

主論文の要旨

Establishing Normal Diameter Range of the Cochlear and Facial Nerves with 3D-CISSL at 3T

3T MRI で 3D-CISSL を用いた
蝸牛神経径および顔面神経径の正常範囲の確立

名古屋大学大学院医学系研究科 分子総合医学専攻
高次医用科学講座 量子医学分野

(指導 : 長繩 慎二 教授)

中道 玲瑛

【緒言】

感音性難聴や顔面神経麻痺など、様々な病態により神経は腫大したり萎縮したりする。蝸牛神経においては、神経径を 3-dimensional constructive interference in steady state (3D-CISSL) を用いて聴力正常の人と聴力障害者とで比較した報告が複数存在する。3D-CISSL は T2/T1 コントラストを反映しており、脳脊髄液腔や内耳腔の解剖学的評価に有用で、臨床的にも広く用いられている MRI 撮像シーケンスである。この 3D-CISSL を用いた評価方法は、内耳道内を蝸牛神経と並走している顔面神経の評価にも適用できると考えられる。蝸牛神経と顔面神経に関する疾患の病態を明らかにしたり診断をより強固なものにしたりするためには、3D-CISSL での正常神経径を確立することが有用であろう。我々の知る限りでは 3T MRI で 3D-CISSL を用いて蝸牛神経と顔面神経の正常神経径を共に測定した報告はない。そこで本研究の目的は、3T MRI で 3D-CISSL を用いて蝸牛神経と顔面神経の正常神経径を示すこととした。

【対象及び方法】

対象

当院で 2008 年 6 月～2011 年 3 月に 3T MRI 装置(Magnetom Trio; Siemens AG, Erlangen, Germany)および 32ch 頭部コイルで 3D-CISSL を用いて撮像された内耳 MR 画像をレトロスペクティブに分析した。対象となったのは 172 の耳(142 人の患者)である。患者背景は Table 1 に示した。聴力障害のある耳、同側の顔面神経麻痺のある耳は除外した。MRI 検査の 3 ヶ月以内に行われた純音聴力検査(pure-tone audiometry; PTA) 6 分法(250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz)平均が 25 dB 未満であるものを聴力正常とした。

MRI プロトコル(3D-CISSL パラメータ)

repetition time (TR), 6.4 ms; echo time (TE), 3.2 ms; flip angle, 50° ; matrix size, 256 × 256; 128 axial, 0.4-mm-thick sections; field of view (FOV), 140 × 140 mm; voxel size, 0.5 × 0.5 × 0.4 mm; number of excitations (NEX), 1; scan time, 5 min 8 s; and readout bandwidth, 543 Hz/pixel.

ファントム実験

3D-CISSL 横断像から再構成した画像での測定値の信頼性を評価するため、脳神経ファントムを作成し予備実験を行った(Fig. 1A)。異なる径の 12 本のナイロン製釣り糸(平均径: 0.520, 0.620, 0.700, 0.810, 0.910, 1.050, 1.170, 1.280, 1.480, 1.570, 1.810, 2.030 mm)を神経の代わりとして用いた。内耳臨床 MR 画像と同一の条件でファントムの 3D-CISSL 横断像を撮像し、この横断像から釣り糸に直行する 0.5mm 厚の矢状断像を再構成した(Fig. 1B)。矢状断像で 2 名の放射線科医がそれぞれ釣り糸の中央における長径(long diameter; LD)と短径(short diameter; SD)を測定し、cross-sectional area (CSA; CSA = $\pi [LD/2][SD/2]$)を算出した。

内耳臨床 MR 画像の評価

まず 1 名の放射線科医が、内耳神経が橋に入る部分と蝸牛軸とを結ぶ直線を描いた

(Fig. 2A)。そしてこの直線に直行する 0.5mm 厚の傍矢状断像をそれぞれの耳について再構成し、保存した。数日後、患者情報を伏せられている 2 名の放射線科医がそれぞれファントム実験と同じ方法で傍矢状断像での蝸牛神経と顔面神経の LD と SD を測定した(Fig. 2B)。測定は傍矢状断像において内耳道内で蝸牛神経と顔面神経の輪郭が同定できるスライスのうち、内耳道底に最も近いスライスで行った。CSA もそれぞれの神経について計算した。

統計的分析

ファントム実験において、釣り糸の実際の平均径から算出した CSA と再構成した矢状断 MR 画像での CSA 測定値との相関を、それぞれの測定者についてピアソン積率相関係数を用いて評価した。矢状断 MR 画像での CSA 測定値における測定者間の相関もピアソン積率相関係数を用いて評価した。

