

Röntgenologie van het kaakgewricht

Diagnostische beeldvorming van het kaakgewricht

Samenvatting. Bij de diagnostiek van stoornissen van het mandibulaire bewegingsapparaat speelt het beeldvormend onderzoek een belangrijke rol. Behalve de conventionele technieken die bij het onderzoek van kaakgewrichtsafwijkingen worden gebruikt (panoramische, transpharyngeale en transcraniële technieken), worden in dit artikel ook de meer geavanceerde technieken beschreven (tomografie, fluoroscopie, artrografie, computertomografie, scintigrafie en kernspin-resonantietomografie). De meest voorkomende stoornissen van het kaakgewricht zijn osteoarthrosis en internal derangements. Op de interpretatie van het röntgenologisch beeld van het kaakgewricht bij deze stoornissen wordt ingegaan.

VAN DER KUIJL B, STEGENGA B, DE BONT LGM, BOERING G. Röntgenologie van het kaakgewricht. Diagnostische beeldvorming van het kaakgewricht. Ned Tijdschr Tandheelkd 1993; 100: 287-290.

B. van der Kuijl, tandarts
B. Stegenga, kaakchirurg i.o.
L.G.M. de Bont, kaakchirurg
G. Boering, kaakchirurg

Uit de afdeling Mondziekten, Kaakchirurgie en Bijzondere Tandheelkunde van het Academisch Ziekenhuis te Groningen.

Trefwoorden: **Radiologie** – Kaakgewricht

Datum van acceptatie: 9 februari 1993.

Adres: Dr. B. van der Kuijl, postbus 30.001, 9700 RB Groningen.

1 Inleiding

De diagnostiek van kaakgewrichtsstoornissen berust voor een belangrijk deel op gegevens verkregen uit de anamnese en fysisch onderzoek. Afhankelijk van de hoeveelheid en de aard van de voor het stellen van een diagnose benodigde informatie, wordt dit basisonderzoek uitgebreid met een aanvullend onderzoek, waarvan het beeldvormend onderzoek onderdeel uitmaakt. Het beeldvormend onderzoek is er primair op gericht de klinische diagnose te bevestigen dan wel uit te sluiten. De uit het beeldvormend onderzoek verkregen informatie moet dus altijd worden geïnterpreteerd in samenhang met informatie uit andere bronnen.¹

Bij stoornissen van het mandibulaire bewegingsapparaat is het beeldvormend onderzoek van belang voor de differentiële diagnostiek en om inzicht te verkrijgen in de aard en het stadium van de aanwezige stoornis. Osteoarthrosis en internal derangement zijn de meest voorkomende kaakgewrichtsstoornissen. Osteoarthrosis wordt gekenmerkt door het optreden van degeneratieve veranderingen van het gewrichtskraakbeen en subchondraal bot; de term 'internal derangement' duidt op een mechanische verplaatsing van de discus.^{2,3}

Degeneratieve veranderingen beginnen in de kraakbeenbekleding van de gewrichtsoppervlakken en kunnen vervolgens een scala aan reacties in de omgevende weefsels uitlokken.^{4,5} De initiële degeneratieve veranderingen kunnen na enige tijd aanleiding geven tot glijstoornissen van de discus en uiteindelijk tot een verplaatsing daarvan, een 'internal derangement'. Daarbij is (een deel van) de discus articularis bij gesloten mond meestal naar ventraal verplaatst ten opzichte van de kaakkop.⁶ Aanvankelijk schiet de discus tijdens de openingsbeweging weer op zijn plaats (reductie), om tijdens de sluitingsbeweging

opnieuw naar ventraal te luxeren (reducerende discusluxatie). Geleidelijk wordt de verbinding tussen discus en kaakkop losser. Na enige tijd kan de reductie niet meer optreden (permanente discusluxatie). Het dorsale ligament rekt steeds verder uit en de discus raakt sterk gedeformeerd. Behalve in het kraakbeen treden ook in het subchondrale bot in toenemende mate veranderingen op. Het röntgenologisch onderzoek speelt dan ook een belangrijke rol bij de diagnostiek van dit type kaakgewrichtsstoornissen.

