopen, bedraagt 0.40 mSv.

Opmerking: hoewel er uiteraard een relatie is tussen skeletuitrijping en leeftijd, moet de radioloog zich in zijn verslaglegging beperken tot vaststelling van de mate van skeletrijping.

Appendix 1. **Dosis berekening conventionele opnames claviculae.**

Opname	Buislading (mAs)	Diafragma (cm*cm)	Lengte¹ (cm)	Breedte¹ (cm)	Buisspanning (kVp)	DOP (Gy.cm²)	Effectieve Dosis (mSv)²
De röntgenopname van de beide sterno-claviculaire gewrichten (PA projectie).	25	13*9	14	10	52	0.06	0.003
De röntgenopname van het linker sterno-claviculaire gewricht, uitgedraaid.	25	13*9	14	10	52	0.06	0.003
De röntgenopname van het rechter sterno-claviculaire gewricht, uitgedraaid.	25	13*9	14	10	52	0.06	0.003
Totaal							0.009

¹ Lengte- en breedtematen zijn naar boven afgerond door bij de veldgrootte (diafragma) een centimeter toe te voegen

² De effectieve dosis is bepaald door Dr. J. Geleijns, Klinisch Fysicus aan het Leids Universitair Medisch Centrum

Literatuur

1. Mali WP. [Skeletal maturation in assessing underage asylum seekers]. *Nederlands tijdschrift voor geneeskunde*. 2004;148(46):2259-61.
2. Schumacher JH. [Skeletal maturation in assessing underage asylum seekers]. *Nederlands tijdschrift voor geneeskunde*. 2005;149(22):1241-2; author reply 2-3.
3. van Rijn RR, Robben SG. [Radiography of the medial ends of the clavicles by the method of the Dutch Immigration and Naturalisation Service is unsuitable for determining adulthood]. *Nederlands tijdschrift voor geneeskunde*. 2004;148(46):2274-9.
4. van Rijn RR, Robben SG. [Skeletal maturation in assessing underage asylum seekers]. *Nederlands tijdschrift voor geneeskunde*. 2005;149(22):1241; author reply
5. Wittschieber D, Ottow C, Vieth V, et al. Projection radiography of the clavicle: still recommendable for forensic age diagnostics in living individuals? *International journal of legal medicine*. 2015;129(1):187-93.
6. Schulz R, Schiborr M, Pfeiffer H, Schmidt S, Schmeling A. Sonographic assessment of the ossification of the medial clavicular epiphysis in 616 individuals. *Forensic science, medicine, and pathology*. 2013;9(3):351-7.
7. Schulz R, Zwiesigk P, Schiborr M, Schmidt S, Schmeling A. Ultrasound studies on the time course of clavicular ossification. *International journal of legal medicine*. 2008;122(2):163-7.
8. Schulz R, Muhler M, Reisinger W, Schmidt S, Schmeling A. Radiographic staging of ossification of the medial clavicular epiphysis. *International journal of legal medicine*. 2008;122(1):55-8.
9. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Stralingsbelasting in Nederland. [3-3-2015]; Available from: http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbelasting_in_Nederland.
10. Bassed RB, Drummer OH, Briggs C, Valenzuela A. Age estimation and the medial clavicular epiphysis: analysis of the age of majority in an Australian population using computed tomography. *Forensic science, medicine, and pathology*. 2011;7(2):148-54.
11. Franklin D, Flavel A. CT evaluation of timing for ossification of the medial clavicular epiphysis in a contemporary Western Australian population. *International journal of legal medicine*. 2014.
12. Kreitner KF, Schweden FJ, Riepert T, Nafe B, Thelen M. Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. *European radiology*. 1998;8(7):1116-22.
13. Wittschieber D, Schulz R, Vieth V, et al. The value of sub-stages and thin slices for the assessment of the medial clavicular epiphysis: a prospective multi-center CT study. *Forensic science, medicine, and pathology*. 2014;10(2):163-9.
14. Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Schmeling A. Forensic age estimation in living subjects based on the ossification status of the medial clavicular epiphysis as revealed by thin-slice multidetector computed tomography. *International journal of legal medicine*. 2010;124(2):149-54.
15. Meier N, Schmeling A, Loose R, Vieth V. Altersdiagnostik und Strahlenexposition. *Rechtsmedizin*. 2015;25(1):30-3.
16. Hillewig E, De Tobel J, Cuhe O, Vandemaele P, Piette M, Verstraete K. Magnetic resonance imaging of the medial extremity of the clavicle in forensic bone age determination: a new four-minute approach. *European radiology*. 2011;21(4):757-67.
17. Hillewig E, Degroote J, Van der Paelt T, et al. Magnetic resonance imaging of the sternal extremity of the clavicle in forensic age estimation: towards more sound age estimates. *International journal of legal medicine*. 2013;127(3):677-89.
18. Tangmose S, Jensen KE, Villa C, Lynnerup N. Forensic age estimation from the clavicle using 1.0T MRI--preliminary results. *Forensic science international*. 2014;234:7-12.
19. Vieth V, Schulz R, Brinkmeier P, Dvorak J, Schmeling A. Age estimation in U-20 football players using 3.0 tesla MRI of the clavicle. *Forensic science international*. 2014;241:118-22.

20. Cantekin K, Celikoglu M, Miloglu O, Dane A, Erdem A. Bone age assessment: the applicability of the Greulich-Pyle method in eastern Turkish children. *Journal of forensic sciences*. 2012;57(3):679-82.
21. Groell R, Lindbichler F, Riepl T, Gherra L, Roposch A, Fotter R. The reliability of bone age determination in central European children using the Greulich and Pyle method. *The British journal of radiology*. 1999;72(857):461-4.
22. Loder RT, Estle DT, Morrison K, et al. Applicability of the Greulich and Pyle skeletal age standards to black and white children of today. *American journal of diseases of children (1960)*. 1993;147(12):1329-33.
23. Mansourvar M, Ismail MA, Raj RG, et al. The applicability of Greulich and Pyle atlas to assess skeletal age for four ethnic groups. *Journal of forensic and legal medicine*. 2014;22:26-9.
24. Moradi M, Sirous M, Morovatti P. The reliability of skeletal age determination in an Iranian sample using Greulich and Pyle method. *Forensic science international*. 2012;223(1-3):372.e1-4.
25. Ontell FK, Ivanovic M, Ablin DS, Barlow TW. Bone age in children of diverse ethnicity. *AJR American journal of roentgenology*. 1996;167(6):1395-8.
26. Paxton ML, Lamont AC, Stillwell AP. The reliability of the Greulich-Pyle method in bone age determination among Australian children. *Journal of medical imaging and radiation oncology*. 2013;57(1):21-4.
27. van Rijn RR, Lequin MH, Robben SG, Hop WC, van Kuijk C. Is the Greulich and Pyle atlas still valid for Dutch Caucasian children today? *Pediatric radiology*. 2001;31(10):748-52.
28. Zabet D, Rerolle C, Pucheux J, Telmon N, Saint-Martin P. Can the Greulich and Pyle method be used on French contemporary individuals? *International journal of legal medicine*. 2015;129(1):171-7.