

荷重応答期における股関節伸展モーメントのアシストが 脳卒中片麻痺者の歩行に及ぼす影響について

石黒 正樹

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：畠中 泰彦 教授)

はじめに

正常歩行において下肢に求められる機能は、初期接地後の荷重の受け継ぎ、単脚支持、そして下肢の振り出しである。初期接地後に体重の60%の荷重を受け入れること、荷重量を増加させながら前進運動を継続すること、接地による衝撃を吸収し下肢・体幹の安定性を維持するなど多くの役割が求められるため、荷重応答期の筋活動は重要となる。これらの役割は、股関節伸展モーメント、膝関節伸展モーメント、足関節背屈モーメントが協働して担う。また、歩行は周期運動であり、何れかの相に問題が生じると、それ以降の運動も障害される。したがって、荷重応答期の筋活動に問題が生じると、次いで生じる単脚支持や下肢の振り出しに影響が及ぶことになる。脳卒中片麻痺者（以下、片麻痺者）の歩行障害の特徴の1つに、荷重応答期における股関節伸展モーメントや膝関節伸展モーメント、足関節背屈モーメントの低下が挙げられる。これらの筋活動の低下により、立脚期における体幹直立位の保持や荷重を受け入れながら下腿を前進させる運動が困難となる。そして、麻痺側下肢への荷重不足や両脚支持時間の延長の原因となり、歩行速度の低下に繋がる。

現在、膝関節伸展モーメントや足関節背屈モーメントの低下については、短下肢装具を用いた装具療法が行われ、膝関節、足関節に及ぼす力学的効果について多

くの報告がある。しかし、荷重応答期における股関節伸展モーメントをアシストし、片麻痺者の歩行に及ぼす影響について検討した報告はない。

目的

本研究の目的は、荷重応答期における股関節伸展モーメントのアシストを、歩行支援機 ACSIVE を用いて行い、片麻痺者の歩行における股関節に及ぼす運動学、運動力学的な影響を明らかにすることである。

方法

対象は名古屋市総合リハビリテーションセンターを利用し、日本整形外科学会・リハビリテーション医学会による関節可動域測定法により麻痺側股関節伸展角度が0 [deg] 以下の者を除いた屋内平地の独歩が可能な男性片麻痺者12例（平均年齢47.4 ± 5.3歳）とした。平均罹患期間は10.1 ± 2.2ヶ月であった。下肢機能はBrunnstrom recovery stage III 4名、IV 5名、V 3名で、全例が短下肢装具を使用していた。本研究は、名古屋市総合リハビリテーションセンターの倫理審査委員会の承認を受け開始した（承認番号：2017006）。対象者に研究の趣旨とリスクに関する説明を文書と口頭で行い、署名にて同意を得た。

歩行支援機 ACSIVE は、無動力で500gと軽量で、ヒップユニットのバネ機構により下肢の振り出しをアシス

トする。アシスト力を生み出すバネの抗力は3段階で調整可能である。最大アシストモーメントは2Nmで、歩行が自立した片麻痺者や高齢者の歩行速度改善や股関節屈曲角度の増大といった装着効果が報告されている。従来のACSIVEは、荷重応答期から立脚中期に股関節伸展運動への抗力を生じ、立脚終期から前遊脚期に股関節屈曲運動をアシストする。本研究ではヒップユニットにあるカムの方向を変換し、股関節伸展運動をアシストする機器とした。すなわち、前遊脚期から初期接地時に股関節屈曲運動への抗力を生じ、荷重応答期から立脚中期に股関節伸展運動をアシストする。尚、使用方法に関しては製造元の(株)今仙技術研究所が改造を実施し、安全性に問題はない。

対象者に両側肩峰、大転子、膝関節裂隙部、外果、第5中足骨頭部の体表上にマーカーを貼付し、床反力計(AMTI: Accu gait)を設置した6mの歩行路を歩行させた。4台のデジタルハイビジョンビデオカメラ(JVCケンウッド: GZ-G5)にてマーカーを撮影した。麻痺側にACSIVE非装着、装着の2条件で快適な速度にて歩行させた。ACSIVE装着後は十分な歩行練習を行い、バネ抗力は最小とした。撮影映像から動作解析システム(DKH: Frame DIAS V)を使用し、空間座標を算出した。得られたデータを力学モデルに代入し、麻痺側の股関節角度及び股関節モーメントを算出した。股関節モーメントはACSIVE装着時の股関節モーメントからACSIVE自体が発生する回転モーメントを減じ、体重で正規化した。

ACSIVE非装着と装着で、初期接地時の股関節屈曲角度と立脚期の股関節最大伸展角度及び、荷重応答期の股関節最大伸展モーメントと立脚期の股関節最大屈曲モーメントを比較した。統計学的手法はWilcoxon符号付順位検定を用い、解析ソフトはSPSSver.22を使用した。有意水準は5%未満とした。

結 果

初期接地時における股関節屈曲角度の中央値(四分位範囲)は非装着17.7(14.5-22.9)[deg]から装着15.8(14.8-18.4)[deg]へ減少した($p < 0.05$)。立脚期における股関節最大伸展角度の中央値(四分位範囲)は非

装着11.0(1.4-19.4)[deg]から装着15.6(7.3-21.5)[deg]へ増大した($p < 0.01$)。また、荷重応答期における股関節最大伸展モーメントの中央値(四分位範囲)は非装着0.62(0.54-0.86)[Nm/kg]から0.50(0.29-0.61)[Nm/kg]へ減少し($p < 0.05$)、立脚期における股関節最大屈曲モーメントの中央値(四分位範囲)は非装着0.27(0.08-0.77)[Nm/kg]から0.59(0.27-0.97)[Nm/kg]へ増大した($p < 0.01$)。

考 察

ACSIVE装着により、初期接地時の股関節屈曲角度は減少した。ACSIVEのバネの抗力は麻痺側下肢の前遊脚期から初期接地時に発生する。そのため、麻痺側遊脚期における股関節屈曲運動が制動され麻痺側初期接地時の股関節屈曲角度が減少したと考えた。この初期接地時の股関節角度の減少により、ACSIVE装着時の初期接地時床反力ベクトルは非装着時に比べ股関節近位を通過した。その結果、股関節軸から床反力ベクトルへのレバーアームが減少し、荷重応答期に必要な股関節伸展モーメントが減少したと考えた。一方、ACSIVE装着により立脚終期の股関節最大伸展角度は増大した。正常歩行では立脚終期における股関節伸展運動に股関節伸展筋群の関与はなく、立脚中期以降に重心が前下方へ移動する運動により受動的に制御される。荷重応答期から立脚中期における股関節伸展をアシストした結果、立脚中期以降に生じる重心の前方移動の距離が延伸し、股関節の伸展角度が増大したと考えた。この股関節伸展角度の増大は、ACSIVE装着時の非麻痺側初期接地時の床反力ベクトルの大きさや股関節軸から床反力ベクトルへのレバーアームを増大させ、立脚期の股関節最大屈曲モーメントの増大が得られたと考えた。

結 論

片麻痺者の歩行におけるACSIVE装着による荷重応答期の股関節伸展モーメントのアシストは、立脚期初期時の股関節最大屈曲角度及び荷重応答期の股関節最大伸展モーメントの減少を、立脚終期時の股関節最大伸展角度及び股関節最大屈曲モーメントを増大させることが

示唆された。無動力で軽装な ACSIVE によって、歩行速度に影響を及ぼす立脚期の股関節最大伸展角度及び股関節屈曲モーメントの増大が得られたことから、ACSIVE

を装着した歩行を行うことで、歩行能力を改善させ得ることが考えられる。

1 α , 25-dihydroxyvitamin D₃ による単球分化における ゲニステインと TGF- β の CD11b 発現促進メカニズムの比較解析

— シグナル伝達経路に着目して —

久保 丞未

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：熊取 厚志 教授)

はじめに

単球は、骨髄で造血幹細胞から好中球 / 単球系前駆細胞 (GMP) を経て形成され、血液を循環した後に末梢組織内に出てマクロファージに変化する。病原体や腫瘍の排除、抗原提示など免疫において重要な役割を担う。GMP が遺伝子異常によりこの状態で増殖し続けると、白血病が生じる。白血病の治療は抗ガン薬による白血病細胞の根絶が基本であるが、正常な白血球に分化・成熟させる分化誘導療法も有用である。しかし、薬剤耐性の発生や副作用のため、新たな分化誘導薬やその作用を促進する物質の開発・発見が試みられている。