2 Beeldvorming van het kaakgewricht

2.1 Indeling van technieken

Bij de voor het kaakgewricht geschikte beeldvormende technieken kan allereerst een (arbitrair) onderscheid worden gemaakt tussen 'conventionele' en 'geavanceerde' technieken (tab I). De klassieke opnamen, de transpharyngeale opname volgens Parma en de transcraniële projectie volgens Schüller, worden tot de conventionele technieken gerekend. Het ortho-

Tabel I. Beeldvormend onderzoek.

Radiologische technieken
Röntgenologische technieken
Conventionele technieken
OPG
Parma (transpharyngeaal)
Schüller (transcraniël)
Geavanceerde technieken
Tomografie
Fluoroscopie/cine- en videofluoroscopie
Artrografie/artrotomografie/ artrofluoroscopie/cine- en videoartrofluoroscopie
Computertomografie (CT)
Andere radiologische technieken
Scintigrafie
Niet-radiologische technieken
Magnetische resonantie
Artroscopie

pantomogram (OPG) is vooral van belang voor de differentiële diagnostiek. Ook minder vaak toegepaste technieken, zoals de transorbitale opname en de voor-achterwaartse infracraniële opname bij geopende mond (volgens Towne), worden tot de conventionele technieken gerekend. Tomografische technieken (met uitzondering van het OPG), artrografie, computertomografie (CT), magnetic resonance imaging (MRI) en scintigrafie worden doorgaans tot de geavanceerde technieken gerekend.

De artroscopie neemt in het scala van diagnostische technieken van het kaakgewricht een bijzondere plaats in. Enerzijds is het een beeldvormende techniek, waarbij met het oog, foto- of videocamera beeldinformatie wordt verkregen en vastgelegd. Anderzijds kan het ook als een chirurgische techniek worden gezien, vergelijkbaar met een diagnostische exploratie, die tevens therapeutisch mogelijkheden biedt. Om deze redenen wordt de artroscopie in dit artikel niet primair onder de beeldvormende technieken geplaatst.

2.2 Technieken en hun principes

2.2.1 Panoramische projectie (orthopantomogram, OPG)

Aangezien op het OPG een groot deel van het maxillomandibulaire gebied, inclusief de kaakgewrichten, goed kan worden beoordeeld, is deze opname uitermate geschikt voor screening en differentiële diagnostiek. Fracturen, luxatie, ontwikkelingsstoornissen en verdenking op neoplasieën kan men met deze techniek op het spoor komen. Met de modernere typen apparaten kunnen de kaakgewrichten ook separaat worden afgebeeld.

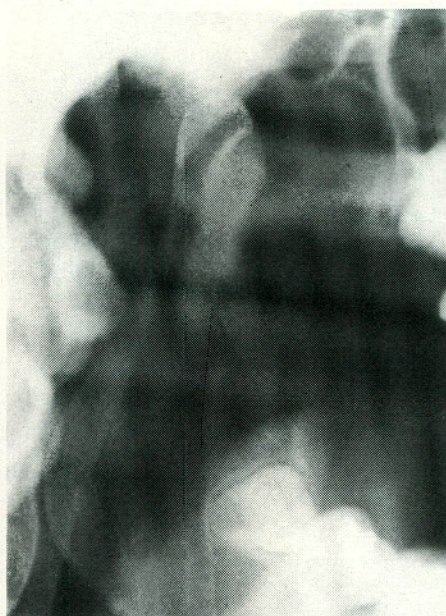
2.2.2 Transpharyngeale projectie (opname volgens Parma)

De patiënt zit rechtop met het Camperse vlak horizontaal. Tijdens de opname wordt de mond maximaal geopend gehouden. De focus-filmstand wordt voornamelijk bepaald door de breedte van het hoofd. De centrale straal treft de huid aan de zijde van de buis ongeveer ter hoogte van de hiatus semilunaris en wordt gericht op het kaakkopje aan de contralaterale zijde.

