



Juntendo Health Science Journal

順天堂保健医療学雑誌

vol.

1



# 順天堂大学保健医療学雑誌第1巻第1号

## 目次

### 巻頭言

順天堂保健医療学雑誌の創刊に当たって ..... 代田浩之 ..... 1

### 論説

II型およびI型コラーゲンの分解・合成マーカーを用いた運動競技選手における  
軟骨・骨代謝の評価 ..... 長岡 功 他 ..... 2

### 原著

Improving the imaging of thoracic tumors using four-dimensional cone-beam  
CT with combined shared projection data ..... Keisuke Usui, et al. .... 9

Comparison between Multi-Band Readout-Segmented Echo-Planar Imaging and Single-Shot Echo-Planar  
Imaging by Diffusion Tensor Tractography: A Preliminary Study ..... Issei Fukunaga, et al. .... 17

### 研究報告

右臼蓋骨破壊が進行する中、自宅生活を継続した子宮体癌の1例 ..... 宮川 遥 他 ..... 23

Multiband-EPIにおける Leakage Artifact の抑制技術の影響 ..... 岩崎 敬 他 ..... 30

### 実践報告・その他

診療放射線学科のキャリアデザインゼミナール講義紹介 ..... 坂野康昌 ..... 39

「理学療法学科」の紹介 ..... 高橋哲也 他 ..... 42

逆風の中での歴史的開設「保健医療学部」の開設と診療放射線学科について ..... 坂野康昌 ..... 51

投稿規程 ..... 55

編集後記 ..... 58





## 順天堂保健医療学雑誌の創刊に当たって

2019年4月に順天堂大学の6つめの学部として保健医療学部が本郷・お茶の水キャンパスに開設されました。この学部は、理学療法学科と診療放射線学科の二つの学科で構成されています。世界が急速な高齢社会を迎え、人々の生活習慣や生活環境の変化が疾病構造を大きく変化させる中で、多職種で構成され多様な病態に対応するチーム医療の重要性が急速に高まっています。順天堂大学が6番目の学部を設立し、チーム医療に貢献する新しい人材育成に携わることはこの観点からも大きな意義があります。この学部では医学部と密に連携しながら、高度の専門知識と確かな技術力そして、学是“仁”の心を持った理学療法士、診療放射線技師を育成することが大きなミッションです。そのために、順天堂の特徴的な6附属病院に整備されている最新の設備と、豊かな経験を持った教員が充実した教育指導体制を構築して学生教育に当たっています。この環境は様々な医療現場に起こる問題を速やかに解決する臨床力を身につけると共に、臨床に直結した研究課題を提供してくれます。すなわち、研究においてもこの学部は医学研究科と連携しながら、保健医療そして医学の発展に貢献することがもう一つのミッションであります。理学療法学科では理学療法の効果を科学的に検証し、新しい方法論を開発して行きます。診療放射線学科では、放射線診断および放射線治療の新しい技術開発とその検証を進めるとともに、放射線科学の基礎的研究領域にも貢献して行くことが期待されています。

このような保健医療学部の活動の発信の場として、この度順天堂保健医療学雑誌を発刊しました。両学科の教育・研究そして臨床活動を紹介し、広く社会に発信する場として活用してもらえると幸いです。学内外から多くの論文が投稿され、活発な意見交換できる場となることを期待しています。

令和2年3月31日  
保健医療学部長  
代田浩之

## Ⅱ型およびⅠ型コラーゲンの分解・合成マーカーを用いた運動競技選手における軟骨・骨代謝の評価

長岡 功<sup>\*1)</sup>、吉村雅文<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 順天堂大学医学部生化学・生体防御学、<sup>2)</sup> 順天堂大学スポーツ健康科学部

### 要 旨

変形性関節症の病態評価に使われている、軟骨Ⅱ型コラーゲン分解マーカーCTX-II、Ⅱ型コラーゲン合成マーカーCPII、骨Ⅰ型コラーゲン分解マーカーNTxを用いて、大学の各種運動競技部に所属する男子学生の軟骨・骨代謝を評価した。その結果、NTxは非運動群に比べてサッカー、バレーボール、バスケットボール、ハンドボールの選手で高かった。また、CTX-IIもNTxと同様に非運動群に比べてサッカー、バレーボール、ハンドボールの選手で高かった。一方、CPIIは非運動群に比べてスカッシュ、陸上（長距離）の選手で高かった。さらに、CTX-II/CPII比は非運動群に比べてサッカー、バレーボール、バスケット、ハンドボールの選手で高い傾向にあった（Ⅱ型コラーゲンの分解が合成に比べて相対的に亢進していた）。以上、軟骨・骨のバイオマーカーを用いた検討によって、各種の運動競技の中で跳躍動作をとともう球技であるサッカー、バレーボール、バスケット、ハンドボールなどの競技選手において軟骨・骨代謝（Ⅱ型コラーゲンとⅠ型コラーゲンの分解）が非運動群に比べて亢進していることがわかった。

キーワード：バイオマーカー、軟骨・骨代謝、アスリート、Ⅱ型コラーゲン、Ⅰ型コラーゲン

順天堂保健医療学雑誌, 第1巻, 第1号, 2-8頁, 2020年

### 緒 言

関節に過剰な負荷がかかると、関節軟骨の損傷を引き起こす。そして、過剰な関節負荷が繰り返しかかるようなスポーツ選手では、関節軟骨の損傷・変性をともなう変形性関節症（osteoarthritis; OA）の発症リスクが高くなる<sup>1)</sup>。例えば、運動強度の高いサッカー競技ではOA罹患のオッズ比が3.5であると報告されている<sup>2)</sup>。したがって、運動競技選手（アスリート）におけるOA発症のリスクを低減するために、関節の状態（病態）を早期からモニターすることが求められている。興味深いことに、OAの動物モデルにおいて、バイオマーカーを用いることによって、軟骨損傷などの形態学的変化が現れるよりも早い段階で、軟骨の病的変化を検出できることが報告されている<sup>3)</sup>。そして、OAではCTX-IIをはじめ種々のバイオマーカーが軟骨損傷（変性）を反映することが示されている<sup>4)5)</sup>。そこで本稿では、軟骨Ⅱ型コラーゲンの分解マーカーCTX-II、Ⅱ型コラーゲンの合成マーカーCPII、骨Ⅰ型コラーゲンの分解マーカーNTxを用いて、大学の各種運動競技部に所属する選手の軟骨・骨代謝を評価した研究を紹介する<sup>6)</sup>。