イソフラボン的一种であるゲニステイン (以下, Gen) を多く含む大豆製品を日頃摂取しているアジア人は、欧米人に比べて前立腺がんの発症・死亡率が低い。また Gen は、動物実験や様々な腫瘍細胞の研究で抗がん効果が示されており、急性前骨髄性白血病 (APL) の分化誘導治療薬である All Trans Retinoic Acid が、APL 細胞 (HL60 細胞など) を好中球へ分化誘導し、Gen はそれを促進することが示されている。一方、APL の分化誘導治療への応用が期待されている 1 α , 25-dihydroxyvitamin D₃ (以下, VD₃) は、HL60 細胞を単球へ分化誘導し、Transforming Growth Factor- β 1 (以下, TGF- β) はその誘導を促進することが示されている。

我々は、HL60 細胞の VD₃ 誘導性単球分化において、食事で達成可能な濃度の Gen が TGF- β 同様、単独では CD11b 発現を誘導しないが、その発現を促進することを見出した。また、Gen と TGF- β が相加・相乗効果を示さないという、共通の経路を介することを示唆する結果を得た。

目的

本研究では、HL60 細胞の VD₃ による単球分化誘導における Gen の CD11b 発現誘導作用のメカニズムを、TGF- β のメカニズムと比較解析することにより明らかにすることを目的とする。

方法

HL60 細胞 (10⁵/ml) を、10% 牛胎児血清加 RPMI1640 培地で 37°C・5% CO₂ 条件下で培養し、単球分化誘導薬 (100 nM VD₃)・促進薬 (10 μ M Gen, 40 pM TGF- β) で刺激した。シグナル阻害実験は、各種シグナル因子 {タイプ I TGF- β 受容体 (ALK5), Smad3, pan (a, b, c), b, c-Raf, MEK1/2, MEK1, ERK1/2 阻害薬を分化誘導薬添加 30 分前に添加した。刺激 24 時間後のサンプルを用いて、CD11b 抗原の発現量をフローサイトメトリー法で測定した。また、シグナル伝達因子の発現量を各種因子 (a, b, c-Raf, リン酸化 MEK1/2 及び ERK1/2) の特異抗

体を用いたウェスタンブロットリング法で解析した。

結 果

ALK5 活性を阻害すると、 VD_3 +TGF- β 処理細胞（以下 +TGF- β ）のみ CD11b 発現誘導がやや抑制され、その下流の Smad3 活性を阻害すると、 VD_3 処理細胞（以下 VD_3 ）、 VD_3 +Gen 処理細胞（以下 +Gen）、+TGF- β のいずれにおいても誘導はむしろ促進された。 VD_3 による CD11b 発現誘導に關与する Raf/MEK/ERK シグナル伝達経路において、pan-Raf 及び ERK1/2 活性を阻害すると、 VD_3 、+Gen、+TGF- β のいずれにおいても、単球分化及び CD11b 発現誘導はほぼ none まで抑制された。MEK1/2 活性を阻害すると、+Gen による誘導はほぼ none まで、 VD_3 及び +TGF- β による誘導は約 1/3 まで抑制された。次に、Raf/MEK/ERK の各タイプの活性を阻害した。 VD_3 による CD11b 発現誘導は b-Raf 及び MEK1 活性阻害により約半分まで抑制され、c-Raf 活性阻害によりむしろ促進される傾向を示した。+Gen による誘導は b-Raf 及び MEK1 活性阻害により約 1/3 まで抑制され、 VD_3 と同様 c-Raf 活性阻害によりむしろ促進される傾向を示した。+TGF- β による誘導は b, c-Raf 及び MEK1 活性阻害により抑制される傾向を示したが、有意ではなかった。

刺激後 24 時間の各因子の発現量は none を 1.0 として評価した。いずれの刺激においても全てのタイプの Raf が発現しており、 VD_3 と +Gen の間でその発現量に差は認められなかった一方で、+TGF- β では a-Raf で 0.7, b-Raf 及び c-Raf で 0.5 と発現量の減少が認められた。リン酸化 MEK1/2 の発現量は VD_3 では 1.2 と増大し、+Gen では 1.5, +TGF- β では 1.4 と、 VD_3 単独刺激よりもさらに増大した。リン酸化 ERK1 の発現量は VD_3 では 1.3, +Gen では 1.4 と同程度増大した一方で、+TGF- β で

は 1.1 とそれらよりも低い値となった。また、リン酸化 ERK2 の発現量は VD_3 では 1.2 と増大し、+Gen では 1.9, VD_3 +TGF- β では 2.0 と、 VD_3 単独刺激よりもさらに増大した。

考 察

活性阻害実験の結果から、 VD_3 による CD11b 発現誘導には a-Raf, b-Raf, Raf 非依存性経路, MEK1, MEK2, MEK1/2 非依存性経路, ERK1, ERK2 の関与が示唆される。Gen による VD_3 誘導性 CD11b 発現の促進には a-Raf, b-Raf, MEK1, MEK2, ERK1, ERK2 が関与し、特に b-Raf 及び MEK1 活性の深い関与が示唆される。TGF- β による VD_3 誘導性 CD11b 発現の促進には a-Raf, Raf 非依存性経路, MEK2, MEK1/2 非依存性経路, ERK1, ERK2 が関与し、特に a-Raf 及び MEK2 活性の深い関与が示唆される。

Raf の発現確認実験の結果から、Gen 及び TGF- β による VD_3 誘導性 CD11b 発現の促進には Raf の発現量が直接関与しないことが示唆される。リン酸化 MEK1/2, リン酸化 ERK1/2 の発現確認実験の結果から、Gen 及び TGF- β は VD_3 による MEK1/2 及び ERK2 のリン酸化を促進することにより、CD11b 発現を促進することが示唆される。

結 論

VD_3 による CD11b 発現誘導に關与する Raf/MEK/ERK シグナル伝達経路において、Gen は主に b-Raf, MEK1, TGF- β は主に a-Raf, MEK2 と異なる経路の活性化を促進するが、結果的に両者とも ERK2 の活性化促進を介し、 VD_3 による CD11b 発現誘導を促進することが示唆される。

全身外傷 CT 診断 FACT における技師の読影補助の有用性

富張 晋

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：煎本 正博 客員教授)

背景

救急医療現場の多くは夜間当直帯に放射線科医が不在で、救急医が多くの患者を診ながら画像診断を行っている現状にある。

近年、診療放射線技師の業務に読影補助が加わった。CT 検査では装置の高性能化に伴い、検査数が増加するだけでなく検査内容も多様化しており、診療放射線技師の画像読影にかかわる知識や技能に高い専門性が求められている。

救急医療現場では、時間を意識した効率的な全身外傷 CT 評価法として外傷初期診療ガイドライン (JATEC) 改訂にて取り入れられた Focused Assessment with CT for Trauma (FACT) がある。本法は緊急の治療方針決定に重要な影響を与える損傷や病態の検出に焦点を絞った評価法であり、3 分で迅速評価を行う。本研究ではこの第 1 段階を診療放射線技師が救急医と同様に評価する実験を行い、その診断能について検証した。

目的

全身外傷 CT 検査 FACT における技師読影実験を行い、診断能、評定確信度を救急医と比較し、技師による FACT 読影の有用性を検討した。

方法

2016 年 1 月～12 月までの神戸市立医療センター中央

市民病院放射線技術部の救急 CT 室で撮影した全身外傷 CT の 65 症例を対象とし、診療放射線技師の読影実験を行った。実験を行う診療放射線技師は救急撮影認定技師 (以下認定技師) の認定資格を有した 3 名 (経年数 20 年, 13 年, 8 年) で行った。

実験方法は、全身外傷 CT 画像を 1 症例 3 分間で読影し、外傷用の読影シートに記入し、さらに評定確信度を記載した。該当症例の FACT 第 1 段階の電子カルテ上の所見を救急医の診断・評定確信度とした。放射線科医の報告書所見を最終診断として認定技師、救急医の所見と比較した。

“頭蓋内出血”・“大血管損傷”・“胸腔損傷”・“腹腔内出血”・“骨盤骨折・後腹膜出血”・“臓器損傷”についての認定技師 3 名および救急医のそれぞれの感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率、正診率につき比較し、正診率について統計学解析を行った。

認定技師 3 名および救急医の 5 段階の評定確信度を推定した。両者につき ROC 解析を行った。

結果

大血管損傷および腹腔内出血の感度は救急医が 100% であったのに対し、認定技師 3 名は大血管損傷がそれぞれ 80, 100, 80%, 腹腔内出血がそれぞれ 100, 80, 80% で低い傾向にあった。また、胸腔損傷の陽性的中率は救急医が 93% であったのに対し、認定技師は 80, 88, 84% で低い傾向にあった。

