

VI. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

In deze studie bestudeerde ik de waarde van een echo-gradient MR sekwentie, namelijk een drie-dimensionele Fourier transformatie - Constructive Interference in steady state (3DFT-CISS) sekwentie, bij het in beeld brengen van kleine anatomische structuren van het binnenoor en de brughoek. Ik veranderde enkele van de parameters van deze "verlaten - niet meer gebruikte" sekwentie zodat deze sekwentie meer geschikt zou worden voor het onderzoek van het binnenoor. De resultaten werden veel belovend en ik begon deze sekwentie routinematig te gebruiken. Later werd in samenwerking met Dr. M. Deimling (Medical Engineering Group Siemens A.G., Erlangen, Germany) meer fundamenteel aan de sekwentie gesleuteld en dit resulteerde in 0.7 mm dunne hoge resolutie beelden van het binnenoor. Ook werd de waarde van verschillende MR sekwenties, met inbegrip van de 3DFT-CISS sekwentie, vergeleken bij het opsporen van brughoek en binnenoor pathologie.

1. Anatomie

In een studie van 100 normale rotsbeenderen was de 3DFT-CISS sekwentie 100% betrouwbaar bij het visualiseren van het membraneuze labyrint en zelfs de vier zenuwen in de inwendige gehoorgang konden bijna steeds van elkaar worden onderscheiden met deze techniek. De vasculaire loop kan op de CISS beelden steeds worden herkend in de brughoek, tegenaan de porus acusticus of binnen de inwendige gehoorgang en de verhouding met de nervus facialis en vestibulocochlearis kan eveneens worden beoordeeld. De 3DFT-CISS sekwentie laat een gedetailleerde studie van het binnenoor toe dankzij de 1 mm dunne hoge resolutie beelden die met deze sekwentie worden bekomen en die bovendien nog een goed contrastonderscheid toelaten tussen vocht (cerebrospinaal vocht en intralabyrinthair vocht), zenuwen en bot. De nieuwste versie van de 3DFT-CISS sekwentie laat zelfs toe beelden te bekomen met een dikte van 0.7 mm en met een resolutie van 0.39×0.39 mm. De scala vestibuli en scala tympani kunnen op deze beelden van elkaar worden onderscheiden. De resultaten bewijzen dat de 3DFT-CISS techniek zeer betrouwbaar is voor het in beeld brengen van de fijne anatomie van het binnenoor en de brughoek. Enkel de visualisatie van de ductus endolymphaticus is minder betrouwbaar.

2. MR Sekwenties Gebruikt bij de Studie van het Binnenoor

Spontane hyperintensiteiten in het binnenoor kunnen enkel van contrastaankeuringen worden onderscheiden indien men ook over T1-gewogen beelden zonder contrast-

toediening beschikt. Spontane hyperintensiteiten kunnen binnen het membraanuze labyrinth worden gevonden wanneer een subacute bloeding (trauma, vasculitis), een verhoogd proteïnegehalte in het intralabyrinthaire vocht (wordt beschreven in aanwezigheid van schwannoma's) of een tumor (schwannoma, cholesterol granuloma, lipoma) aanwezig is binnen de cochlea of het vestibulum.

T1-gewogen beelden na toediening van gadolinium zijn de meest gevoelige beelden voor het opsporen van letsels in de brughoek en inwendige gehoorgang en zijn ook in staat om intralabyrinthaire pathologie te detecteren. Neuritis en labyrinthitis kunnen bijvoorbeeld enkel na toediening van contraststof worden herkend. De lijst van mogelijke oorzaken van kontrastaankleuring binnen het membraanuze labyrinth wordt langer naarmate grotere groepen patiënten werden onderzocht. De meest frekwent gevonden oorzaken voor deze aankleuringen zijn tot nog toe virale, bacteriële of autoimmune labyrinthitis, vasculitis, trauma (posttraumatische perilymfatische fistels) en binnenoorchirurgie. Maar ook aankleuringen in het benign labyrinth kunnen worden herkend. Het is dan ook van belang om membraanuze labyrinthaankeuringen te onderscheiden van pericochleaire en perivestibulaire aankleuringen (kan worden gezien in geval van otospongiose, fibreuse dysplasie etc.) binnen het benige labyrinth.