### 関節疾患に関連するバイオマーカー（関節マーカー）

関節マーカーは、関節液、血液、尿中などに存在して、関節の病態を反映する骨・軟骨・滑膜由来の分子と定義される<sup>5)</sup>。

Ⅱ型コラーゲンは軟骨に多く存在し、マトリックスメタロプロテイナーゼ（matrix metalloproteinases, MMPs）などのコラーゲン分解酵素によって生じるC-末端ペプチド（Ⅱ型コラーゲンC末端テロペプチド；CTX-II）をⅡ型コラーゲン分解マーカーとして用いる<sup>7)</sup>（図1A）。一方、Ⅱ型コラーゲンの合成については、前駆体であるⅡ型プロコラーゲンが成熟する際に、C末端部分から遊離されるⅡ型コラーゲン・カルボキシプロペプチド（CPII）をⅡ型コラーゲンの合成マーカーとして用いる<sup>8)</sup>（図1B）。

さらに、OAの発症や進行には軟骨の下に存在する軟骨下骨のリモデリングが関与しており、OAの進行にともなって骨吸収マーカーが上昇することが知られている<sup>9)</sup>。そのため骨代謝を評価するために、骨Ⅰ型コラーゲンのC末端ペプチドCTX-I、N末端の架橋ペプチドNTxあるいは架橋分子デオキシピリジノリンを骨代謝マーカーとして用いる<sup>10)</sup>。

\*順天堂大学医学部生化学・生体防御学  
〒113-8421 東京都文京区本郷2丁目1番1号  
E-mail: nagaokai@juntendo.ac.jp

## 関節マーカーを用いた変形性膝関節症の評価

まず、これらのマーカーを用いて、変形性膝関節症(膝OA)における軟骨・骨代謝を健常人と比較した。そのために、安静時疼痛がないKellgren-Lawrence (K-L)分類<sup>11)</sup>においてグレード0~1の健常人17名(年齢70.5±5.2歳;平均±標準偏差)と、安静時疼痛がありK-L分類においてグレード2~4の膝OA患者16名(16名;年齢74.3±7.8歳)を対象に関節マーカーを測定した<sup>12)</sup>。具体的には、軟骨II型コラーゲンの分解マーカーとしてCTX-IIを、合成マーカーとしてCPIIを、尿あるいは血清を用いて測定した。また、骨代謝(I型コラーゲン分解)マーカーとしてNTxを測定した。

その結果、従来の報告に一致して<sup>4)</sup>、膝OAでは、II型コラーゲンの分解マーカーであるCTX-II(図2A)に加えて、骨代謝(吸収)マーカーのNTx(図2B)が健常人に比べて有意に高いことがわかった。このように膝OAでは、軟骨の破壊(II型コラーゲンの分解)に加えて、骨代謝の亢進(I型コラーゲンの分解)がおきていることが確認された。

さらに、II型コラーゲンの合成マーカーとして血清CPIIを測定したところ、健常人に比べて膝OAで有意に低く、膝OAにおけるII型コラーゲンの合成低下が示唆された(図2C)。さらに、II型コラーゲンの分解と合成の比率(CTX-II/CPII比)を比較したところ、健常人に比べて膝OAでCTX-II/CPII比が有意に高いことがわかった(図2D)。これは、膝OAの軟骨において、II型コラーゲンの分解が亢進(CTX-IIが上昇)する一方で、合成が低下(CPIIが低下)するために、CTX-II/CPII比が健常人よりも有意に高くなることを示している。これらの結果から、膝OAの病態ではII型コラーゲンの分解が亢進する一方、合成が低下し、II型コラーゲン代謝のバランスが崩れていることがわ

かった。実際、II型コラーゲンの分解と合成のバランスを評価することは、OAにおける軟骨損傷の進行を予測し、病態を評価するのに有用とされている<sup>13)14)</sup>。

## 関節マーカーを用いた、 運動の軟骨・骨代謝に及ぼす影響の評価

このような関節マーカーを用いて、運動負荷の軟骨・骨代謝に及ぼす影響が既に報告されている<sup>15)</sup>。O'Kaneらは、クロスカントリー、水泳、ボート競技の選手と非運動群の被験者について、CTX-IIとNTxを測定した。そして、水泳選手と非運動群に比べて、関節に負荷のかかるクロスカントリーとボート競技の選手においてCTX-II、NTxの値が高かったことから、これらの競技選手において、II型コラーゲンの分解とI型コラーゲンの分解が亢進していることを報告している<sup>15)</sup>。

そこで、各種運動競技の軟骨・骨代謝に及ぼす影響を評価するために、順天堂大学スポーツ健康科学部のサッカー、フットサル、硬式テニス、スカッシュ、バレーボール、バスケットボール、ハンドボール、野球、トライアスロン、水泳、剣道、柔道、体操、陸上競技(長距離・短距離・投擲・跳躍)の各部に所属する男子学生と運動をしない男子学生(非運動群)を対象として、尿中のCTX-II、CPII、NTxを測定した<sup>6)</sup>。