しかしながら、救急医と認定技師 3 名について各 6 項目全てにおいて認定技師 3 名と救急医の正診率には有意差を認めなかった。

評定確信度の ROC 曲線の各 6 項目の AUC は救急医が 0.84～0.96, 認定技師 1 は 0.88～0.97, 認定技師 2 は 0.80～0.94, 認定技師 3 は 0.73～0.95 であった。いずれの項目においても救急医と各認定技師の間には有意差を認めなかった。

考 察

認定技師 3 名と救急医の FACT の診断能を観察 6 項目で比較検討すると、正診率はいずれの項目に関しても有意差はなく、両者の間に診断能の差がないと言える。

しかし、認定技師では胸腔損傷での偽陽性や大動脈損

傷と腹腔内出血を指摘できないものがあり、今後の検査・教育プログラム改善の資料となると考えられる。

評定確信度の ROC 解析では、AUC はどの項目でも救急医、認定技師 3 名は 0.7 以上であり、評定確信度は中等度以上と高く、統計学的に有意差は認めなかった。

結 論

日本救急撮影技師認定機構救急認定診療放射線技師に対して全身外傷 CT 検査 FACT について読影実験を行い、その診断能および評定確信度について救急医と比較した。両者に統計学的有意差はなく、認定技師の読影は救急画像診断の補助となり、医療安全の向上に貢献することが示唆された。

肝臓 Perfusion CT 検査における 位置補正処理の限界範囲についての検討

市川 篤志

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：柴田 幸一 教授)

はじめに

肝臓 Perfusion CT 検査は肝臓の血行動態を観察するうえで大変重要な検査である。当院での肝臓 Perfusion CT 検査は、Maximum Slope 法と Patlak Plot 法の両方を合わせ持ったハイブリット撮影法となっている。これは、二系統から流入した血流が一系統へ流出するまでを計測することで個々の肝臓が持つ抵抗値を測り、肝臓の予備能、肝機能、腫瘍の分化度等を計測する目的で行われている。しかし、撮影時間が長い呼吸や蠕動運動などの動きが問題となり位置補正処理を使用しないと解析できない問題がある。臨床症例を用いた位置補正処理についての論文は、Chandler らによって報告されている。しかし、位置補正処理の限界範囲についての報告はない。

安静時における呼吸性移動量について、米国医学物理学会タスクグループ 76 は、様々な部位を CT, MRI, 透視画像を使用し、検討を行い腹部臓器（肝胆膵）の呼吸性移動は、5mm から 20mm と報告している。

当院では、呼吸による位置ずれを最小限に抑えるため補助具を使用している。今までに大きな動きによる解析不能ということはないが、補助具を用いることで手術後の患者に苦痛を与えてしまうこともあり、補助具なしでも撮影方法の工夫や位置補正処理だけで解析は可能か検討している。そこで今回、位置補正処理について理解し、位置補正処理の限界範囲について検討することで今後の

撮影方法や解析方法に役立てたいと考える。

目的

320 列 Area Detector CT に搭載されている Body Registration を使用したときの位置補正処理の限界範囲を明確にし、呼吸抑制のための補助具なしでも肝臓 Perfusion 解析が可能か検討する。

方法

撮影時間と呼吸の動きについての検討をした。動態ファントムにて 1 分間に 10 回から 19 回、体軸方向に振幅させ運動による画像の動きを検討する。振幅の幅は 10mm から 40mm とした。

次に、位置補正処理の限界範囲について静止ファントムを用いて検討した。ガントリー中心に TOS ファントムを設置し、XY 軸方向にそれぞれ $\pm 10\text{mm}$ ずつ移動させ $\pm 50\text{mm}$ まで検討した。このとき calibration field of view (以下 C-FOV) を L, display field of view (以下 D-FOV) を 370mm としたものと、C-FOV を LL, D-FOV を 450mm としたもので、位置補正処理がどの範囲まで可能か検討した。

本体静止ファントム（直径 280mm 円柱水ファントム）に球体ファントム（直径 120mm）を挿入し、球体ファントムを X 軸 Z 軸方向に $\pm 10\text{mm}$ ずつ移動させ $\pm 50\text{mm}$ まで検討した。このとき肝臓の実質が時系列で変化する

ことを模擬して球体ファントムの CT 値を 1 回目 80HU, 2 回目を 150HU, 3 回目以降を 200HU と可変させ位置補正が行えるか検討した。

結 果

動態ファントムにおいて、振幅が 19 回, 40mm 幅が最もモーションアーチファクトが大きく、振幅が 10 回, 10mm 幅が最も小さかった。C-FOV が L で D-FOV が 370mm の時は、位置補正処理の限界範囲は ± 30mm であった。C-FOV が LL で D-FOV が 450mm の時は、位置補正処理の限界範囲は ± 40mm であった。TOS ファントム内モジュールの CT 値変化はなかった。しかし、歪んだ局所部分は、画像標準偏差値（以下 SD 値）の増加による CT 値の変化があった。C-FOV が LL で D-FOV 450mm については球体ファントムの CT 値が変化しても X 軸, Z 軸方向 ± 40mm まで位置補正処理は可能であった。

考 察

体動ある被写体を撮影すればモーションアーチファクトは出現する。しかし、今回の結果から振幅の回数が少なく幅も小さければ撮影時間を 0.5 秒にすることでモーションアーチファクトを考慮しなくてよいことがわかる。日常業務においても十分な説明と呼吸練習を行うことで 1 分間に浅い呼吸で 10 回を目標に呼吸を整えている。そのため、モーションアーチファクトで検査不可能ということは今までにない。このようなことから静止ファントムを使用して検討することは問題ないと考え。

C-FOV のサイズ設定が小さくなると位置補正処理の可

能範囲も短くなった。今回に限った理由としてマトリックスサイズやピクセル数で決まるのではないかと考える。そのため小さい C-FOV 収集画像ほど位置補正処理の限界範囲は小さくなるのではないかと考える。実際の検査中では D-FOV に注目してしまうが、体動の大きい患者に対し、C-FOV の設定も考慮した撮影条件も必要である。

位置補正処理により歪んでしまった場合、SD 値の増加により CT 値の上昇がみられた。この場合、検査結果に過誤が生じるため十分に考慮し検討が必要だと考える。

今回の撮影範囲以内であれば被写体自身の CT 値が変化しても位置補正処理は可能であり、欠損の部分が小さく位置補正処理の距離が短ければ位置補正処理は可能である。しかし、大きく欠損した場合や Z 軸方向 ± 50mm 以上距離が離れてしまった場合では、位置補正処理は不可能となった。日常業務において Z 軸方向の撮影範囲 160mm 以内に肝臓が入りきらないケースもあるため患者が浅い呼吸でゆっくり呼吸をすることは不可欠と考える。

結 論

肝臓の予備能を計測するのであれば位置補正処理の有効な範囲は、C-FOV : L において ± 30mm, C-FOV : LL においては ± 40mm であった。これにより、安静時呼吸では位置補正処理は十分に機能することが確認できた。ただし、体動による位置ずれは、少ない方が、より歪みのない正確な処理画像が得られる。ゆえに、患者への説明と呼吸練習は、不可欠であり、これらを怠らなければ補助具なしでも位置補正処理は可能であることが確認できた。

TomoHD による肺の体幹部定位放射線治療 (SBRT) の検討

植松 正裕

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：黒崎 弘正 客員教授)

はじめに

Tomotherapy HD system (TomoHD) は、放射線治療装置と CT が一体となった強度変調放射線治療 (IMRT) の専用装置であり、内蔵されているリニアックがリング状のガントリー内を連続して回転し、リングの中心へ向けて放射線量に強弱をつけながら回転照射を行なう装置である。がんの形態に合わせて集中的に照射することで、がんの制御率を高め、副作用を最小限に抑えることが可能だが、多方向からの照射を行うため低線量域が多くなり、照射時間が延長してしまう欠点がある。

肺を含む近辺の病変に対し放射線治療を施行した際、照射後に全肺に広がる放射線肺炎 (RP) 発症の報告があり、照射される広範囲な低線量域の影響が示唆されている。TomoHD で体幹部定位放射線治療 (SBRT) を施行する際、低線量域の線量を減少させ可能な限り RP 等の有害事象を減らし、照射時間を短縮する事で患者への負担を軽減する必要がある。新たに導入された Dynamic Jaw を使い、従来の方法より大幅に照射時間を短縮しながら、腫瘍中心部の線量を意図的に過線量し線量勾配を急峻にすることで、周辺の正常組織の線量を減少させる方法を検討した。