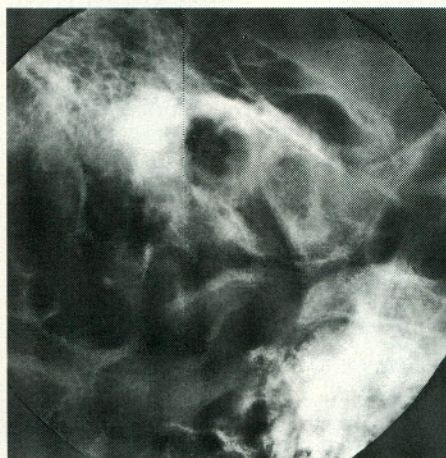
Deze opname geeft een uitstekende afbeelding van de kaakkop, de opstijgende tak en een deel van het zygogebied. De temporale gewrichtsstructuren worden echter onduidelijk afgebeeld (afb. 1).⁷

2.2.3 Transcraniële projectie (opname volgens Schüller)

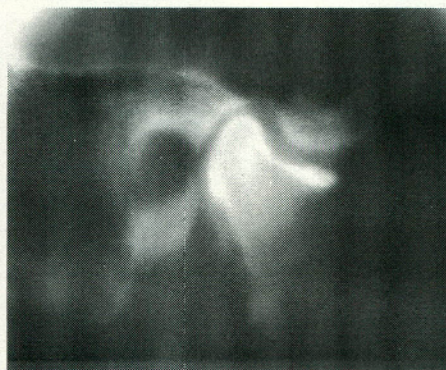
De patiënt zit rechtop met het Camperse vlak horizontaal. De opname wordt gemaakt met het gebit in habituele occlusie. De centrale straal treft de schedel schuin dorsaal boven de uitwendige gehoorgang



Afb. 1. Kaakgewrichtsopname volgens Parma.



Afb. 2. Kaakgewrichtsopname volgen Schüller.



Afb. 3. Artrotomogram van het kaakgewricht.

en wordt gericht op het contralaterale gewricht. Bij de projectie schuin van boven worden alleen de laterale delen van het gewricht in de juiste verhoudingen afgebeeld. Het mediale deel wordt op het collum geprojecteerd (afb. 2). Botpathologie, gelokaliseerd aan de mediale zijde en centraal op de kaakkop kan hierdoor worden

gemist.⁷ Voor het zichtbaar maken van de botdefecten is deze foto dus van beperkte waarde.⁸ De gewrichtsspleet representeert niet de ruimte die de discus inneemt, zoals nogal eens wordt gedacht. De enige methode om de gewrichtsspleet betrouwbaar te beoordelen is met behulp van tomografische technieken. Ondanks deze beperkingen levert de Schüller-opname belangrijke informatie, zoals een redelijk nauwkeurige weergave van de helling van het tuberculum, de ovale projectie van de kaakkop (informatie over de mediolaterale dimensie van het kaakkopje).

2.2.4 Tomografie

Voor een betrouwbare weergave van de onderlinge verhoudingen van de benige structuren in het kaakgewricht kan 'klassieke' tomografie worden toegepast. Bij de eenvoudigste vorm van tomografie bewegen röntgenbuis en film lineair en treedt de gewenste vervaging van niet af te beelden structuren slechts in één richting op. Beweging in meerdere richtingen (pluridirectionele tomografie) geeft een aanzienlijke verbetering van de beeldkwaliteit. Tomografie kan worden toegepast om de breedte van de gewrichtsspleet in de verschillende delen van het kaakgewricht te beoordelen. Zowel de kaakkop als de temporale delen van het gewricht worden betrouwbaar afgebeeld.

2.2.5 Fluoroscopie

Met behulp van de beeldversterker (fluoroscoop) is het mogelijk het röntgenbeeld van het kaakgewricht 'real-time' te bestuderen. Hiertoe wordt de röntgenbuis meestal zodanig ingesteld, dat een (gemodificeerde) Schüller-projectie wordt verkregen. In plaats van film wordt een fotomultiplicatiebuis als röntgendetector gebruikt. Het (analoge) elektronische beeld wordt vervolgens weergegeven op een monitor. Het onderzoek geeft inzicht in de verschillende componenten van het bewegingspatroon van het kaakgewricht, bijvoorbeeld de maximale translatie van de kaakkop op of over het tuberculum articulare. Fluoroscopie wordt meestal toegepast in combinatie met artrografie.

2.2.6 Artrografie

Met de toenemende belangstelling voor het functioneren van de discus articularis in relatie tot stoornissen van het mandibulaire bewegingsapparaat ontstond de behoefte aan beeldvorming van deze structuur. Hierin kon worden voorzien met artrografie. Hierbij wordt contrastvloeistof in een van de beide gewrichtskamers ingebracht. Uit de configuratie van de afbeelding van geïnjecteerde contrastvloeistof kunnen de positie en de vorm van de discus articularis worden afgeleid.⁹ Combinatie van de artrografische basistechniek met tomografie wordt artrotomografie genoemd (afb. 3).