表1に、被験者学生の年齢、身長、体重、BMIを示す。被験者の年齢は、およそ20歳であり、身長は170 cm前後であったが、バレーボール、バスケットの選手は180 cm以上あった。また、体重はおおむね60 kg台であったが、バレーボール、柔道、バスケットボール、投擲の選手は70 kgあるいは90 kg以上、一方、長距離選手は50 kg台であった。その結果、BMIは柔道や投擲選手では高く、一方、長距離選手では低かった。

このように、競技種目によって、体格に差があった

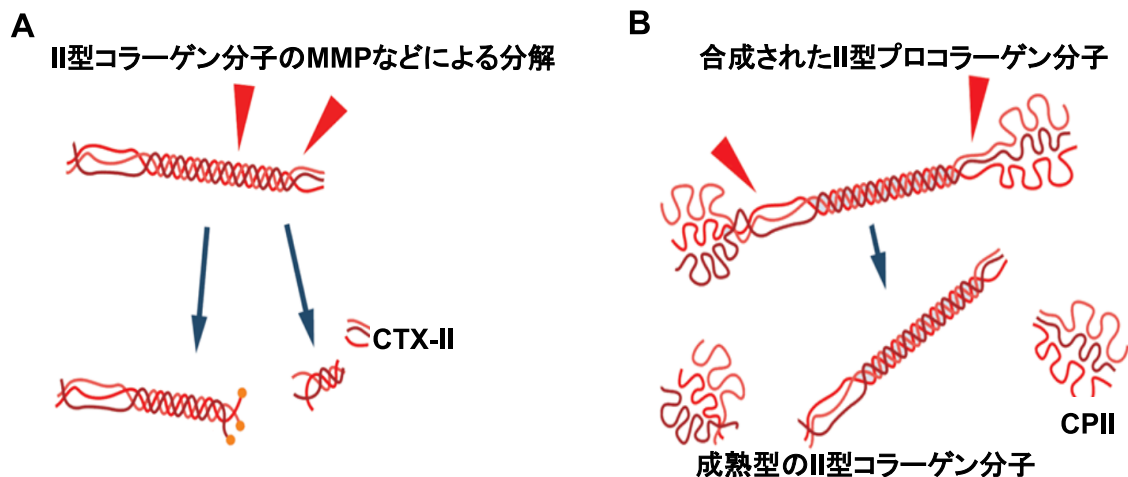


図1 II型コラーゲンの分解マーカーCTX-II (A) と合成マーカーCPII (B)

ので、BMIと軟骨・骨代謝マーカーの関係をまず調べてみた。その結果、NTx、CTX-II、CPIIともにBMIと負の相関があることがわかった（図3A, B, C）。したがって、今回、調べた運動競技選手において、BMIが低い競技選手ほど、軟骨・骨代謝が亢進していることがわかった。

つぎに、NTx、CTX-II、CPIIの間での相関を調べたところ、CTX-IIとNTx、すなわちII型コラーゲン分解とI型コラーゲン分解の間に正の相関が認められた（図4A）。一方、CPIIとNTx、CPIIとCTX-IIの間には、相関は認められなかった（図4B, C）。これらの結果から、今回、調べた運動競技選手において、II型コラー

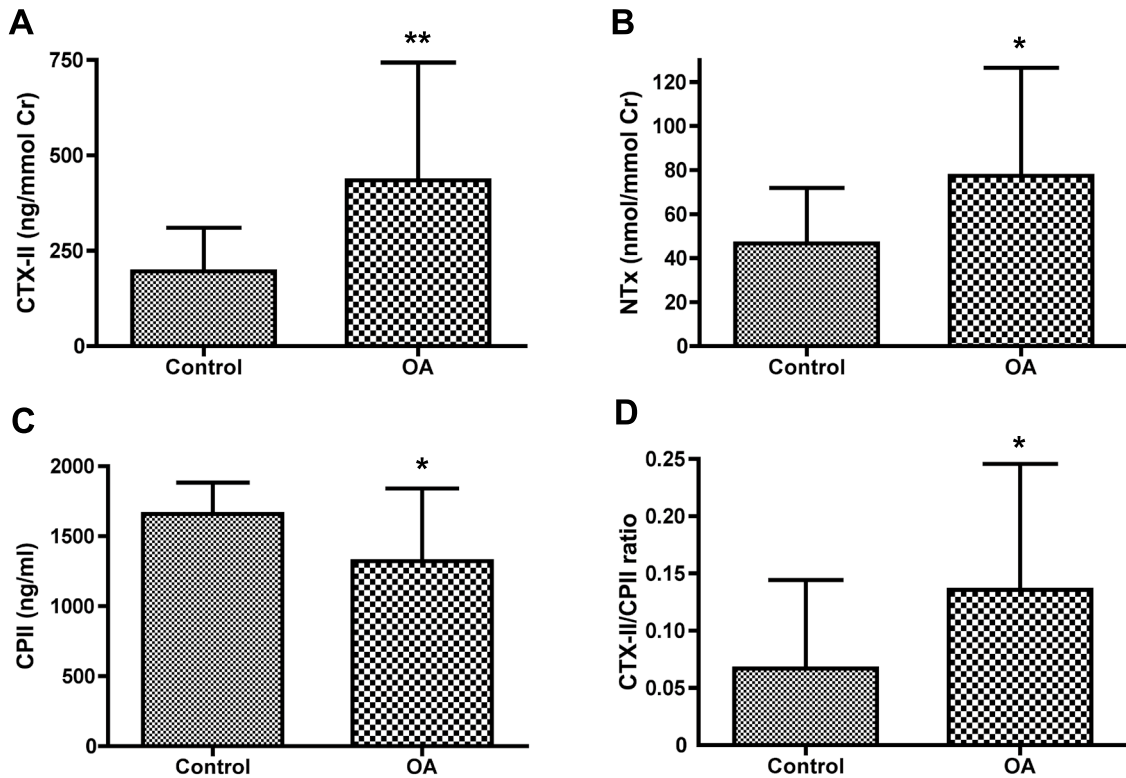


図2 健康人と膝OA患者におけるCTX-II、NTx、CPIIの比較<sup>9)</sup>

健康人 (Control) と膝OA患者 (OA) における尿中CTX-II (A)、尿中NTx (B)、血清CPII (C) の濃度をELISAで測定した。さらに、尿中CPIIを測定し、尿中CTX-II/尿中CPII比 (D) を算出した。尿中CTX-II、NTx、CPIIの濃度は尿中クレアチニン (Cr) で補正した。データは健康人17名と膝OA患者16名の平均±標準偏差を示す。