目的

肺の SBRT に対し TomoHD に搭載されている Dynamic Jaw を用いて、線量を腫瘍へ集中させるために

PTV の外側に任意の ROI を設定し周辺正常組織の線量減少と照射時間を短縮させる。

方法

大きさの異なる肺がん 3 症例で検討を行った。Dynamic Jaw 使用時での時間短縮を確認するために、Jaw 以外の計画パラメータを全て同一にし、使用の有無による照射時間の比較を行った。次に、ROI 設定の検討を行った。

(照射条件) Jaw サイズ 2.51cm (Dynamic Jaw モードを使用) D95% 処方 60Gy/8fr で定義した。各症例に対し、homogeneity index (HI) を 1.6 まで許容し、ターゲット外側に 0.1cm の Guide ROI を設定、その外側に 1.0cm, 2.0cm, 3.0cm のマージンを加えた Ring ROI の設定をした。ROI の設定なし、Guide ROI, Ring ROI の各々を使い、どの設定が最も効率的に最適化ができたかを照射時間、modulation factor (MF) 値、conformity index (CI) 値で評価した。また、症例毎での肺線量の変化を比較した。

結果

Dynamic Jaw モードで HI を 1.6 まで許容する事で、照射時間が平均 25% 短縮した。さらに、ROI を設定する事により、強度変調の度合いである MF の値が低下し、照射時間も短縮された。

各症例とも Guide ROI 0.1cm, Ring ROI 2.0cm 設定の

プランで照射時間、MFの値が最も短縮し効率性が図られていた。集中性の指標であるCIはGuide ROIを設定しない場合は平均1.66だったが、設定した場合は平均1.23に減少した。各症例の平均肺線量は平均75%に減少、低線量域の指標である5Gy以上照射されない肺容量(VS5)は平均108%に増加した。

考 察

ROIを設定する事によりPTVに対し均等に効率よく線量を集中させることができ、照射時間の短縮、リスク臓器を含む周辺の線量を減少させるのに有効である事を確認できた。しかし、腫瘍位置によるROIサイズ、周辺線量の変化の十分な検討を行っていない。今後、症例数を増やして検討する必要がある。

結 論

Dynamic Jawを使用して肺のSBRTを行う際、PTV外側に3次元的に0.1cmのマーヅンを加えたGuide ROIを設定し無制約領域を設定する事により、PTVとROI間の干渉を防ぎ線束をPTV周辺に集中させCIを改善する事ができた。さらにPTV外側に3次元的に1.0~3.0cmのマーヅンを加えたRing ROIを用いて線量コントロールしHIを1.6まで許容して最適化を行った。結果、2.0cmのRing ROIの設定で、肺野に対し強度変調の効率性が向上し、照射時間の短縮が最も図られた。検討した全ての症例で肺線量が低下した。

胸部 X 線画像の経時差分処理における ポジショニングのズレと処理結果への影響

櫻井 典子

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：武藤 裕衣 准教授)

はじめに

日本において死因第 1 位はがんであり¹⁾ 男女共に肺がんの死亡率は高く早期発見早期治療が求められている。肺がん検診では、胸部 X 線撮影によるものが最も一般的である²⁾。

現在画像診断領域において、コンピュータ支援診断システム (Computer-Aided Diagnosis, CAD) の研究開発がされている。CAD の目的は、読影効率と診断精度向上である。いくつかの CAD は、すでに臨床利用されている。その中で胸部 X 線画像の経時差分処理は、画像を解析し病変の位置の抽出を行いその結果を医師に提示するコンピュータ検出支援システム (Computer-Aided Detection, CADe) に分類される。

経時差分処理では、同一患者の過去一現在画像を入力とし 2 画像を重ね合わせ差分する。2 段階からなる非線形画像変形を用いた自動重ね合わせ処理によって経時変化があった陰影を強調する仕組みとなっている。しかし、本処理は時系列的な 2 画像間の重ね合わせが正確でなければ、肺野全体に強いアーチファクトが出現し、読影の大きな妨げとなる³⁾。さらに患者の複雑な動きによる位置ずれや歪みが存在するために重ね合わせが十分に対応できない場合もある。その場合は、画像変形を行っても処理エラーとなり処理機能の限界となる。その位置ずれや歪みの原因は、ポジショニングによるものが

大きいと考える。

これまでの先行研究では、得られた 2 画像の自動計算の際のズレについて評価する報告はあるが、撮影時のポジショニングの影響を考慮した報告はない。本研究では、ポジショニングのズレが経時差分処理機能に及ぼす影響を検討することを試みた。

目的

本研究では、ポジショニングが経時差分処理に及ぼす影響を検討し、適切な経時差分処理画像を得るために容認できるズレの範囲を明らかにすることを目的とする。

方法

本研究では、経時差分処理画像におけるアーチファクトの検討のため、胸部ファントムの画像を用いてポジショニングの角度変化ごとに視覚評価を行った。

経時差分処理画像は、ファントムを立位正面背腹 (Posterior-Anterior, PA) 方向で撮影した基準画像に対し、ポジショニングを角度変化させた比較画像を差分処理したものとす。比較画像は、正面画像以外に、右前斜位 (RAO)・左前斜位 (LAO)・前傾・左右側屈の方向にそれぞれ 1 度刻みに 1 度～9 度までずらしたものとす。この 9 度とは、RAO10 度において処理エラーとなったため 5 方向とも一律 9 度とした。

評価者は、診療放射線技師 14 名を対象とし画像評価

を求めた。評価方法は5段階の評価とし、平均値を算出しスピアマンの順位相関係数とTukey法による統計解析を行った。

スピアマンの順位相関係数より方向による処理結果への影響が明らかとなる。

また平均値より容認できるズレの角度が明確となる。

さらにTukey法より0度と比較し有意差を生じない最大角度を算出した。

結 果

スピアマンの順位相関係数によるポジショニングのズレ(角度)と評価点の相関関係は、RAOとLAO及び前傾では、強い負の相関関係が認められた。右側屈では有意な負の相関関係が認められ、左側屈では弱い負の相関関係が認められた。

また、RAO・LAO・前傾・右側屈・左側屈それぞれの平均値と標準偏差を算出し、容認できる角度を求めた。平均値において5段階評価の容認できるレベルである3点を満たした角度は、RAOでは3度で、LAOでは4度であった。前傾では2度であり、右側屈と左側屈では共に9度までの範囲では3点を下回ることはなかった。さらにTukey法の検定では、0度と比較しRAOとLAO共に3度で有意差が認められ、前傾では2度で、右側屈では9度で有意差が認められた。左側屈では、有意差が認められなかった。この有意差を生じない範囲の最大角度は、RAO・LAOは共に2度であり、前傾においては1度で最も低い結果であった。右側屈では、8度で、左側屈においては、9度までの範囲では、有意差を生じな

いことが明らかとなった。平均値においては、標準偏差はあるもののTukey法と共に同様の傾向がみられた。

考 察

本研究結果より、経時差分処理は、左側屈・右側屈のように、フラットパネル面に対し2次元方向へのズレには、処理への影響が少なかった。しかし、それに対しRAO・LAO・前傾のように、3次元方向へのズレは、処理への影響が大きいことが明らかとなった。適切な経時差分処理画像を得るためには、撮影時のポジショニングの再現性が重要である。このポジショニングの再現性のための胸部X線撮影マニュアルの作成が望ましく、職場全体で統一する取り組みが必要である。我々診療放射線技師の心がけで、経時差分処理の有用性が十分に発揮された時に、精度の高い医師の診断につながる。経時差分処理画像で経時変化を可視化されれば、医師が通常の読影で行う過去画像と現在画像の比較読影の時間短縮につながり、読影の負担軽減となるであろう。そして、本来のCADの目的である読影効率と診断精度向上に有用であると示唆される。

結 論

処理への影響は、ズレの方向により差が生じた。X-Y軸方向へのズレは、処理への影響が少なく、それに加えZ軸方向へのズレは大きく影響を及ぼすことが明らかとなった。そのため適切な経時差分処理画像を得るためには、フラットパネル面に対しZ軸方向へのズレには、特に気を配る必要がある。

High Intensity Reduction (HIRE) 法と FLAIR 法の比較検討

千嶋 昭夫

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：煎本 正博 客員教授)

はじめに

脳脊髄液 (CSF) 抑制画像としては fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) 法が広く臨床に用いられているが、反転回復法 (IR 法: inversion recovery 法) を用いているため CSF の flow のアーチファクトが生じることや、T1 の影響を受けることで病変の質的診断が難しくなる場合がある。また、長い TR を必要とするため撮像時間が長くなる。

high intensity reduction (HIRE) 法は異なる 2 種類の TE の T2 強調画像を取得し、subtraction することで CSF の信号が抑制された画像を得ることができる。しかし、subtraction をしても CSF の抑制不均一がおきたり、subtraction により病変を消失させてしまう可能性があると考えられている。これに対して Marco E らによる先行研究では自己重み付け減算アルゴリズムを用いて改善できる可能性を示唆していた。