2.2.7 Computertomografie (CT)

Bij CT is er, vergelijkbaar met tomografie, sprake van een beeldvormend systeem waarbij röntgenbron en -detector bewegen ten opzichte van een stilstaand object. Hierbij worden structuren in een van te voren gedefinieerd gebied (de 'sneede') scherp afgebeeld. Anders dan bij de klassieke tomografie zijn de röntgendetectoren bij CT elektronisch in plaats van film en wordt bij de verwerking van de gedetecteerde röntgenologische informatie computerondersteunde, mathematische beeldreconstructie toegepast. Vooral door de digitale aard van de beeldinformatie kan met behulp van CT zeer specifieke informatie worden verkregen. Wanneer meer opeenvolgende doorsneden worden gemaakt, kunnen hieruit met behulp van computertechnieken driedimensionele reconstructies worden gemaakt.

De conventionele technieken beperken zich tot het weergeven van contrast tussen kalkhoudende en niet-kalkhoudende structuren, terwijl met CT in principe ook het contrast in de weke delen kan worden weergegeven. Daarom werd CT in potentie geschikt geacht voor het afbeelden van de discus articularis van het kaakgewricht.^{10 11} Mede op basis van eigen onderzoek hebben wij CT als techniek voor beeldvorming van de discus echter verlaten.¹² De goede detailweergave en de mogelijkheid het kaakgewricht in meerdere vlakken af te beelden maken CT echter zeer geschikt voor het onderzoek van onder andere botveranderingen bij osteoarthrosis, postoperatieve afwijkingen, ankylose (afb. 4), intracapsulaire (cummutatieve) fracturen van de kaakkop, condylaire hyper- en hypoplasie, synoviale chondromatosis en kristalartropathieën. Ook neoplasieën in weke en benige delen in en om het kaakgewricht zijn een indicatie voor CT-onderzoek van het kaakgewricht.

2.2.8 Botscintigrafie

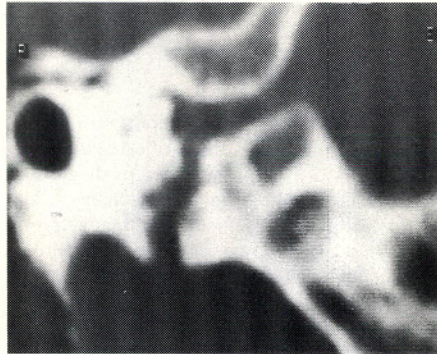
Bot(re-)activiteit kan worden beoordeeld met zogenaamde emissietechnieken. Botscintigrafie wordt uitgevoerd door een radio-isotoop intraveneus te injecteren en de resulterende emissie van gammastralen met een scintillatiecamera te detecteren. Dit levert een 'botscan' op die indicatief is voor botreactiviteit. Hiermee kunnen bijvoorbeeld actieve arthrosis als ook groeistoornissen worden aangetoond. Het is een zeer gevoelige methode ('remodelling'-activiteit wordt gedetecteerd), echter weinig specifiek ('remodelling' is niet te onderscheiden van degeneratieve veranderingen bij osteoarthrosis). Deze methode detecteert het bestaan van degeneratieve veranderingen reeds lang voordat zij op de röntgenfoto te zien zijn en kan in deze zin een belangrijk element (gaan) vormen bij de vroegtijdige diagnostiek.¹³