De **3DFT-CISS sekwentie** maakt het mogelijk om zeer dunne kontrastrijke beelden te maken, waarop het intralabyrinthaire vocht een hoog signaal heeft. Op deze dunne beelden kunnen kleine letsels langs de zenuwen in de inwendige gehoorgang en malformaties van het membraanuze labyrinth worden gedetecteerd. Bovendien is deze sekwentie zeer sensitief voor het opsporen van verkalkte of niet verkalkte (weke delen) obliteraties van de intralabyrinthaire met vocht gevulde ruimten. In deze gevallen wordt het hoge signaal van het vocht vervangen door laag signaal weefsel. Maar enkel een bijkomend CT-onderzoek kan bewijzen of het om een gecalcificeerde of om een weke delen obliteratie gaat. Normale bevindingen op CT wijzen erop dat de laag signaal zone binnen het membraanuze labyrinth, zichtbaar op de 3DFT-CISS beelden, te wijten is aan een weke delen obliteratie. De 3DFT-CISS beelden laten ook toe om drie-dimensionele reconstructies van het membraanuze labyrinth te maken waarop intralabyrinthaire letsels en obliteraties vanuit alle mogelijke hoeken kunnen worden opgespoord.

De **T2-gewogen beelden** zijn minder belangrijk maar helpen soms bij de weefseltypering van de letsels alhoewel T1 beelden zonder en met contrasttoediening en 3DFT-CISS beelden vaak reeds volstaan om de juiste diagnose te stellen. De reden waarom men toch nog T2-gewogen beelden gebruikt is dat ze de meest sensitieve beelden zijn voor het opsporen van letsels in de hersenstam en de kleine hersenen, en deze letsels zijn vaak een potentiële verklaring voor de perceptiedoofheid of vertigo van de patiënten.

In uitzonderlijke gevallen wordt een **3DFT-FISP "time of flight" sekwentie** aangewend ter differentiatie van bloedvaten en weke delen letsels in de brughoek en inwendige gehoorgang. Dezelfde sekwentie kan ook gebruikt worden om de verhouding van bloedvaten en craniale zenuwen te beoordelen doch dit kan ook beoordeeld worden op de CISS beelden.

3. De Waarde van de Verschillende MR Sekwenties bij de Studie van Binnenoorletsels

De meest frekwente letsels die men vindt op MR bij patiënten met perceptiedoofheid en/of vertigo zijn **acousticus schwannoma's** van de brughoek of inwendige gehoorgang. De T1-gewogen beelden na toediening van contraststof zijn de meest sensitieve beelden voor het opsporen van acousticus schwannoma's en zelfs kleine intracanalculaire schwannoma's kunnen op deze beelden worden herkend. Maar de 3DFT-CISS beelden kunnen belangrijke bijkomende informatie verschaffen. Op deze dunne beelden kunnen de afmetingen van de tumor exacter worden gemeten en gevolgd. Erosies van de porus en wanden van de inwendige gehoorgang kunnen ook worden beoordeeld waardoor een bijkomend CT onderzoek vermeden wordt. In geval van kleine intracanalculaire schwannoma's kan men op de CISS beelden zelfs zien op welke zenuw de tumor zich bevindt. Een van de grootste voordelen van de CISS beelden is dat men kan zien of er zich nog cerebrospinaal vocht bevindt tussen de tumor en de fundus van de inwendige gehoorgang (dit vocht kan op de CISS beelden worden herkend terwijl de T2-gewogen beelden geen vocht aantonen). Het gehoor en de endo- en perilymfe binnen de cochlea kunnen slechts worden bewaard wanneer nog vocht aanwezig is tussen de tumor en de fundus van de inwendige gehoorgang. Dit kan de chirurgische toegangsweg beïnvloeden, een fossa posterior toegang wordt gekozen als men poogt het gehoor te bewaren, een toegang doorheen het binnenoor wordt gekozen als men geen kans meer heeft om het gehoor te bewaren.