本研究では、先行研究で技術的に実現が難しかった自己重み付け減算アルゴリズムを使用することができたので、HIRE 法が FLAIR 法の代替となる可能性を検討した。

目的

3.0T での白質・灰白質の T1・T2 値を近似した自作ファントムを作成し、新たな CSF 抑制画像としての HIRE 法の 3.0T での撮像条件 (first TE と second TE の重み付け倍率) の決定と FLAIR 法との比較検討を行う。

方法

最初に本研究に必要な白質・灰白質を模した 3.0T 用の自作ファントムを 1.5T での山城らの方法に従い作成した。

HIRE 法の first TE を 5 段階に変化させ、それぞれ自作ファントムの白質・灰白質の contrast-to-noise ratio (CNR) を算出し、有意差を検討した。

subtraction による CSF 抑制不均一を回避するために先行研究で示唆されていた自己重み付け減算アルゴリズムにより second TE の重み付け倍率を変化させ CSF の信号が 0 となる境界値を検討した。

自作したファントムを FLAIR 法・HIRE 法で撮像し、白質・灰白質の CNR を算出し、有意差を検討した。

結果

first TE を 5 段階に変化させても白質・灰白質の CNR の値に有意差はみられず、本研究では first TE を 100ms とした。

second TE の重み付けを検討した結果、CSF の信号が 0 となる最適な重み付け倍率は 1.33 倍となった。

最適 first TE, 最適 second TE 重み付け倍率を使用した HIRE 法と FLAIR 法で自作ファントムを撮像した結果、FLAIR 法に比し HIRE 法の CNR が有意に高い結果となった。

考 察

HIRE 法は subtraction をしても CSF の抑制不均一がおきたり, subtraction により病変を消失させてしまう可能性がある。この問題が CSF 抑制画像として, HIRE 法ではなく FLAIR 法が主流となった要因の一つと考える。

本研究では先行研究では実現が難しかった自己重み付け減算アルゴリズムを用いて検討が行え, HIRE 法の撮像条件を決定することができた。決定した撮像条件の HIRE 法と FLAIR 法でファントムを撮像した結果, FLAIR 法に比し HIRE 法では白質・灰白質のコントラストが高い画像が得られた。これは白質・灰白質のコントラストが良い TSE 法のコントラストをより反映させることができたからであると考えられる。

HIRE 法を FLAIR 法の代替として使う最も大きな利点は, 180 度プレパルスを用いないため, CSF のアーチファクトを回避できることである。また, FLAIR 法は 180 度プレパルスを用いるため, T1 の影響を受けることとなり病変の質的診断が難しくなる場合もある。HIRE 法では長い TE の TSE 法で撮像するため T1 の影響の少ない撮像法と言える。

FLAIR 法は 180 度プレパルスを用いて水信号を抑制しつつ, 組織の信号を十分に回復させるため長い TR が必要である。そのため長い撮像時間が必要となる。HIRE 法は TSE 法であるため, IR 法を用いた FLAIR 法より撮像時間を短くすることができる可能性がある。

本研究の限界点は, ファントム実験であり, 実際の臨床画像での検討を行っていないことである。今後はボランティアや臨床での HIRE 法の有用性と限界を検討することにより, 臨床的にも本法が FLAIR 法の代替となる可能性を探りたい。

結 語

本研究により, HIRE 法の 3.0T での最適な撮像条件は first TE 100ms, second TE の重み付け倍率 1.33 倍と決定することができた。また, 白質・灰白質ファントムの CNR は FLAIR 法:33.5, HIRE 法:4663.5 と HIRE 法は FLAIR 法に比し高いコントラストが得られることが証明された。良好な T2 コントラストで脳脊髄液の信号を抑制できる HIRE 法は FLAIR 法の代替となり, 臨床の場で使用できる可能性がある。

塩化ラジウム (Ra-223) 注射液投与時の ガンマカメラ平面像による腫瘍検出能の検討

山本 進治

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：黒崎 弘正 客員教授)

はじめに

放射性塩化ラジウム [$^{223}\text{RaCl}_2$] 注射液 (以下, Ra-223) は, 去勢抵抗性前立腺がんの骨転移に対する放射性同位元素内用療法の医薬品である。第 III 相臨床試験 (ALSYMPCA) では, プラセボに比べて 3.6 か月程度の全生存期間の改善が認められている。しかし, 投与前の骨転移数が 6-20 個程度である群, ALP が 220 IU/L 以上である群では, 治療効果が期待できると報告されているものの途中の画像評価は一般的でない。本治療は月 1 回の投与を 6 回継続する必要があるため, 無効なまま継続すると限られた予後の中で, 他の治療法の選択肢を奪ってしまう可能性が存在する。一方, 有痛性骨転移の疼痛緩和に用いられる放射性塩化ストロンチウム [$^{89}\text{SrCl}_2$] 注射液 (以下, Sr-89) は β 線を放出するが, β 線により発生する制動 X 線を検出することによりシンチグラフィを撮像することが可能である。更に, シンチグラフィの集積と疼痛緩和効果が相関すると報告されている。Ra-223 の α 壊変に付随して光子も放出されるが, 全エネルギーの 1.1% と少ない。また, 診断用放射性医薬品に比べると投与量も少なく, ガンマカメラによる体内分布の視覚的評価は簡単ではない。しかし Hindorf らは, Ra-223 シンチグラフィの特徴を検討した結果, 平面 (以下, Planar) 像で画像化が可能であると報告した。一方, この報告では検出可能となる放射能濃度と腫瘍体積の関係

は明らかにされていない。

目的

本研究の目的は, ガンマカメラの平面 (以下, Planar) 像において, 球体ファントム (以下, 腫瘍ファントム) に封入する Ra-223 の放射能濃度と腫瘍ファントムの体積をそれぞれ変化させた時に, 視覚的な判断から腫瘍が検出可能となるカットオフ値を求めることにある。

方法

装置は Infinia 8 Hawkeye 4 PET/SPECT 併用のハイブリット型ガンマカメラであり, シンチレータの厚さは 1 インチが採用されている。コリメータは Medium Energy General Purpose (MEGP) を装着した。ファントムは NEMA IEC ボディファントムであり, 内部の腫瘍ファントムの径は $\Phi 1.0, 1.3, 1.8, 2.2, 2.8, 3.7$ cm とした。Ra-223 の放射能濃度は, 患者への投与量の 55 kBq/kg が体内で均一になると仮定し 0.055 kBq/ml とした。この濃度を基準放射能濃度 (以下, background: BG) としてボディファントム内に封入した。一方, 腫瘍ファントム内に封入する放射能濃度は BG の 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 倍とした。収集条件はエネルギーピーク 82 keV, 154 keV, 270 keV, 収集時間を 30 分とした。解析はロジスティックモデルを使用し, 2 人の放射線科専門医の視覚的評価から両者とも腫瘍が検出可能であった場合を 1, 不可能

であった場合を0として判別分析を行った。またこの結果から、放射能濃度と腫瘍体積のそれぞれに対して関連因子であるのか、独立因子であるのかを単変量解析と多変量解析で評価をした。更に放射能濃度、腫瘍体積、放射能濃度×腫瘍体積（以下、総放射能）のそれぞれに対して、ROC解析から腫瘍が検出可能となるカットオフ値と有意差検定を行った。統計処理は $p<0.05$ を有意水準とした。

結 果

Planar画像の評価からBGの2倍濃度では、視覚的評価においてすべての腫瘍ファントム径を視認することができなかった。5倍では $\Phi 3.7$ cmを視認することができた。しかし $\Phi 1.0$ cmはいずれの濃度も視認することができなかった。

単変量解析の結果、放射能濃度のオッズ比は1.11; 95%信頼区間 (confidence interval: CI) 1.050-1.170; $p<0.01$, 腫瘍体積のオッズ比は1.03; 95% CI 1.010-1.060; $p=0.018$ と統計学的に有意差を認めた。多変量解析の結果、放射能濃度のオッズ比は1.17; 95% CI 1.060-1.280; $p<0.01$, 腫瘍体積のオッズ比は1.08; 95% CI 1.030-1.130; $p<0.01$ と統計学的に有意差を認めた。

ROC解析では、放射能濃度のカットオフ値はBGの10

倍; 曲線下面積 (area under the curve: AUC) 0.867; 95% CI 0.761-0.973, 腫瘍体積のカットオフ値は腫瘍ファントム径 $\Phi 1.8$ cm; AUC 0.788; 95% CI 0.654-0.922, そして総放射能のカットオフ値は3.36 kBq; AUC 0.995; 95% CI 0.946-1.000であった。この結果から総放射能と放射能濃度、総放射能と腫瘍体積の間には統計学的に有意差を認めた ($p<0.05$)。しかし、放射能濃度と腫瘍体積の間には統計学的に有意差を認めなかった。