\*P<0.05, \*\*P<0.01文献12の図を改変した。

表1 被験者学生の年齢、身長、体重、BMI

		年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
非運動群	n=10	21.1 ± 2.7	171.0 ± 6.0	62.9 ± 3.0	21.6 ± 1.3
サッカー	n=10	19.3 ± 0.7	176.2 ± 5.2	68.3 ± 5.8	22.0 ± 1.4
硬式テニス	n=9	19.8 ± 1.1	173.5 ± 5.2	67.9 ± 5.3	22.5 ± 1.4
トライアスロン	n=10	20.3 ± 0.9	168.4 ± 2.5	62.0 ± 4.9	21.8 ± 1.3
スカッシュ	n=11	20.8 ± 1.4	168.2 ± 5.8	63.2 ± 6.5	22.3 ± 1.9
水泳	n=5	20.4 ± 0.9	179.8 ± 2.2	71.6 ± 4.2	22.1 ± 0.8
バレーボール	n=10	19.0 ± 0.7	183.4 ± 5.7	76.9 ± 6.5	22.8 ± 1.1
剣道	n=9	20.4 ± 0.5	169.6 ± 2.3	66.0 ± 3.6	22.9 ± 1.2
ハンドボール	n=10	18.8 ± 0.6	172.7 ± 5.5	66.5 ± 6.0	22.3 ± 1.9
野球	n=10	19.5 ± 1.1	172.6 ± 6.1	69.8 ± 4.8	23.4 ± 1.0
体操競技	n=10	20.5 ± 1.4	166.2 ± 4.7	60.7 ± 5.0	22.0 ± 1.1
柔道	n=10	18.7 ± 0.7	171.4 ± 5.6	79.7 ± 13.8	27.0 ± 3.5
バスケットボール	n=10	20.3 ± 1.3	181.9 ± 8.0	76.1 ± 7.9	23.0 ± 1.3
陸上競技・長距離	n=10	20.5 ± 1.2	167.3 ± 6.3	53.1 ± 4.3	19.0 ± 0.6
陸上競技・短距離	n=7	18.6 ± 0.5	173.3 ± 4.9	64.6 ± 5.0	21.5 ± 1.0
陸上競技・跳躍	n=10	19.2 ± 0.8	175.6 ± 4.3	65.1 ± 6.0	21.1 ± 1.4
陸上競技・投擲	n=9	18.8 ± 0.8	178.0 ± 4.6	94.7 ± 10.4	29.9 ± 3.0
フットサル	n=10	19.0 ± 0.9	171.1 ± 4.5	64.8 ± 4.5	22.2 ± 1.5

ゲン分解とI型コラーゲン分解が相関することがわかった。

そこで、各種運動競技選手におけるNTxのレベルを調べた。その結果、サッカー、バレーボール、バスケットボール、ハンドボールの選手においてNTxが非運動群に比べて有意に高いことがわかった(図5)。

さらに、各種運動競技選手におけるCTX-IIのレベルを調べた。その結果、NTxと同様に、サッカー、バレーボール、ハンドボールの選手においてCTX-IIが

非運動群に比べて有意に高いことがわかった(図6A)。

しかし、各種運動競技選手におけるCPIIのレベルを調べたところ、NTx、CTX-IIの結果とは異なり、スカッシュ、長距離の選手においてCPIIが非運動群に比べて有意に高いことがわかった(図6B)。