2.2.9 Kernspin-resonantietomografie (MRI)

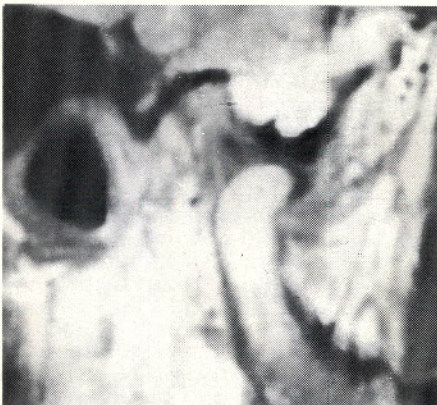
Voor het principe van MRI wordt verwezen naar de desbetreffende bijdrage elders in dit themanummer. De grote verdienste van MRI voor het onderzoek van het kaakgewricht is dat het, in tegenstelling tot röntgenologische technieken, voorziet in de behoefte de subtiele weke-delenstructuren in en om het kaakgewricht zichtbaar te maken. Hierdoor kunnen nu ook het articulaire oppervlak, de discus en het beenmerg worden beoordeeld. De techniek heeft bovendien het voordeel niet invasief te zijn en heeft derhalve de voorkeur boven artrografie voor het vaststellen van de discuspositie (afb. 5).¹⁴

2.3 Beeldvorming in de tandartspraktijk

Voor toepassing in de tandartspraktijk komen alleen eenvoudige opnametechnieken in aanmerking die niet tijdrovend zijn en waarmee voldoende informatie kan worden verkregen om een uitspraak te doen over de conditie van het gewricht. De waarschijnlijk relatief lage frequentie waarmee de tandarts-algemeen-practicus deze foto's



Afb. 4. Computertomogram van een patiënt met ankylose van het kaakgewricht. Uitgebreide botaanmaak in het dorsale deel van de fossa mandibularis, abnormale vorm en afmeting van de condylus.



Afb. 5. Magnetic resonance imaging (MRI) van het kaakgewricht. De discus articularis is fraai te zien.

in zijn praktijk zal maken, met de daaraan verbonden onervarenheid met het röntgenologische beeld van het kaakgewricht, pleiten tegen invoering van de kaakgewrichtsröntgenologie in de algemene praktijk. Een kosten-batenanalyse, waarin ook het aspect van de stralingsdosis moet worden meegewogen, zal vrijwel steeds negatief uitkomen. Als men niettemin toch over deze faciliteiten wil beschikken, lijkt het aangewezen hierover contact op te nemen met een afdeling (tandheelkundige) radiologie van een faculteit tandheelkunde of ziekenhuis met een afdeling Mondziekten en Kaakchirurgie.

3 Interpretatie van röntgenfoto's

3.1 Het gezonde gewricht

Een gezond kaakopje vertoont op de Parma-opname een glad, convex oppervlak. Men kan de corticalis (grenslamel) zonder onderbreking vervolgen. De spongiosa is homogeen, waarbij soms een radiaire structuur kan worden waargenomen. De opname volgens Schüller vertoont een langwerpig, ovaal beeld van de kaakkop. De corticalis is zonder onderbreking te vervolgen. Ook hier is de botstructuur homogeen. Het tuberculum articulare is convex en heeft een glad oppervlak. Bij vergelijking van linker en rechter kaakgewricht vertonen de kopjes hetzelfde morfologische en structurele beeld.

Bij maximaal geopende mond bereikt het kaakopje op de Parma-opname meestal de top van het tuberculum of gaat daar iets voorbij. De bewegelijkheid van linker en rechter kaakop is gelijk. Als de top niet wordt bereikt, is sprake van hypomobilititeit. Als de kaakop zeer ver naar voren komt en/of zich bovendien naar craniaal verplaatst, is sprake van hypermobilititeit.

Linker en rechter ramus mandibulae zijn gewoonlijk even lang. Ook de lengte van de ovale projectie van de kaakop is beiderzijds gelijk. Hetzelfde geldt gewoonlijk voor de positie van de kaakop in de fossa en de breedte van de röntgenologische gewrichtsspleet.

3.2 Degeneratieve veranderingen

Tot de belangrijkste veranderingen van de morfologie behoren:

- Aflakking van de kaakkop (Parma) en het tuberculum articulare (Schüller);
- Verkleining van de kaakkop in de richting van het tuberculum (Parma);
- Verkorting van de ovale projectie van de kaakop (Schüller);
- Verkorting van de opstijgende tak (Parma);
- Ontstaan van randhypertrofieën rond de kaakop (Parma, Schüller).

De meest voorkomende structurele veranderingen aan kaakkop en tuberculum articulare zijn onderbreking of verdwijning van de corticalis, inhomogeniteit van de spongiosa met vervaging of verdwijning van de trabeculaire structuur en sclerose. Soms zijn radiolucente ophelderingen (cysteuze veranderingen) te zien (Parma, Schüller).