Zoals reeds vermeld werd kan **neuritis**, in de meeste gevallen neuritis van de nervus facialis, enkel op T1-gewogen beelden na toediening van contraststof worden herkend. Maar bijkomende 3DFT-CISS beelden zijn vaak nodig om met zekerheid neuritis van een van de vier zenuwen diep in de inwendige gehoorgang te onderscheiden van een klein schwannoma. In geval van neuritis tonen de CISS beelden een normale zenuw doch indien het om een schwannoma gaat kan een kleine nodule op het verloop van de zenuw worden gezien.

Schwannomas en neuritis van het ganglion geniculi, het horizontaal segment en verticaal segment van de nervus facialis kunnen best worden herkend op T1-gewogen beelden na toediening van contraststof. De 3DFT-CISS beelden kunnen enkel bijkomende informatie verschaffen wanneer het om grote schwannomas gaat waarbij aantasting van het membraanuze labyrinth wordt vermoed.

Acute **labyrinthitis** kan ook alleen op T1-gewogen beelden na contraststof toediening worden opgespoord. Op deze beelden kan evenwel geen onderscheid worden gemaakt met aankleurende schwannomas of tumoren, alhoewel aantasting van meer dan één intralabyrinthair kompartiment (cochlea en vestibulum) en onscherpe randen van de aankleurende zone reeds suggestief zijn voor labyrinthitis. Een discrete spontane intralabyrinthaire hyperintensiteit op de T1-gewogen beelden zonder contraststof toediening ondersteunt eerder de diagnose van een schwannoma of tumor. Onmiddellijke differentiatie van beide letsels is enkel mogelijk op de 3DFT-CISS beelden. In geval van labyrinthitis kan normaal hoog signaal vocht binnen het membraanuze labyrinth worden gezien, doch in geval van schwannoma of tumor wordt het hoog signaal vocht vervangen door de tumor en ziet men op deze plaats een laag signaal zone.

Weke delen obliteratie van de intralabyrinthaire met vocht gevulde ruimten is de tweede frekwentste pathologie die met MR wordt gevonden bij patiënten met perceptiedoofheid en/of vertigo. Dergelijke obliteraties worden gezien na trauma, in patiënten met Cogan's syndroom en in geval van intralabyrinthaire tumoren (zie boven) doch de meest frekwente oorzaken zijn heelkundig ingrijpen in en rond het membraneuze labyrint en labyrinthitis of meningitis. Deze weke delen obliteraties zijn veel frekwenter dan de "eindstadium" verkalkte obliteraties (zichtbaar op CT) en kunnen enkel op de 3DFT-CISS beelden worden gedetecteerd. Tot nog toe werd de combinatie van weke delen obliteratie, zichtbaar op de CISS beelden, en aankleuring van deze weke delen op de T1-gewogen beelden na toediening van gadolinium gezien bij intralabyrinthaire tumoren, bij recent geopereerde patiënten en in één patiënt met Cogan's syndroom (veronderstelde vasculitis). Differentiatie met minder frekwente gecalcificeerde obliteraties (chronische labyrinthitis of labyrinthitis ossificans) of congenitale vernauwingen van het membraneuze labyrint is enkel mogelijk wanneer een bijkomend CT onderzoek van het binnenoor wordt uitgevoerd.

Bot en weke delen tumoren kunnen in het membraneuze labyrint groeien of er compressie op uitoefenen. Weefseltypering van deze tumoren is meestal mogelijk op de T1-gewogen beelden voor en na contrasttoediening, T2-gewogen beelden kunnen slechts zelden bijkomende informatie bieden. De vernauwing van de intralabyrinthaire met vocht gevulde ruimten door tumorale compressie of de obliteratie van deze ruimten door tumorale invasie kan enkel op een betrouwbare wijze worden herkend op de 3DFT-CISS beelden. Kleine fistels tussen tumoren en het membraneuze labyrint kunnen eveneens slechts op 1 mm dunne hoge resolutie beelden worden aangetoond.