最後に、これらのデータを基に、各種運動競技選手におけるCTX-II/CPII比を比較した。その結果、有意差は必ずしも認められないものの、サッカー、バレー

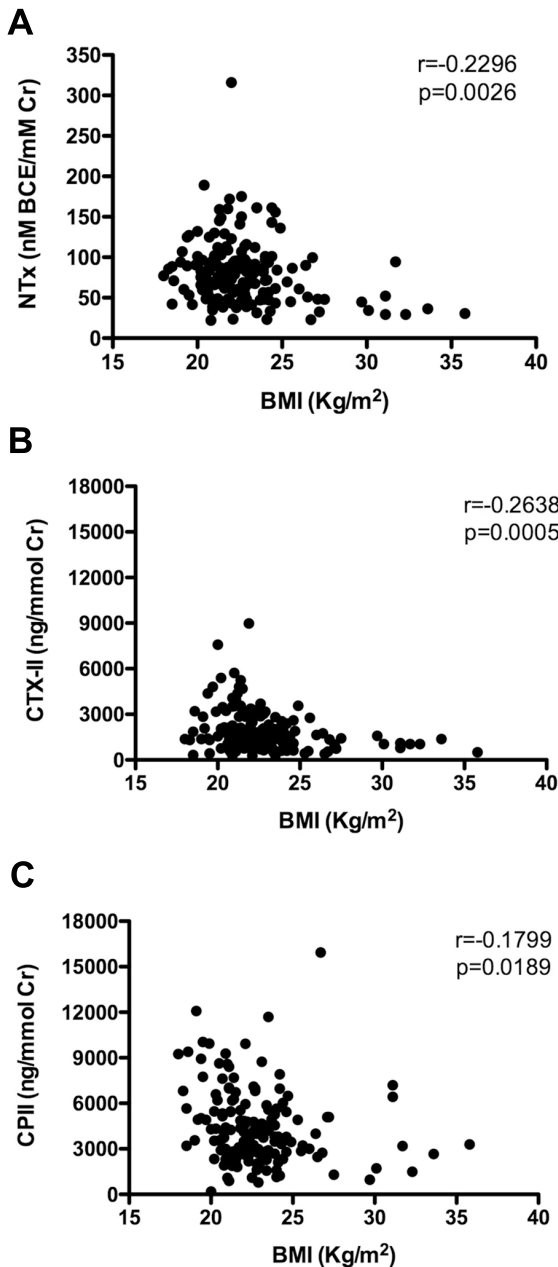


図3 BMIとNTx、CTX-II、CPIIとの相関性の解析  
表1に示す、非運動群学生および各種運動競技部に所属する学生全員のBMI、NTx、CTX-II、CPIIのデータを基に、NTxとBMI (A)、CTX-IIとBMI (B)、CPIIとBMI (C)の相関性を解析した。尿中CTX-II、NTx、CPIIの濃度は尿中クレアチニン(Cr)で補正した。rは相関係数、pは有意差水準を表す。文献6の図を改変した。

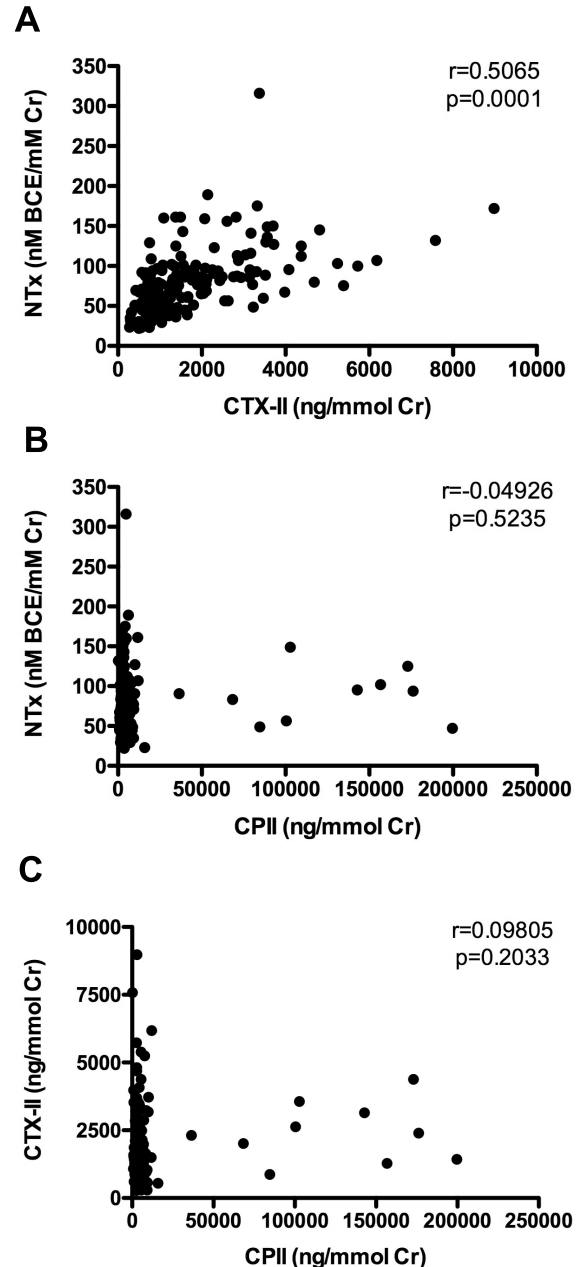


図4 NTx、CTX-II、CPIIの間の相関性の解析  
表1に示す、非運動群学生および各種運動競技部に所属する学生全員のNTx、CTX-II、CPIIのデータを基に、CTX-IIとNTx (A)、CPIIとNTx (B)、CPIIとCTX-II (C)の相関性を解析した。尿中CTX-II、NTx、CPIIの濃度は尿中クレアチニン(Cr)で補正した。rは相関係数、pは有意差水準を表す。文献6の図を改変した。



ボール、バスケットボール、ハンドボールなどの選手においてCTX-II/CPII比が非運動群に比べて高い傾向にあり(図6C)、これらの競技選手において、相対的にII型コラーゲンの分解が合成に比べて亢進していることが考えられた。

### まとめ

今回、紹介した研究において、軟骨II型コラーゲン分解マーカー、合成マーカーおよび骨I型コラーゲン分解マーカーなどの関節マーカーを用いて、各種運動競技部に所属する男子学生と運動をしない男子学生(非運動群)を対象として軟骨・骨代謝を評価した<sup>6)</sup>。そして、運動競技の中でも、跳躍動作をとまなう球技であるサッカー、バレーボール、バスケット、ハンドボールなどの競技選手において、軟骨代謝が亢進(相対的にII型コラーゲンの分解が合成に比べて亢進)している傾向が示された。また、これらの競技選手において骨代謝(I型コラーゲンの分解)も亢進していることがわかった。サッカー選手はOAに罹患するリスクが高いとされているが<sup>3)</sup>、この研究において<sup>6)</sup>、サッカー選手ではII型コラーゲンとI型コラーゲンの分解が亢進していることが示された。したがって、CTX-IIやNTxなどのバイオマーカーを用いてサッカー選手の関節の状態をモニターすることは、将来のOA発症のリスクを予測するために有用であると考えられる。さらに、この研究結果から<sup>6)</sup>、バレーボール、バスケット、ハンドボールなどの選手においてII型コラーゲンとI型コラーゲンの分解が亢進していたことから、