考 察

Ra-223によるシンチグラフィでは、放射能濃度と腫瘍体積の関係は画像化に関してそれぞれ独立因子である。更に、放射能濃度よりも腫瘍体積が主たる規定因子となっていると考えられ、撮像時には空間分解能を改善する試みが必要である。

結 論

Ra-223シンチグラフィの視覚的評価の結果から、放射能濃度はBGの10倍、腫瘍体積は腫瘍ファントム径 $\Phi 1.8$ cm、総放射能は3.36 kBqとなり、それぞれ腫瘍の検出が可能となるカットオフ値を示すことができた。また、シンチグラフィによる腫瘍検出能は、放射能濃度よりも腫瘍体積による影響が大きいことが推測された。

Brain CT Perfusion ファントムの製作および物理性能評価

吉田 宜清

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：煎本 正博 客員教授)

はじめに

Perfusion CT 検査は血流を評価する定量的な手法であり、様々な部位で臨床に使用されている。Perfusion 画像は、ヨード造影剤を用いて連続撮影し、得られた組織の時間濃度曲線 (time-density curve : TDC) と動脈入力関数 (arterial input function : AIF) のデコンボリューション統計計算処理を行うことにより得ることができる。頭部領域においては脳血液流量 (cerebral blood flow : CBF), 脳血液量 (cerebral blood volume : CBV), 平均通過時間 (mean transit time : MTT) が定量的に算出される。算出された3つの値より、虚血状態を識別することができ、脳梗塞への移行を阻止できると期待される部位の特定や、脳腫瘍の悪性度の推定に用いられている。しかし、Perfusion 画像は、心拍数、解析方法など様々な要因が解析結果に影響を与えることが報告されている。そのため、ファントムを用いた基礎的検討が必要であると考えた。

目的

本研究の目的は、Brain CT Perfusion ファントムを製作し、そのファントムの使用方法や再現性が保たれているか検討を行う。また、製作したファントムを用いて CBF, CBV, MTT を測定し理論値と比較することである。

方法

アクリル製の円柱型容器内に動脈および静脈を模した

それぞれ12本、合計24本の軟質塩化ビニルチューブ (内径2mm, 長さ138mm) を配置した。ファントム内で灌流するように、軟質塩化ビニルチューブに側溝 (半径0.2mm, 8.5mm 間隔) を開け血流に模擬した。容器内にポリプロピレン (直径3mm, 241g) を満たすことにより、脳組織の周りを通過することで毛細血管に見立てた Perfusion ファントムを作成した。自作循環用回路は、電磁ポンプを用いて電圧を調整し脱気水を12.5 ml/s で循環させた。CT 装置は320列マルチスライス CT を使用した。造影剤は2倍に希釈し、4 ml/sec・40 ml, 後押しを40 ml の一定注入で行い、フラッシュも同一条件で行い、撮影開始は造影剤注入と同時にいった。

1. Perfusion ファントムの設置方向の検討

ファントムへ流入する循環方向を、水平および垂直になるように設置した。撮影条件は、「X線CT撮影における標準化～GALACTIC～(改訂2版)」の頭部3D-Angiographyの撮影条件を参考に撮影条件電圧；120 kV, 管電流；200 mA, 回転速度；1 s/rot, 体軸方向ビーム幅160 mm, 41秒間の連続撮影で行った。ファントムの動脈および静脈のTDCを作成し動静脈におけるピーク到達時間を計測した。ピーク到達時間における動静脈それぞれ12本に半径1mmの円形ROIを設定しCT値を測定し、配置した動静脈間における統計解析を行った。

2. Perfusion ファントムの再現性の検討

Perfusion ファントムの再現性が保たれていることを確

認するため、5回の撮影を行った。撮影条件は、「CT/MR 灌流画像実践ガイドライン 2006」を参考に撮影条件を管電圧；80 kV，管電流；100 mA，回転速度；1 s/rot，体軸方向ビーム幅 160 mm，41 秒間の連続撮影で行った。動脈，静脈側での中心 1 本に Image J を用いて円形 ROI を設定し CT 値を測定した。Perfusion ファントムの撮影間の CT 値を比較し，CT 値の統計解析を行った。

3. CBF, CBV, MTT 画像の測定

CBF, CBV, MTT 画像を作成するため Perfusion 解析を行った。解析画像より，直径 5.7 mm の円形 ROI 9 点をファントム内の動脈および静脈に重ならないように Image J を用いて設定を行い CBF, CBV, MTT の平均値を測定した。

結 果

1. Perfusion ファントムの設置方向の検討

測定された TTP は水平設置および垂直設置どちらも動脈 12 秒，静脈 16 秒であった。動脈および静脈それぞれ 12 本の TTP における CT 値は水平設置では動脈には有意差はなかったが，静脈では位置により有意差を認め，垂直設置では動脈静脈とも位置による有意差を認めなかった。

2. Perfusion ファントムの再現性の検討

5 回の撮影の CT 値の統計解析の結果，動脈および静脈の撮影間における CT 値に有意差を認めなかった。

3. CBF, CBV, MTT 画像の測定

Perfusion 解析を行った結果，CBF：665.9 ml・100 g⁻¹・min⁻¹，CBV：72.3 ml・100 g⁻¹，MTT：7.19 s であった。

考 察

ファントムを水平方向に設置すると配置した静脈の位置

により TTP の CT 値に変化が見られた。循環水と造影剤の比重が異なり，比重の重い造影剤が沈殿したためと考えられる。垂直方向にファントムを設置した場合は，CT 値の乖離が少なく，有意差を認めなかった。そのため本研究で製作したファントムを用いて研究するには，配置による影響の少ない垂直方向に設置して検討することが適切であると考え，その後の検討を行った。5 回撮影を行い動脈と静脈の CT 値は，撮影間において乖離が小さく有意差を認めないことから，再現性は保たれていると考えられる。製作したファントムの理論値を算出し，測定値と比較した。求められた理論値は CBF：310.0ml・100 g⁻¹・min⁻¹，CBV：40.9 ml・100 g⁻¹，MTT：7.9 s であった。MTT は理論値に比べ測定値は近似した値を示したが，CBF および CBV は過大評価する傾向となった。先行研究である中空糸を用いたファントムの検討と本検討で製作したファントムを比較すると，CBV は中空糸ファントムが理論値に近い値を示しており，MTT は我々のファントムが理論値に近い値を示した。本研究の限界点として，ファントムをひとつの条件でしか製作しておらず，理論値の式よりファントムの半径や充填率を変化させることにより，CBF, CBV, MTT の理論値は変化すると考えられる。今後は異なるファントムの半径や充填率を用いて検討することが望まれる。

結 語

今回製作した Brain CT Perfusion ファントムは，血流方向を垂直方向に設置することで使用可能となり，再現性のあるファントムであった。Perfusion ファントムを用いて CBF, CBV, MTT を測定することが可能であった。MTT は理論値に比べ測定値は近似した値を示したが，CBF および CBV は過大評価する傾向であった。

看護の質評価のための看護記録のデータ化

仙波 晴美

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：松村 泰志 客員教授)

はじめに

看護師が行なっている看護は看護実践と呼ばれている。看護実践とは、「看護職が看護を必要とする人々に働きかける行為」であり「看護を必要とする人々を継続的に観察・判断して、問題を予知し、モニタリングする側面」があると定義されている(日本看護科学学会, 2011, p.13)¹⁾。看護実践の方法は、看護過程と呼ばれ5つのステップ、「アセスメント」「看護診断」「計画立案」「実施」「評価」に分けられている(日本看護科学学会, 2011, p.7)¹⁾。また、行なった看護実践は、記録としてカルテに記載されている。看護協会は、「記録に関する指針」の中で、看護記録の目的の一つとして「看護実践の評価及び質の向上を図る」としている(日本看護協会, 2018, p2)²⁾。このように、看護記録は、質の評価のためにも分析出来なければならない。しかし、看護記録は看護業務の多くを占めているが、質評価のデータとして活用することが難しい。

記録時間が減少できないこと、質評価のデータとして活用できないこと理由として、看護記録以外に医事算定に関わる書類などの入力が多いこと、看護過程の5つのステップが連携していないこと、叙事的記録が多いこと、看護実践用語が多様であるなどが考えられる。