内耳臨床 MR 画像の評価において、それぞれの神経の LD、SD、CSA について 2 名の平均を算出し、測定者間の相関をそれぞれピアソン積率相関係数を用いて評価した。また、性別と神経径の相関について 2 元配置分散分析(two-way ANOVA)を用いて評価し、年齢と神経径の相関をピアソンの積率相関係数を用いて評価した。

P 値が 0.05 未満を統計学的有意とした。

【結果】

ファントム実験において、釣り糸の実際の平均径から算出された CSA と再構成した矢状断 MR 画像での CSA 測定値との間には測定者によらず良好な相関が得られた (r on observer A, 0.974, $P<0.001$, Fig. 3A; r on observer B, 0.987, $P<0.001$, Fig. 3B)。再構成した矢状断像で計測された CSA についての測定者間の相関も良好であった ($r=0.967$, $P<0.001$, Fig. 3C)。

蝸牛神経では 172 のうち 157 の耳で(91%)、顔面神経では 172 のうち 165 の耳で(96%)、2 名の測定者が共に神経径を測定可能であった。その他の耳ではモーションアーティファクトや神経が内耳道壁に接していたことにより神経径が測定できなかった。

測定者ごとの測定値、2 名の測定値の間の相関および 2 名の測定値の平均は Table 2 と Table 3 に示した。すべての測定値で、測定者間のよい相関が得られた ($r = 0.569-0.691$, $P<0.01$)。

性別および年齢と神経径との相関は Table 4 に示した。顔面神経の CSA は男性で有意に大きかった(男性: 0.88 ± 0.32 , 女性: 0.81 ± 0.29 ; $P<0.05$)。2 つの神経のその他の測定値についても男性でより大きな傾向があったが、有意差はなかった。年齢と神経径との相関は認められなかった。

【考察】

3T MRI での 3D-CISSL における蝸牛神経および顔面神経の正常径を示した。2 名の放射線科医の測定において測定者間の高い信頼性が認められた。さらに、ファントム実験で実際の CSA 平均値と再構成された矢状断 MR 画像で測定された CSA 値との間

に高い相関が得られた。

3D-CISSL は臨床的に広く用いられているため、3D-CISSL を用いた蝸牛神経や顔面神経の計測は多くの施設で可能であろう。さらに、非造影 3D-CISSL での神経径計測はガドリニウム造影剤を必要としないため、たとえアレルギーや腎不全のある患者であっても、腎性全身性線維症のリスクなしに蝸牛神経や顔面神経の評価を行うことが可能である。

特定の病態における神経の腫大や萎縮を評価するためには、正常径と比較することが重要である。顔面神経麻痺のある患者で、病理所見や術中所見で顔面神経に腫脹が見られたとする報告は複数存在する。また、聴力正常の人と言語習得後に聴力障害になった人との間で 3D-CISSL を用いて計測した蝸牛神経の CSA に有意差があったとする報告も存在する。我々の示した蝸牛神経および顔面神経の正常径は、3T MRI で 3D-CISSL を用いて神経径を検討する際の基準となりうる。

顔面神経の CSA を除き有意差は見られなかったものの、蝸牛神経および顔面神経の正常径は男性でより大きな傾向を示した。また、両神経に年齢との相関は見られなかった。これらは、蝸牛高に年齢との相関はなく、女性と比し男性でわずかに大きかったとする報告と合致する結果である。

過去の病理組織学的な研究では、聴力正常者における蝸牛神経の最大径は 1.04 ± 0.11 mm と報告されており、これは本研究の蝸牛神経平均長径(1.35 ± 0.16 mm)と比較わずかに小さい。蝸牛神経の固定に伴う脱水が原因かもしれない。

本研究の limitation として、解像度が $0.5 \times 0.5 \times 0.4$ mm の 3D-CISSL 画像から再構成した傍矢状断 MR 画像を用いて測定を行なっていること、聴力正常で同側に顔面神経麻痺のない耳を対象としているが、必ずしも健常ボランティアではないこと、男女比に偏りがあることが挙げられる。

【結論】

3T MRI での 3D-CISSL における蝸牛神経径および顔面神経径の正常値を示した。これらの結果は 3D-CISSL を用いた蝸牛神経および顔面神経の病態生理学的な研究を進める上で有用であると考える。