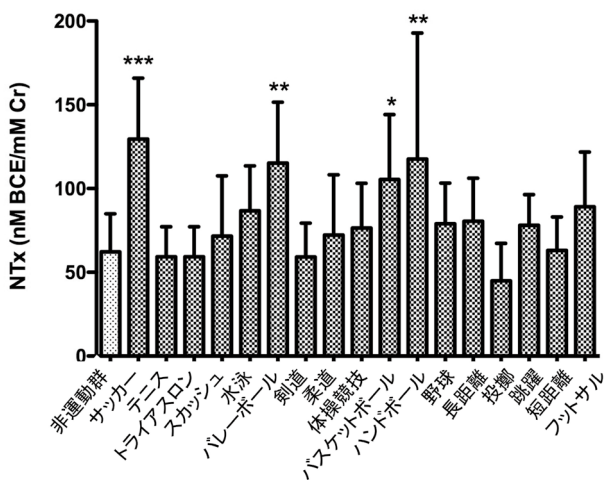


図5 各種運動競技選手におけるNTxレベルの比較

表1に示す、非運動群学生および各種運動競技部に所属する学生の尿検体を用いて、NTxをELISA法で測定し、尿中クレアチニン(Cr)で補正した。データは平均±標準偏差で示す。有意差は非運動群との間で解析した。

\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001文献6の図を改変した。

これらの運動競技選手においてもOA発症のリスクが高いことが予想される。しかし、これらの競技選手においてOAの発症リスクが本当に高いかどうかについて

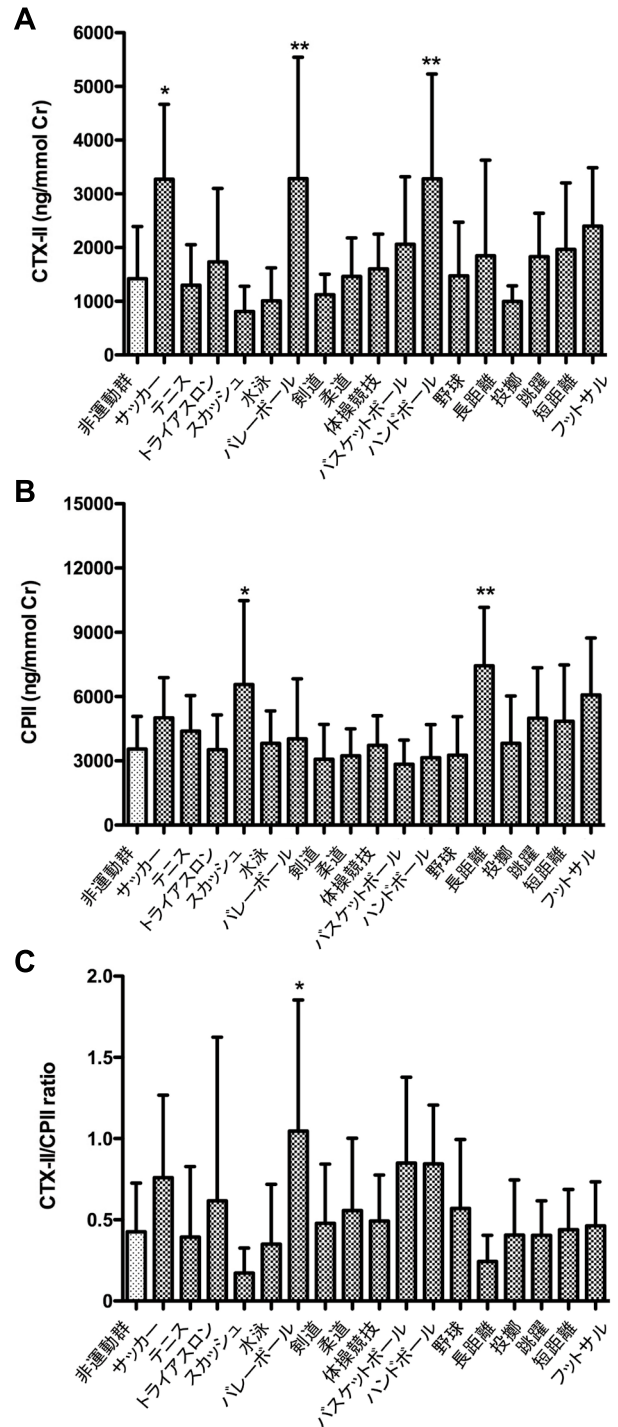


図6 各種運動競技選手におけるCTX-II、CPII、CTX-II/CPII比の比較

表1に示す、非運動群学生および各種運動競技部に所属する学生の尿検体を用いて、CTX-II (A) とCPII (B) をELISA法で測定し、尿中クレアチニン(Cr)で補正した。さらに、CTX-IIとCPIIのデータを基にCTX-II/CPII比を算出した。データは平均±標準偏差で示す。有意差は非運動群との間で解析した。

\*P<0.05, \*\*P<0.01文献6の図を改変した。

てはまだエビデンスがないことから、この点については今後の検討が必要とされる。

### 倫理的配慮

本論文は人を対象とした研究論文を引用している。承認はそれぞれの研究でなされており、本論文は、それらを引用した総説（論説）であることから、研究承認番号は記載していない。