Congenitale malformaties zijn de derde meest frekwent gevonden letsels op MR bij patiënten met perceptiedoofheid en/of vertigo. Het klinisch beeld van een congenitale binnenoormalformatie lijkt vaak op het klinisch beeld dat wordt gevonden bij een schwannoma. Daarom vragen de clinici vaak een MR als eerste onderzoek aan in plaats van een CT (een CT wordt in eerste instantie aangevraagd wanneer klinisch een congenitale binnenoormalformatie wordt vermoed). Een verbrede endolymfatische ductus en saccus en een kystisch lateraal semicirculair kanaal waren de twee frekwentste malformaties die op MR werden gevonden. Deze toevallig gevonden letsels zijn moeilijk herkenbaar op routine T1- en T2-gewogen beelden en kunnen enkel op een betrouwbare wijze worden aangetoond op 3DFT-CISS beelden. Daarom is het gebruik van de CISS sekwentie of een vergelijkbare sekwentie noodzakelijk wanneer MR de enige techniek is die gebruikt wordt bij de studie van patiënten met perceptiedoofheid en/of vertigo. Bovendien bieden multiplanaire en driedimensionale reconstructies bijkomende informatie bij de studie van deze letsels. Wanneer men tenslotte overweegt om een cochleair implantaat te plaatsen kunnen enkel de CISS beelden aantonen of de cochlea vrij is (vocht bevat) en of er een nervus cochlearis met een normale diameter aanwezig is.

De 1 mm dunne 3DFT-CISS (wit vocht, grijze zenuwen, zwarte bloedvaten) en 3DFT-FISP beelden (wit stromend bloed, grijze zenuwen, zwart vocht) bleken de beste beeldvormende technieken te zijn bij het opsporen van **vasculaire compressies** op de nervus vestibulocochlearis en facialis, bij patiënten met perceptiedoofheid, vertigo of facialis paralysie. Alle andere beeldvormende technieken, angiographie, CT en routine MR sekwenties inbegrepen, zijn niet in staat om compressie op deze zenuwen door tortueuze of abnormale bloedvaten aan te tonen.

4. De Waarde van MR en in het bijzonder de 3DFT-CISS Techniek bij het Onderzoek van Patiënten met Welbepaalde Klinische Tekens en Symptomen

MR kan meer letsels aantonen bij patiënten met **vertigo en/of afwijkende vestibulaire testen** dan alle andere radiologische technieken. In onze studie werd pathologie, mogelijks de vertigo verklarend, gevonden in 32% van de patiënten. Meest frekwent werden letsels in het membraneuze labyrint gevonden (44%) en de meeste van deze letsels (weke delen obliteraties van de endo/perilymfatische ruimten) konden enkel op de CISS beelden worden gezien. Bij 28% van de patiënten werden de letsels binnen de inwendige gehoorgang gevonden en waren best zichtbaar op de T1-gewogen beelden na contraststof injectie. Eveneens bij 28% van de patiënten werden de letsels in de fossa posterior gevonden en hier waren de T2-gewogen beelden de meest sensitieve beelden bij het detecteren van vertebrobasilaire ischemische letsels. Wanneer een vasculaire compressie van de nervus vestibulocochlearis werd vermoed waren CISS beelden en/of FISP-vasculaire beelden noodzakelijk voor het aantonen van de relatie tussen zenuwen en bloedvaten.

De histologisch beschreven weke delen en osseuse obliteraties in de intralabyrinthaire met vocht gevulde ruimten bij patiënten met **Cogan's syndroom** kunnen worden herkend op CT en MR. De weke delen obliteraties blijken evenwel veel meer voor te komen en kunnen enkel herkend worden op de CISS beelden. Bovendien bestaat een goede correlatie tussen de klinische bevindingen en de obliteraties van het vestibulum en de semicirculaire kanalen. Maar bij twee van de zes patiënten kwam het MR beeld van de cochlea niet overeen met het klinisch beeld. Tenslotte werd bij één patiënt een aankleuring van het membraneuze labyrint gezien, hetgeen vermoedelijk wijst op een opstoot van de ziekte (vasculitis).