例えば、「重症度、医療・看護必要度」のB項目の「患者の状況」は、看護実践の結果であるが、我々が使用している看護支援システムでは看護実践結果との連携

はなく、看護記録とは別に入力しなければならなかった。看護支援システムに記録された看護実践は、看護計画に基づいて立案され実施されるべき行為であるのに対し、「重症度、医療・看護必要度」のB項目は実施された行為と見なすことができ、本来、両者は一致すべきものであると考える。

以上のことを踏まえて、これらの問題点を解決し、看護の質の評価が可能な看護支援システムの構築を目指した。

目的

旧看護支援システムの問題点を改善したシステム構築を行い、旧看護支援システムと新看護支援システムの看護記録の内容を比較し、看護記録がどのように改善され、看護の質の評価に用いることができる形になったかを調査する。

方法

まず、旧看護支援システム(FUJITSU Neo Chart)の問題点を改善した、新たな看護支援システム(FUJITSU HOPE EGMAIN-GX)を構築した。2018年1月1日新システムに切り替えた。

新旧システムで入力された内容を客観的に比較するために、旧看護支援システムと新看護支援システムで入力された「重症度、医療・看護必要度」の看護記録の変化について調査した。その中で、「重症度、医療・看護

必要度「食事摂取」の項目に対する看護実践用語の実施入力率を調査した。統計解析には統計ソフト R を用いた。また、記録された看護実践は看護診断に基づいて記録されているかを調査した。看護記録の調査期間は、旧システム 2017 年 1 月 1 日～3 月 31 日、新システム 2018 年 1 月 1 日～3 月 31 日とした。

結 果

新看護支援システムでは、看護過程の 5 つのステップを考えて構築した。看護計画には、MEDIS の看護実践用語をそのまま配置し、看護計画は患者のスケジュールに反映されるものとした。行った看護実践は、「重症度、医療・看護必要度 B 項目」に反映できるものとした。その結果、「重症度、医療・看護必要度」の画面で、担当看護師以外でも、看護実践の記録が確認できるようになった。

必要度の「食事摂取」に関する看護実践用語の実施入力率は、新看護支援システムでは 24%、旧看護支援システムでは 13%であった。それ以外は、叙述的な記録であった。旧看護支援システムと新看護支援システムの看護実践用語の実施入力率をカイ 2 乗検定で検定したところ、 $P < 0.01$ であり有意水準 5% で有意差を認めた。新看護支援システムの方が旧看護支援システムより有意に実施入力が増えていた。今回、記録された看護実践と看護診断の連携を分析する予定であったが、電子カルテでは目視で確認できたものの、DWH (データウェアハウス) が整っておらずデータを取得できなかった。

考 察

Donabedian (2013) は医療の質を評価するためには、「構造 (structure)」「過程 (process)」「結果 (outcome)」の 3 つの側面から行うことを提唱している。この 3 つを看護過程に当てはめて考えてみると「過程 (process)」は「アセスメント」「看護診断」「計画立案」が含まれ、「結果 (outcome)」には「実施」「評価」が含まれると考える。新看護支援システムでは、「過程 (process)」と「結

果 (outcome)」の関連が明確になるように、看護過程を看護支援システム上で連携することを考えた。

新旧の看護支援システムで看護実践の結果である「重症度、医療・看護必要度「食事摂取」の看護記録を比較したところ、新看護支援システムで看護実践用語の実施入力が増えていた。看護過程と連携したことで、この 24%については「過程 (process)」「結果 (outcome)」の因果関係が確立され看護の質の評価に用いることのできるデータであり、完全なものと言える。しかし、叙述的に書かれている看護記録の 76%に関しては、個々の看護師が考えた言葉で記録されており、看護計画に基づいていないため不完全なデータと言える。このように「実施」まではデータ化できたが、看護過程の「評価」の部分は連携していないため今後の課題としたい。

看護過程に沿ってシステムを構築したが看護実践用語の実施入力率は思ったほど増加していなかった。この理由として教育や使用方法が不十分なこと、組織としての看護記録のあり方に関する意思統一が不十分なことがあると考えられた。また、看護支援システムは完全ではないため、目の前の患者を正確に表現するためには叙述的記録が適しており、看護記録の方法として、叙述的な記録は最終まで残っていくと考える。この叙述的な記録を看護実践データとして活用できる方法を考えて行くことも今後の課題としたい。

結 論

看護過程を考慮した看護支援システムを構築したことで、看護実践用語の実施入力率が看護の質の評価のデータとして活用できる形となった。しかし、まだ叙述的記録の方が多かったことから、システム使用方法の教育が重要であることがわかった。今後の課題は、看護支援システムの「評価」のデータ化、システムの使用に関する使用方法の教育と徹底、看護組織としての看護記録のあり方の意思統一、叙述的記録を看護実践のデータとして活かしていく方法を考えていくことである。

20 歳代における睡眠の質・量に及ぼす外食の影響

柳生 知秀

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：赤澤 宏平 客員教授)

はじめに

日本の若者においては、睡眠時間は7時間未満が一般的である。不眠など睡眠障害は人々の抑うつを引き起こすことが明らかとなっているだけでなく、自殺念慮や自殺未遂へのリスクを増強させると過去に報告されている。

成人を対象にした研究で、睡眠と覚醒のリズムが不規則である者は、朝食の摂取頻度が5日未満、昼食や夕食の摂取量が多い傾向にあることが指摘されている。レストランやファストフードを週に2回利用する人は、そうでない人に比べて年間で約20000kcal多く摂取しているとする調査結果もあり、欠食だけではなく外食利用が睡眠の質・量に影響するのではないかと考えた。

目的

本研究は、朝食・昼食・夕食それぞれにおける週3回以上の欠食習慣や、週2回以上の外食利用の有無によって、睡眠の質・量に差があるか、統計的な評価を行うことを目的として行った。

方法

対象者はアンケート調査に特化した日本の民間企業が管理する候補者データベースから抽出し、倫理的配慮を明記した説明文書を提示し、同意の得られた重篤な疾患を抱えていない20~29歳の男女800人を抽出した。ベッド上で過ごす時間が16時間以上である人(n=16)、すべ

ての質問で同じ数字を選択している(n=60)または矛盾する回答をしている人(n=19)、睡眠薬の服用をしている人(n=60)を除外した584名(男性283名、女性301名)を対象に統計解析を行った。

年齢、性別、居住地、職業などの基本属性、1週間における朝食・昼食・夕食のそれぞれの摂取日数、自宅で調理する日数(以下、自炊日数とする)、持ち帰りの弁当や総菜・宅配・外食を利用する日数(以下、外食日数とする)を聴取した。ピッツバーグ睡眠質問票日本語版(以下、PSQI-J)を用い、過去1か月間の睡眠状況について聴取した。

PSQI-Jを用いて得られた睡眠状況は採点基準に従い、C1:睡眠の質、C2:入眠時間、C3:睡眠時間、C4:睡眠効率、C5:睡眠困難、C6:眠剤の使用、C7:日中覚醒困難(以下、それぞれC1、C2、C3、C4、C5、C6、C7)の各項目0~3点で採点し、和をPSQI-J合計スコアとして算出した。食事習慣(朝食・昼食・夕食における摂取日数・外食日数)と睡眠状況(睡眠時間、C1~C7のスコア、PSQI-J合計スコア)の相関関係について、Kendallの τ 統計量を用いて検討した。次に、朝食において、週3回以上の欠食がある群(以下、朝食高欠食群)・ない群(以下、朝食低欠食群)の2群に分け、睡眠状況に差があるかWilcoxon rank sum testを用いて検討した。昼食・夕食においても同様に検討を行った。さらに、週に2回以上外食を利用する群(以下、高外食群)とそうでない群(以下、低外食群)の2群に分け、

同様に検討した。すべての差の比較において、統計的有意性のレベルは $P < 0.05$ に設定した。統計解析には R (version 3.4.1, 2017, The R Foundation for Statistical Computing) を使用した。

結 果

睡眠時間が 7 時間未満であると回答した割合は、25 歳以下では 40.6%，26 歳以上では 52.4% であった ($p=0.039$)。

食事習慣と睡眠状況の相関係数の分析では、いずれの食事習慣においても、睡眠時間や C1～C7 における各スコア、PSQI-J 合計スコアとの明らかな相関関係を認めなかった。欠食習慣の高低による 2 群間比較では、いずれの 2 群間比較においても、睡眠時間および PSQI-J 合計スコアに有意差を認めなかった。外食・中食利用頻度による睡眠状況の 2 群間比較の結果、高外食群では平均睡眠時間は 6.59 時間、低外食群では 6.90 時間であり、有意差を認めた ($p=0.007$)。PSQI-J 合計スコアの平均値は高外食群で 4.91 であったのに対し、低外食群では 4.37 であり有意差を認めた ($p=0.006$)。また、C2: 入眠時間 (0.94vs0.84)，C3: 睡眠時間 (1.25vs1.03)，C7: 日中覚醒困難 (0.68vs0.56) で有意差を認め、いずれも高外食群で高い傾向が示唆された (それぞれ $p=0.04$, $p=0.007$, $p=0.025$)。