### 利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

### 文献

- 1) Buckwalter JA, Lane NE. Athletics and osteoarthritis. *Am J Sports Med.* 1997;25:873-81.
- 2) Driban JB, Hootman JM, Sitler MR, Harris KP, Cattano NM. Is participation in certain sports associated with knee osteoarthritis? A systematic Review. *J Athl Train.* 2017;52:497-506.
- 3) Qi C, Changlin H: Effects of moving training on histology and biomarkers levels of articular cartilage. *J Surg Res.* 2006;135:352-363.
- 4) Garnero P, Piperno M, Gineyts E, Christgau S, Delmas PD, Vignon E: Cross sectional evaluation of biochemical markers of bone, cartilage, and synovial tissue metabolism in patients with knee osteoarthritis: relations with disease activity and joint damage. *Ann Rheum Dis.* 2001;60:619-626.
- 5) Rousseau JC, Delmas PD: Biological markers in osteoarthritis. *Nat Clin Pract Rheumatol.* 2007;3:346-356.
- 6) Nagaoka I, Tsuruta A, Yoshimura M: Evaluation of cartilage and bone metabolism in collegiate athletes belonging to various sports clubs by analyzing type II collagen degradation and synthesis, and type I collagen degradation. *Juntendo Med J.* 2018;64(Suppl 1):122-127.
- 7) Christgau S, Garnero P, Fledelius C, Moniz C, Ensig M, Gineyts E, et al: Collagen type II C-telopeptide fragments as an index of cartilage degradation. *Bone.* 2001;29:209-215.
- 8) Shinmei M, Ito K, Matsuyama S, Yoshihara Y, Matsuzawa K: Joint fluid carboxy-terminal type II procollagen peptide as a marker of cartilage collagen biosynthesis. *Osteoarthritis Cartilage.* 1993;1:121-128.
- 9) Radin EL, Rose RM: Role of subchondral bone in the initiation and progression of cartilage damage. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;213:34-40.
- 10) Bettica P, Cline G, Hart DJ, Meyer J, Spector TD: Evidence for increased bone resorption in patients with progressive knee osteoarthritis: longitudinal results from the Chingford study. *Arthritis Rheum.* 2002;46:3178-3184.
- 11) Kellgren JH, Lawrence JS: Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis.* 1957;16:494-502.
- 12) 渡 泰士, 内藤聖人, 長岡 功, 吉村雅文, 石島旨章, 山本哲郎, 他: 軟骨II型コラーゲンの分解マーカーC2Cと合成マーカーCPIIを用いた変形性膝関節症の病態評価. *日本膝関節学会誌・膝.* 2008;33: 233-237.
- 13) Garnero P, Ayral X, Rousseau JC, Christgau S, Sandell LJ, Dougados M, et al: Uncoupling of type II collagen synthesis and degradation predicts progression of joint damage in patients with knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* 2002;46:2613-2624.
- 14) Cahue S, Sharma L, Dunlop D, Ionescu M, Song J, Lobanok T, et al: The ratio of type II collagen breakdown to synthesis and its relationship with the progression of knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2007;15:819-823.
- 15) O'Kane JW, Hutchinson E, Atley LM, Eyre DR: Sport-related differences in biomarkers of bone resorption and cartilage degradation in endurance athletes. *Osteoarthritis Cartilage.* 2006;14:71-76.

## Abstract

### Evaluation of cartilage and bone metabolism in athletes using type II and type I collagen degradation and synthesis markers

Isao Nagaoka, M.D., Ph.D.<sup>1)</sup>, Masafumi Yoshimura, Ph.D.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Host Defense and Biochemical Research, Faculty of Medicine, Juntendo University,

<sup>2)</sup> Faculty of Health and Sports Science, Juntendo University

To evaluate cartilage and bone metabolism in athletes, the levels of type II collagen degradation maker CTX-II and synthesis markers CII, and type I collagen degradation marker NTx were measured using urine samples of collegiate athletes belonging to various sports clubs, and compared with those of non-athletes. NTx levels were significantly increased in soccer, volleyball, basketball and handball players compared with non-athletes. Similarly, CTX-II levels were significantly increased in soccer, volleyball and handball players compared with non-athletes. In contrast, CII levels were significantly increased in squash tennis players and long-distance runners compared with non-athletes. Moreover, CTX-II/CII ratios were increased in soccer, volleyball, basketball and handball players compared with non-athlete control, suggesting that type II collagen degradation is relatively increased compared with type II collagen synthesis in these players. Together these observations indicate that cartilage and bone metabolism (type II and type I collagen degradation) is enhanced in players of ball games associated with jumping action, such as soccer, volleyball, basketball and handball.

**Key Words:** biomarker, cartilage and bone metabolism, athlete, type II collagen, type I collagen

[Juntendo Health Science Journal 1 (1) : 2-8, 2020]



# Improving the imaging of thoracic tumors using four-dimensional cone-beam CT with combined shared projection data

Keisuke Usui, Ph.D.<sup>1)2)</sup>, Koichi Ogawa, Ph.D.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Radiological Technology, Faculty of Health Science, Juntendo University,

<sup>2)</sup> Department of Radiation Oncology, Faculty of Medicine, Juntendo University, <sup>3)</sup> Faculty of Science and Engineering, Hosei University

## Abstract

**Purpose:** A four-dimensional cone-beam computed tomography (4D-CBCT) can verify the target location by taking into account any movement, although the quality of the 4D-CBCT is affected by variations in respiratory motion and the sparse angular sampling caused by projection allocation. In this study, we investigated the effect of two data binning methods on image quality using respiratory signals from pseudo humans and evaluated the effectiveness of our proposed method of compensating the specific projection data by sharing other angular projections.

**Methods:** The 4D-CBCT projection data of the moving phantom were acquired and sorted according to the phase and amplitude respiratory signals from three respiratory motion patterns. The quality of the reconstructed image was evaluated for shape and position of the target. In our method, we could increase the number of sorted projection data by sharing certain projection views with neighboring projections within a 10 degrees range.

**Results:** The results of the experiments showed that the quality of the reconstructed target image was significantly affected by the inhalation and exhalation slopes of the respiratory motion. In amplitude binning, a lack of the number of projections were caused by a non-linearity breathing pattern, although by applying the proposed method, blurring of the target image was reduced by approximately 10% compared to that by the standard amplitude binning method. The accuracy of the target shape and the position in the reconstructed image were also improved.

**Conclusion:** The shared projection allocation method can improve the quality of imaging thoracic tumors using 4D-CBCT.

