氏　　名	堀田　道憲
授与した学位	博　士
専攻分野の名称	歯　学
学位授与番号	博甲第６７０５号
学位授与の日付	令和４年９月２２日
学位授与の要件	医歯薬学総合研究科病態制御科学専攻 （学位規則第４条第１項該当）
学位論文の題目	小児期における三次元 MRI 画像を用いたセファロ分析の研究
論文審査委員	柳　文修　教授　　井澤　俊　准教授　　河津　俊幸　准教授

学位論文内容の要旨

【緒言】

近年，矯正歯科分野においてデジタル技術が急速に進み，新たな診断基準として普及してきている．口腔内スキャナーや三次元コンピュータ断層撮影法（3DCT）と，その分析ツールは，患者の成長や形態的変化を伴う矯正歯科治療においても画期的な貢献をもたらしている．しかし，3DCT を含めたエックス線検査では被験者への放射線被曝の健康問題があり，近年では従前と比較して単純撮影でさえエックス線撮影機会を減ずる方向に進みつつある．

そこで放射線被曝のリスクが無い MRI に着目し、この検査を利用した顔面骨分析の応用の可能性を検討してきたところ、ＭＲＩでは描出が困難な計測点が見られてきたが、画像の構築の際、軟組織での輪郭を強調する方法を導入するなどの対応により、計測値の精度向上が図られ、顔面骨格形態の評価への応用が可能となった．

しかし，小児期では，顎骨の石灰化に幼弱な面があると考えられるため，成人と同様に臨床的に活用しうるか否かは明らではない．そこで本研究では，安全面を重視した小児期における矯正歯科で，MRI から得られた硬組織の形態評価と，その問題点を明らかとし，セファロ測定点の描出手法の安定的な確立，ならびにその精度について検討を行ったため報告する．

【材料と方法】

研究は，矯正歯科治療を行っている日本人の小児患者 10 名（男性 4 名，女性 6 名）の平均 8 歳 2 カ月時，及び平均 11 歳 1 カ月児時に撮影された画像を対象に行った．**MRI** の撮影には岡山大学病院が所有する 1.5T Magnetom Vision.（シーメンス社，ドイツ）を用い，患者の体位は水平位とし，頭位はフランクフルト平面と水平面が垂直になるように設定した．咬合位は咬頭嵌合位としてメーカー規定に従って撮影を行った. コイルはHeadNeck－coil, シーケンスはMP-RAGE（Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo）を使用し，矢状断の T1 強調像を撮像した．ＭＲ画像は、既報である硬組織輪郭強調法ならびに軟組織輪郭強調法を用いてそれぞれ、2 値化した画像を積層し三次元画像を構築し、さらに、それら画像について，ソフトウェア上で，下記の実臨床と同様の条件を付与して透過撮影することにより MRI セファロを得た．

研究 1:　小児期における輪郭強調法により構築した MRI セファロの精度の検証

研究 1 で硬組織強調法と軟組織強調法により作成された MRI セファロ画像での各計測点にお認識程

度を評価を行った。ついで、それら計測点を用いたセファロ分析を実施し、従来型のセファロ側面写真で得られた計測値と各値について比較し、有意差の検定を行った。

研究 2:ポイント事前登録法を追加した M R I セファロの作成とその分析評価の精度の検証

研究 2 では硬組織強調法と軟組織強調法による MRI セファロで明瞭化できなかった計測点について、あらかじめ、積層する前の水平断 M R 画像上で描画して画像に含め、三次元画像を作成する手法（ポイント事前登録法）を併用して MRI セファロ画像を作成し，研究 1 同様にセファロ分析を行った．なお、セファロ計測点のプロティングは Quick Ceph Systems を使用し，統計学検討は t 検定で行った．

【結果】

研究 1：硬組織輪郭強調法ならびに軟組織輪郭強調法で作成した M R I セファロでは

硬組織輪郭強調法で作成した M R I セファロで不明瞭な計測点は，Basion，ANS，PNS，A –point，Mx 1 Root，Md 1 Root，Occlusal Plane point，Mx 6 Root，Md 6 Dist，Md 6 Root、軟組織輪郭強調法では，Porion，Basion，ANS，A –point，Mx 1 Root，Md 1 Crown、Md 1 Root，Occlusal Plane poin であった。従来型のセファロ分析数値とその精度を比較した結果、角度計測において，SNA, ANB, Mx 1 - NA Angle, Md 1 - NB Angle，GO-GN - SN，Interincisor Angle，FMIA，Facial Axis，Mandibular Plane，Mx1 to FH の計測値．線計測において，Mandibular Length，Ramus Height，Post. Cranial Base，ANS-Menton, Nasion-Menton，Mx 1, to APo，Mx 6, to PTV，　Md 1, to APo，Mandibular Length の計測値に有意差を認めたが，他の計測値では有意差を認めなかった．

