

論文内容要旨

論文題目

吸収補正の影響を低減した脳血流 SPECT 用頭部固定具の開発

所属コース： 分子疫学 コース

所属講座： 生化学・分子生物学 講座

氏名： 大場 誠

【内容要旨】(1,200 字以内)

背景)脳血流 SPECT(single photon emission computed tomography)は脳血管疾患や認知症疾患の脳血流評価に用いられ、画像再構成はフィルタ補正逆投影(filtered back projection:FBP)法、吸収補正 Chang 法が主流となっている。Chang 法は頭蓋内組織を均一と仮定しているため、不均一な減弱係数分布を用いる CTAC(CT-based attenuation correction)法と比較して様々な影響を受けやすい。その要因の一つとして、検査に使用する頭部固定具の材質カーボンが画像再構成過程に影響を与えることが我々の先行研究でも明らかになっており、ガンマ線の減弱度合いを示す CT 値が高いことが原因と考えられている。本研究では頭部固定具の素材カーボンに代用可能な CT 値が低値の素材を見出し、その素材を用いて新規頭部固定具を開発し、その検証を行うことが目的である。

対象及び方法)研究 1: CT 値が空気同等の素材としてプラスチック素材と木材の 2 種類を候補とした。SPECT/CT 装置の寝台に素材を配置して CT 撮影を行い、撮影した画像の 3 断面に 8 箇所に関心領域(region of interest : ROI)をおき、各 ROI の平均値を測定した。研究 2-1: 2018 年 7 月 30 日から 2019 年 4 月 19 日の期間、健常ボランティア 10 名を対象とした。研究 2-2: 2018 年 10 月 1 日から 2020 年 8 月 31 日の期間、当院脳神経外科で診療された脳血管障害疾患患者で頭部 MRI・MRA、^{99m}Tc-ECD SPECT が施行された 43 名を対象とした。画像解析は、3D-SRT(three-dimensional stereotaxic ROI template)を用い、脳前方領域 A、B と脳後方領域 G の比 A+B/G ratio、脳中央領域(カーボン製頭部固定具で覆われる領域)D、F と脳後方領域 G の比 D+F/G ratio と定義し、画像再構成法と吸収補正法の組み合わせ FBP-ChangAC、OSEM-CTAC、OSEM-ChangAC、OSEM-NoAC(no attenuation correction)で作成した画像を頭部固定具カーボン製とポリスチレン製で比較検証した。

結果)研究 1: 候補とした素材の CT 値は木材よりプラスチック素材の方が高値を示したが、押出発泡ポリスチレンは CT 値-980HU と最低値を示したため、カーボン製に代用する素材として新規頭部固定具を作製した。研究 2: 健常ボランティアでは A+B/G ratio は吸収補正 Chang 法を行った FBP-ChangAC、OSEM-ChangAC でポリスチレン製よりカーボン製の方が有意に高値であった($P < 0.01$)。OSEM-CTAC、OSEM-NoAC はカーボン製とポリスチレン製の間で有意差を認めなかった。D+F/G ratio はいずれも有意差を認めなかった。脳血管障害疾患患者では同様に FBP-ChangAC、OSEM-ChangAC でポリスチレン製よりカーボン製の方が有意に高値であり($P < 0.01$)、OSEM-CTAC、OSEM-NoAC は有意差を認めなかった。D+F/G ratio はいずれも有意差を認めなかった。

結語)脳血流 SPECT 用頭部固定具の素材として押出発泡ポリスチレンが CT 値-980HU と低く、さらに汎用性、加工性、強度においても優れていることから、新規の頭部固定具の素材として採用した。本研究で作製したポリスチレン製頭部固定具とカーボン製で SPECT を撮像し、健常ボランティアおよび脳血管障害疾患患者において比較した結果、吸収補正 Chang 法を行った SPECT 画像ではポリスチレン製と比較してカーボン製の A+B/G ratio は有意に高く、D+F/G ratio は有意差を認めなかった。以上より、ポリスチレン製を用いることで、頭部固定具の影響のない吸収補正 Chang 法による SPECT 撮像を初めて実現した。

令和3年 1月 14日

山形大学大学院医学系研究科長 殿

学位論文審査結果報告書

申請者氏名： 大場 誠

論文題目： 吸収補正の影響を低減した脳血流 SPECT 用頭部固定具の開発

審査委員：主審査委員 鹿戸 将史



副審査委員 岩井 岳夫



副審査委員 太田 康之



審査終了日： 令和3年1月14日

【 論文審査結果要旨 】

本邦における脳血流 SPECT の画像再構成法および吸収補正法は、それぞれフィルタ補正逆投影法 (FBP 法)、Chang 法が主流となっている。Chang 法は頭蓋内組織を均一と仮定しているため、不均一な減弱係数分布を用いる CTAC 法に比べて様々な影響を受けやすいと考えられている。CTAC 法は SPECT/CT が必要となり、本邦ではあまり普及していない。脳血流 SPECT 画像に影響を与える要因の一つに現在使われているカーボン製の頭部固定具の影響が考えられる。申請者はカーボン製頭部固定具の影響により、脳前方領域の血流が高く評価されることを以前明らかにしている。本研究の目的はカーボンに代わる低 CT 値の素材の探索である。さらに、新しい頭部固定具を用いた場合の最適な画像再構成法および吸収補正法の検討である。

頭部固定具の素材として様々な樹脂および木材などの中からポリスチレン製のものが荷重にも耐え、CT 値 \approx 980HU と著明に低吸収であり、頭部固定具として最適と判断された。健常ボランティアによる撮像では FBP-Chang 法、OSEM-Chang 法で脳前方領域の血流 (A+B/G 比) がポリスチレン製に比べ、カーボン製で有意に高かく (ともに、 $p < 0.01$)、その他のものでは有意差は見られなかった。脳血管疾患患者における撮像でも、FBP-Chang 法、OSEM-Chang 法で脳前方領域の血流がポリスチレン製に比べ、カーボン製で有意に高かく (ともに、 $p < 0.01$)、その他のものでは有意差は見られなかった。本研究により、ポリスチレン製の頭部固定具は汎用性、加工性、強度において優れ、頭部固定具として適しており、ポリスチレン製頭部固定具と Chang 法との組み合わせにより頭部固定具による影響のない SPECT 画像を初めて実現した。

審査において大きな問題点の一つとして、中大脳動脈前枝領域の血流評価に相当する L/N 比は脳血管障害群でカーボン製で高い傾向にあるとしていたが、統計学的な有意差は認めないことを指摘した。この点に関して、再検討・修正を要求した。その他、細かな加筆・修正点を複数指摘し修正を要求した。発表者は本研究および核医学分野における高い知見を有しており、質疑に対して非常に真摯に応答していた。従って、指摘された点を適切に修正することを条件に学位審査合格とする。

(1, 200字以内)