Bij de interpretatie van de röntgenfoto moet men steeds bedenken, dat negatieve röntgenologische bevindingen niet betekenen dat er geen pathologische veranderingen zijn. In het *initiële* stadium van osteoarthrosis van het kaakgewricht wordt vooral de kraakbeenbekleding van de gewrichtsoveroppervlakken aangetast. Doorgaans ontbreken dan nog afwijkingen op de röntgenfoto. Pas als knappen van het gewricht reeds geruime tijd het voornaamste symptoom is, worden de eerste veranderingen op de röntgenfoto, meestal het duidelijkst op de Parma-opname, zichtbaar. Deze veranderingen blijven doorgaans beperkt tot een lichte afvlakking van de kaakkop en een minder duidelijk te vervolgen corticale begrenzing. Op den duur kan het oppervlakkige bot een lichte sclerose vertonen, waardoor de corticale begrenzing juist verbreed lijkt.

In het *intermediaire stadium*, wanneer de discus permanent is geluxeerd en de stoornis dus wordt gekenmerkt door blokkeringen, bewegingsbeperking en pijn, treedt vaak een duidelijke ombouwactiviteit in de kaakkop op, die relatief snel tot deformatie van het gewricht en derhalve tot duidelijk waarneembare afwijkingen op de röntgenfoto kan leiden. Deze ombouwactiviteit kenmerkt zich door het verdwijnen van de duidelijke trabeculaire structuur van de spongiosa, het optreden van subcorticale, radiolucente haarden en resorptie van de corticalis, waardoor het oppervlak onregelmatig wordt en een ruw aspect krijgt. Op de Schüller-opname zijn nu ook veranderingen te zien: verdwijning van de corticale begrenzing en vervaging van de contour. Deze veranderingen leiden in één tot twee jaar tot afvlakking van de kaakkop, verkorting van de ramus ascendens mandibulae (Parma-opname) en een verkorting van de ovale projectie van het kaakkopje (Schüller-opname).

Het *terminale stadium* kenmerkt zich door een consolidatie van de afwijkingen. De klachten verdwijnen vrijwel geheel, terwijl op de röntgenfoto niet-progressieve, vaak uitgebreide veranderingen te zien zijn. Het kaakkopje en (minder frequent) het tuberculum articulare zijn afgevlakt en hebben een glad, sclerotisch botoppervlak. De opstijgende tak is verkort, de kaakkop is verkleind in de richting van het tuberculum articulare (Parma) en de ovale projectie is dienovereenkomstig verkort (Schüller). De spongiosa is vaak heterogeen, de structuur is onduidelijk, vaak sclerotisch en

soms is een lucente opheldering te zien. Door perifere 'remodelling' kunnen zich randhypertrofieën vormen.

Een duidelijke verkorting van de opstijgende tak, zoals kan worden waargenomen op de Parma-opname en vaak ook op het OPG, heeft vaak asymmetrieën van het gelaat tot gevolg (differentieel-diagnostisch te onderscheiden van ontwikkelingsstoornissen) en kan dus ook klinisch worden geverifieerd. Deze asymmetrieën bestaan uit een niveaoverschil van de kaakhoeken ten opzichte van de interpupillaire lijn, een scheef verloop van het occlusievlak en de lipspleet en een kinpuntdeviatie naar de zijde van de verkorte ramus.

Als de afwijking op jeugdige leeftijd bestaat (osteoarthrosis juvenilis) vinden de beschreven degeneratieve veranderingen plaats tijdens de groeiperiode. Aan de aangedane zijde treedt daardoor een geringere lengtetoeename op dan aan de gezonde zijde. Kenmerkend zijn een sterke afvlakking, een progressieve verkorting van de opstijgende tak en dorsale verbuiging van kopje en collum.