研究 2：ポイント事前登録法により作成した M R I セファロと従来型側方セファロ写真との精度の比較では、角度計測において，SNA, IMPA，Mx 1 to FH の計測値．Mand. Body Length，ANS-Menton の計測値に有意差を認めたが，他の計測値では有意差を認めなかった．

【考察】

3DCT やセファロ写真は近年の技術の進歩により被曝量は減少傾向にあるものの，常に放射線被曝による健康障害のリスクが論じられている検査でもある．特に小児期を治療の中心とする矯正治療ではその被曝は大きな問題である。われわれの施設では被曝がない MRI を三次元画像セファロ画像とし，成人症例では従来型セファロと比較して同等の計測結果が得られ，臨床への応用が可能であることが明らかとなった．本研究では，この方法が小児期に適応しうるか否かについて検討を行った．その結果，小児患者の MRI データから得られた三次元構造像から MRI セファロを作成した画像では，先行研究での成人症例と同様の手順では閾値を変更しても不明瞭な計測点が散見された．これらの計測点は解剖学的には尖端構造の先端部や，薄い皮質骨あるいは石灰化が未熟な部分と，周囲組織と重なる部分だったため，石灰化が完全ではない小児期では成人と比較して抽出が困難であったと考えられた．そこで，描出が困難な計測点については，三次元構築前の水平断画像上で，その計測点をあらかじめドットとして画像上に描画して含め，それらを三次元的に構築するポイント事前登録法を導入し、それにより作成した M R I セファロでは、

多くの計測値が従前型のセファロと同様の精度が得られることが確認され、今後、これら成長に合わせた対応を行うことにより M R I のセファロ活用の可能性があるものと考えられた。

論文審査結果の要旨

【緒言】近年の放射線被曝による健康被害が問題視される背景から、申請者が所属する研究室では顎顔面骨の形態評価が必須である矯正歯科臨床での被曝量を軽減することを目的に、無被曝のMRI検査に着目し、顎顔面骨の形態分析への応用の可能性を検討してきた。その結果、成人症例では、MRI画像から硬組織を抽出し作成した三次元画像を側方に投影して得られる画像（MRIセファロ）が、従来型の側面頭部エックス線規格写真と同程度の精度が得られ、MRIセファロが臨床応用可能であることを明らかにしてきた。本研究では顎骨の石灰化が十分ではない小児期の症例に対してMRIセファロを応用する上で、硬組織の形態評価上の問題点を明らかとし、小児期におけるMRIセファロでの計測点の抽出手法の確立、およびその画像精度について検討を行った。

【材料と方法】小児患者10名（男性4名、女性6名）を対象とし、平均8歳2か月時、及び11才1か月時に得られた従来型側面セファロとMRIセファロを比較した。それぞれの計測点の抽出並びに計測値はQuick Ceph Systems（Quick Ceph Systems、 Inc。、サンディエゴ、アメリカ）を使用し、それら2群で得られた計測値についての統計学的有意差の検討は Studentのt検定（対応のある2群間）で行った。

【結果】成人では、画像構成時に硬組織強調法と軟組織強調法を併用することで全ての計測点が明らかとなり、セファロ分析結果も臨床応用が可能な精度であるのに対し、小児期では各強調法を併用するも、Basion、 ANS、 A-Point、 Mx1 root、 Md1 root、 Occlusal planeについては同定することが困難であった。セファロ分析結果においても、有意差のある計測値が多くみられた（角度計測値48中9項目、線計測値36中8項目）。これら不明瞭な計測点は、二次元画像においてあらかじめポイントを登録（事前登録法）してからMRIセファロを作成することで、全ての計測点が同定可能となり、その結果、角度計測では、計測値48中2項目、線計測では36中1項目に有意差をみるまで改善した。

【考察】小児期におけるMRIセファロでは、解剖学的に先端構造の先端部や、薄い皮質骨あるいは石灰化が未熟な部分、周囲組織と重なる部分に相当する計測点が同定困難となることが示されたが、これらの計測点については三次元構築前の二次元画像上で事前に計測点を同定・プロットすることにより、十分な精度を有するMRIセファロ画像を得られることが明らかとなった。

本研究では、小児期におけるMRIセファロの問題点を明らかにし、新たに考案した手法の有効性を示している。本手法を用いることで、臨床的に十分な画像精度を有するMRIセファロを作成することが可能となった。これは小児期における被曝量の低減に大きく寄与するものであり、今後の臨床応用が期待される。

よって、審査委員会は本論文に博士（歯学）の学位論文としての価値を認める。