Aankleuring van het membraneuze labyrint op de T1-gewogen beelden na contraststof toediening werd reeds beschreven tijdens de acute fase van plotse doofheid en vertigo. De 3DFT-CISS beelden konden evenwel geen irreversiebele sekwellen binnen het membraneuze labyrint (obliteraties) aantonen bij patiënten met **idiopatische plotse perceptiedoofheid** en deze bevinding ondersteunt de virale pathogenese van idiopatische plotse perceptiedoofheid.

De 3DFT-CISS beelden kunnen rechtstreeks de endolymfatische ductus en saccus aantonen en bevestigen de CT bevindingen (visualisatie van de vestibulaire aqueductus) bij patiënten met de **ziekte van Ménière**. De endolymfatische ductus en saccus zijn beduidend nauwer bij patiënten met de ziekte van Ménière dan bij de normale populatie. Bovendien is er ook geen significant verschil in de afmetingen van de ductus en saccus van het pathologische en het normale (andere kant) binnenoor. Hieruit kunnen we besluiten dat MR tot op heden geen bijkomende informatie biedt bij patiënten met de ziekte van Ménière in vergelijking met CT.

MR en in het bijzonder T1-gewogen beelden na contraststof toediening en 3DFT-CISS beelden van het binnenoor en de brughoek maakten het mogelijk om letsels aan te tonen die tot nog toe met andere technieken niet konden worden gevisualiseerd. Hierdoor bekomt de clinicus bij veel meer patiënten dan voorheen een verklaring voor hun symptomen (vaak

perceptiedoofheid en/of vertigo). Bovendien kunnen de MR bevindingen de therapie beïnvloeden: extensie van schwannomas tot aan de fundus of niet, visualisatie van tumorale invasie in het membraneuze labyrint, differentiatie tussen neuritis of labyrinthitis enerzijds en schwannoma anderzijds, preoperatieve beoordeling van de cochlea en nervus cochlearis bij cochleaire implant kandidaten etc. In andere gevallen kan MR de pathologie aantonen en helpt de symptomen van de patiënt verklaren, maar de patiënt kan niet worden geholpen, zoals in de gevallen waarbij obliteraties worden gevonden in de endo/perilymphatische ruimten. Dit kan de indruk wekken dat deze MR bevindingen geen klinische consequenties hebben. Men mag evenwel niet vergeten dat men een patiënt kan geruststellen wanneer men een verklaring vindt voor zijn symptomen en dat hij dan niet langer de ene specialist na de andere gaat opzoeken en ook niet langer zal blootgesteld worden aan verschillende en soms invasieve diagnostische procedures (zoals selectieve angiografie). Bovendien kunnen sommige van deze nieuwe bevindingen op MR misschien klinici en chirurgen aanzetten tot het ontwikkelen van nieuwe behandelingen.

5. Conclusie

MR werd de meest geschikte techniek voor het onderzoek van het normale en pathologische binnenoor. Geen enkele andere radiologische techniek is in staat om zoveel pathologie te detecteren bij patiënten met perceptiedoofheid en/of vertigo. Maar het succes van de MR-techniek hangt af van de sekwenties die worden gekozen. T1-gewogen beelden à blanc en in het bijzonder T1-gewogen beelden na contrastinjectie en goede gradiënt-echo beelden (3DFT-CISS) zijn noodzakelijk om alle pathologie te herkennen. Daarom moeten deze drie MR sekwenties behoren tot het routine onderzoek van het binnenoor.

Aanvullende T2-gewogen beelden zijn niet echt nodig bij het onderzoek van het binnenoor en de brughoek, maar ze kunnen wel letsels in de hersenstam of de kleine hersenen aantonen die eventueel de perceptiedoofheid en/of vertigo van de patient kunnen verklaren.

Tenslotte hopen we dat nieuwe sekwenties ons in staat zullen stellen nog dunnere beelden met nog hogere resolutie te bekomen en dat deze beelden ons nog beter de anatomie en de pathologie van het binnenoor zullen tonen. Dit zou kunnen leiden tot een beter inzicht in de pathogenese van binnenoor pathologie en een verfijnen van de diagnostische en therapeutische mogelijkheden bij patiënten met perceptiedoofheid en/of vertigo.