4 Slot

In beperkte mate kan de tandarts-algemeen-practicus, vooral diegene die speciale interesse heeft in de diagnostiek en behandeling van kaakgewrichtsstoornissen, gebruik maken van de röntgenologische mogelijkheden die tegenwoordig beschikbaar zijn. Bij de interpretatie van de röntgenfoto van het kaakgewricht moet men zich steeds realiseren dat een röntgenologisch zichtbare verandering verschillende oorzaken kan hebben. Het kan een uiting zijn van een stoornis, maar ook van een anatomische variatie. Het is dan ook essentieel dat de uit het röntgenologisch onderzoek verkregen informatie in samenhang wordt gezien met het klinische beeld, oorzakelijke factoren en patiëntgebonden informatie. Een diagnose mag nooit op de röntgenfoto alleen worden gebaseerd. Ondanks de grotere mogelijkheden moet men in geval van twijfel niet nalaten de patiënt in te sturen voor advies of nadere diagnostiek met meer geavanceerde technieken, zoals CT, MRI en arthroscopie.

Summary

DIAGNOSTIC IMAGING OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT

Key words: Dental radiography – Temporomandibular joint

Diagnostic imaging plays an important role in the diagnosis of disorders of the masticatory system. The most frequent disorders are osteoarthrosis and internal derangements. The clinical diagnosis of these disorders may be confirmed by diagnostic imaging. In addition, diagnostic imaging contributes to the staging of the degenerative changes. Techniques for examination of the temporomandibular joint, including conventional (panoramic, transpharyngeal, transcranial) as well as more sophisticated techniques (tomography, fluoroscopy, arthrography, computed tomography, scintigraphy and magnetic resonance imaging) are briefly described. The interpretation of the radiological image of the joint in health and when affected by osteoarthrosis and internal derangement is presented.

Literatuur

- STEGENGA B, DE BONT LGM, BOERING G. Kaakgewrichtsstoornissen. Deel II. Diagnostiek en behandelstrategie. Ned Tijdschr Tandheelkd 1989; 96: 501-6.
- DE BONT LGM, STEGENGA B, BOERING G. Kaakgewrichtsstoornissen. Deel I. Gedachtenontwikkeling en classificatie. Ned Tijdschr Tandheelkd 1989; 96: 496-500.
- STEGENGA B, DE BONT LGM, BOERING G. A proposed classification of temporomandibular disorders based on synovial joint pathology. Cranio 1989; 7: 107-18.
- DE BONT LGM. Temporomandibular joint. Articular cartilage structure and function. Groningen: rijksuniversiteit, 1985. Academisch proefschrift.
- STEGENGA B, DE BONT LGM, BOERING G, VAN WILLIGEN JD. Tissue responses to degenerative changes in the temporomandibular joint. J Oral Maxillofac Surg 1991; 49: 1079-88.
- DE BONT LGM, BLANKESTIJN J, VAN DER KUIJL B, BOERING G. De rol van de discus articularis bij kaakgewrichtsklachten. Ned Tijdschr Tandheelkd 1986; 93: 345-50.
- ECKERDAHL O, LUNDBERG M. The structural situation in temporomandibular joints: A comparison between conventional oblique transcranial radiographs, tomograms, and histologic sections. Dentomaxillofac Radiol 1979; 8: 42.
- GONCALVES N, MILLER AM, YALE SH, ROSENBERG HM, HAUPTFUEHER JD. Radiographic evaluation of defects created in mandibular condyles. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1974; 38: 475-89.
- BLANKESTIJN J, DE BONT LGM, VAN DER KUIJL B, BOERING G. Arthrografie van het kaakgewricht. Ned Tijdschr Tandheelkd 1985; 92: 311-6.
- VAN DER KUIJL B, VENCKEN LM, DE BONT LGM, BOERING G. Computertomografie van het kaakgewricht. Ned Tijdschr Tandheelkd 1986; 93: 436-8.
- VAN DER KUIJL B, VENCKEN LM, DE BONT LGM, BOERING G. Temporomandibular joint computed tomography: development of a direct sagittal technique. J Prosthet Dent 1990; 64: 709-15.
- VAN DER KUIJL B, VENCKEN LM, DE BONT LGM, BOERING G. Temporomandibular joint direct sagittal computed tomography: evaluation of image-processing modalities. J Prosthet Dent 1990; 64: 589-95.
- KELLER DC, CUSUMANO JV, JACKSON RF, COOK MA. Quantitative radionuclide scanning of the temporomandibular joint. An initial study. Cranio 1987; 5: 152-6.
- KERSTENS HC, TREU EB. Kernspinscintigrafie van het kaakgewricht. Ned Tijdschr Tandheelkd 1987; 94: 270-2.