考 察

外食を週 2 回以上利用する人では、睡眠時間は短く、睡眠の質を評価する指標のひとつである PSQI-J 合計スコアが高い傾向が示唆された。過去の研究では、主観的な睡眠・覚醒リズムが不規則であると認識している人では、昼食と夕食の摂取カロリーが多い傾向にあると指摘されている。外食利用が熱量を多く摂取することにつながり、睡眠の質・量の低下に至る可能性があると考えられる。外食の利用は、食事を自分で準備する時間を減らし、時間的な負担やストレスを減らすことが出来ると考えられる。これもまた睡眠の質・量へ影響を及ぼすと考えられる。しかし、今回の調査では、頻繁な外食利用が睡眠の質・量を低下させる可能性が示唆された。したがって、学校教育や企業における保健指導において、食事を自分で調理して準備することの重要性や技術、外食によって 1 日の熱量摂取が増加しないように注意を払うよう指導する必要があるのではないかと考える。

結 論

週 3 回以上の欠食による睡眠の質・量の差は認められなかった。週 2 回以上の外食・中食利用は、短い睡眠時間および、高い PSQI-J 合計スコアに関連する可能性があるとして示唆された。

医療環境における無線 LAN 電波障害の実態と対策

— アルミ箔を用いた 5GHz 帯無線 LAN の DFS 簡易対策 —

山田 篤人

大学院 医療科学研究科 医療科学専攻

(指導教員：内藤 道夫 教授)

はじめに

電子工学や情報工学の進歩に伴い Information and Communication Technology (以下 ICT) 化が進んだ現在の保健医療福祉関連の現場では、多くの電波情報通信機器が利活用され、利便性が向上している。

海外では早くから心不全における遠隔モニタリングが行われて効果を上げており¹⁾、日本でも 1973 年より大阪大学の稲田らが中心となって心電図の遠隔監視を中心とする実証実験が行われ、1997 年に厚生労働省研究事業として情報・通信技術を応用した高齢者支援システムに引き継がれている²⁾。

2000 年 9 月から始まった政府の e-Japan 構想が 2002 年には e-Japan 重点計画 -2002³⁾ となり、医療現場の ICT 化は急速に進んだ。しかしながら、これに伴って電波情報通信化も進み、思わぬ電波干渉によりそれら機器への通信障害などが報告されるようになってきた^{4,5)}。

ひとつには、既設の医療環境で発生が確認されたテレメーターへの致命的な電波障害であり、これは喫緊の課題でもあり対策が急がれている⁹⁾。またそれらとともに、保健医療福祉関連施設内で利用されている無線 LAN での電波障害であり、私の経験においても放射線画像撮影システム間において院内医療情報システムの無線 LAN チャンネル混信により、医療インシデントが発生している⁶⁾。

不要電波問題対策 electromagnetic compatibility (以下、

EMC) は電力関連などを中心に 1950 年代に本格的な研究がなされている⁷⁾。関係団体や各企業団体などでも電波の医療機器等への影響に関する調査⁸⁾を実施してきたが、そのほとんどが電波暗室を用いた実験的フィールドである。保健医療福祉分野における実フィールドでの報告については、平成 27 年 9 月に総務省配下の電波環境協議会 (以下、EMCC) において医療機関における電波の適正な利用を確保するための取組等に関する検討が始まったところであって、保健医療福祉関連施設側での混信等に対する管理がまだ不十分であり報告事例数も少ない⁹⁾。

このような背景のまま、Internet of Things (以下、IoT) 機器はより広い多くの可能性を持つとされて、保健医療福祉関連分野における活用の検討が進んでいる。ここで利用される 5GHz 帯無線 LAN システムにおいては、共存せねばならない 5GHz 帯気象レーダー波等との混信問題を抱えているが、広い公共性を持ち出力も大きいゆえに、干渉するレーダー波に対しては混信回避仕様 Dynamic Frequency Selection (以下、DFS) による通信をするなど受け身の対策を迫られているのが現状であり^{10,11)}、ここに保健医療福祉関連設備で見えない通信障害が潜んでいる。

目的

本研究の目的は、第一に、5GHz 帯無線 LAN システムにも組み込まれている DFS による通信の途絶に着目し、

実フィールドにおいてその実態を可視化することである。第二に、レーダー波遮蔽による回避対策でのアルミ箔の厚みによる減衰効果を測定し、その有効性を実証することである。第三に、医療情報実践学的な立場から、日本の保健医療福祉分野における電波環境管理を推進し安心安全な電波運用ができることをめざした現実的な方策を示しつつ、本来のあり方を考察することである。

方法

測定は、以下の手順で行った。

- 1) 対象気象レーダー波を観測する。
- 2) 無線 LAN 電波のバックグラウンドが少ない場所を選び、レーダー波の強度を観測する。
- 3) 同じ観測地点でレーダー波の遮蔽を試みその効果を測定する。遮蔽物は一般家庭用アルミ箔（厚さ 11 μ m）を使用し、二枚重ねとした。

勤務先病院およびその環境に近い模擬的環境の中で、公開されている航空気象ドップラーレーダーや気象レーダーのデータを基に測定場所を 4 か所決定したうえで、スペクトラム測定器、ブロードバンドルータと結果データを分析するソフトウェアを用いて電波状況や DFS の影響等を実測・評価した。また、遮蔽効果については、アルミ箔を 2 枚用い計測・評価した。

結果

4 か所の測定場所における測定結果からは、次のような実態が把握できた。

公立西知多総合病院の 3 階および 9 階の西窓側では、病院内無線 LAN や近隣の 2.4GHz 帯と 5GHz 帯双方の無線 LAN のスペクトルが観測されるとともに、中部国際空港航空気象用ドップラーレーダーに相当する入感波が観測された。9 階では、名古屋気象台レーダーに相当するスペクトルも観察された。

中部国際空港を望む観測地点では、直接レーダー波の観測を行い、航空気象用ドップラーレーダーに相当する強い入感波が観測された。

遮蔽効果の測定においては、一般家庭用アルミ箔を用

いてその効果を実測・評価した。航空気象用ドップラーレーダーの直接波が観測される地点において、アルミ箔 2 枚にてシールドを施した状態でレーダー波強度を測定し、使用しない場合に比してその遮蔽効果が十分得られていることを証明した。

考察

保健医療福祉分野における電波管理状況は、関連機関の ICT 化が進む中で、利便性が評価追及される傾向が強く、管理が十分になされていない傾向が見受けられる。新築医療施設においてさえも、電波管理環境を構築しようとする意識がまだ低いのが現状である。こうした中で、既存の施設においても、大規模かつ専門的な電波調査やそれに伴う施設の電波シールドに関する大改修が必要であるにもかかわらず、対策が進まないのが現状である。これらの電波障害に対する管理の本質には、専門の知識や測定機が必要であり、また多大な時間と労力を要する割には施設全般的な電波環境を把握しにくいという課題に加えて、電波環境が良くない状態に例え気が付いていたとしても、その対策を立てる総合的スキルや手法、予算などが十分でないことも多い。

今回測定した DFS の影響についても、航空気象レーダーや気象レーダーといった公共性の高い電波との競合は、その優先度において現状では保健医療福祉側が通信の途絶をも受容せざるを得ない。5GHz 帯の無線 LAN は、非 DFS 帯のレーンが 1 レーンと DFS 帯の 4 レーンの合計 5 レーンの無干渉で 19 のチャンネルが利用可能であるが、DFS に影響を受けないチャンネルは W52 にあたるわずか 4 チャンネルであり、ここを中心に現在無数の無線 LAN 機器が共用しているのが現状である。

こうした中で、即効性のある電波障害対策として、電磁波遮蔽による気象用ドップラーレーダー波の遮蔽軽減を、一般家庭用アルミ箔を用いるという簡便な方法で考察し、実地で計測してその効果を証明することができた。

結論

今回の研究では、簡易なスペクトロアナライザーと観測用無線 LAN ルータにより、実際の病院建物内のへの

気象レーダー波侵入を確認した。

また DFS による影響を緩和すべくレーダー波入射方向に市販の一般家庭用アルミ箔を用いることにより、簡易

な電磁波遮蔽ができることを実証し、これを応用し安くて手軽なアルミ箔で、無線 LAN 電波のゾーニングやコントロールが可能であると結論づけた。