**Key Words:** cone-beam computed tomography, four-dimensional image, radiation therapy, projection data

Juntendo Health Science Journal 1 (1) : 9-16, 2020

## Introduction

Accurate irradiation techniques targeted to a small tumor volume are needed in stereotactic body radiotherapy and intensity-modulated radiation therapy<sup>1)</sup>. In these techniques, image information representing the tumor location in the patient, which is acquired before the x-ray irradiation, is very important. A kilo-voltage cone-beam computed tomography (CBCT) system mounted on a linear accelerator was developed to improve the accuracy of target localization<sup>2)</sup>. However, this system requires a long data acquisition time, which leads to motion artifacts and blurred reconstructed images<sup>3)</sup>. If the temporal location of a target is obtained using CBCT, the possibility of an excessive radiation dose to neighboring organs can be reduced.

As one solution to these problems, a four-dimensional CBCT (4D-CBCT) has been used for the accurate delineation of lung tumors. The 4D-CBCT is achieved

by sorting projection data into bins that correspond to different motions, as estimated by a specific respiratory signal. For respiratory binning, the two typical methods are phase binning (PB) and amplitude binning (AB). In the PB method, all the remaining projection data are sorted according to the phase of the respiratory signals into a fixed number of bins. In the latter method, projection data is sorted according to the amplitude of the respiratory signal, and this AB method can eliminate the frame misalignment errors<sup>4)-6)</sup>. However, the projection data is often bunched in non-continuously by missing CT slices either due to baseline shifts or the intrinsic non-linearity of the respiratory motion pattern. This bunched sampling pattern increases streak artifacts in the reconstructed images<sup>7) 8)</sup>.

Therefore, we investigated the effect of two data binning methods (the phase and amplitude of the respiratory

---

Corresponding author: Keisuke Usui  
Department of Radiological Technology, Faculty of Health Science, Juntendo University  
2-1-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan, 113-8421  
E-mail: k-usui@juntendo.ac.jp

ry signal) on the target image quality using pseudo respiratory motions. Moreover, we proposed a method to compensate the specific projection data by sharing other angular projections. In this sharing method, we can increase the number of sorted projection data by sharing certain projection views with neighboring projections within a range of 10 degrees. We verified the validity of our proposed method compared to the conventional binning method in terms of the accuracy of the target shape and positions by using phantom movement, which was simulated for the lung tumor.

## Materials and methods

### 1. Moving phantom image data acquisition

The 4D-CBCT full rotational scan projection images of the moving phantom were acquired by a flat panel detector and a bow-tie filter (True Beam; Varian Medical Systems, USA). The imaging x-ray configurations were 100 kVp, 20 mA per projection, and 662 projection images. We created a projection image of a moving sphere every 0.5 deg. over 360 deg., and then made sinograms to reconstruct 4D-CBCT images. Table 1 shows the conditions of the experimental study. The geometrical set-up is shown in Fig. 1. This figure shows a diagram of the moving phantom (target), which consisted of a solid water material (2 cm × 2 cm × 2 cm) on a moving table covered by a cork board (Dynamic platform model; CIRS, USA). We used three types of pseudo respiratory motions, which were surrogated to the chest surface motions, and the target was moved according to these respiratory signals shown in Fig. 2. These respiratory signals are different from the respiratory periods, phase shifts, and baseline shifts in each other.

Table 1 Conditions of the experimental study.

Projection image	768 × 1024 pixels
Pixel size	0.1 × 0.1 mm <sup>2</sup>
Number of projection data	662
Moving length of the target	2.0 cm
Reconstructed image	1024 × 1024 pixels
Reconstructed pixel size	0.1 × 0.1 mm <sup>2</sup>
Reconstruction algorithm	Filtered back projection
Reconstruction filter	Shepp & Logan

### 2. Respiratory binning method

To reconstruct the 4D image, projection data was sorted into ten respiratory bins using the phase and amplitude data. Details of each method are outlined in 1) and 2).

#### 1) PB method

In the PB method, the motion cycle of the target was identified by the location of the end exhalations in the respiratory signal. For each cycle, the entire phase was divided into ten bins; we decided to name these phase binning positions as (a)-(j) between each end exhalation. These projection data were then sorted by the same phase of the cycle and reconstructed for each bin.

#### 2) AB method

In the AB method, the positions of the target were equally divided into several spaced sections. We then divided the projection data into ten positions. We defined the highest and lowest boundaries from the target locations in the first phase of the motion, and decided the name of the target dividing position at (a)-(j) between these boundaries. Therefore, any displacements of the projection data beyond or below the upper or lower boundary were excluded from the reconstruction data.

### 3. Proposed method

In order to improve the accuracy of the target image in the 4D-CBCT, we complemented the virtual projec-

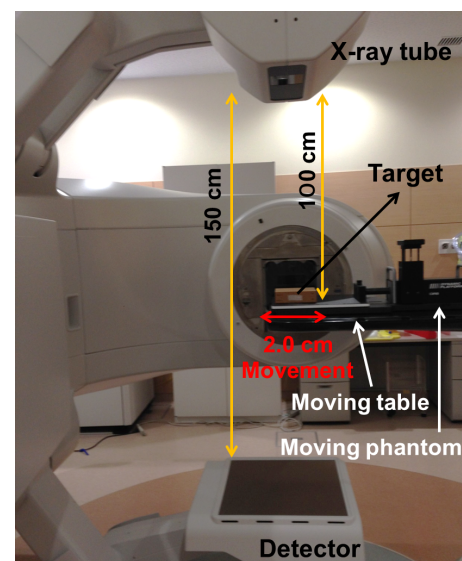


Fig. 1 Experimental set-up of the moving phantom simulated lung tumor.

tion data for the deficient sampling by using sparse angular projections. In our method, specific projections, which were assigned the projection data from another projection angle, from the neighboring respiratory bins were used to compensate the under-sampling of projection data. Figure 3 shows the projection data replacement method in one of the sinograms. The deficient sampling data is replaced by sharing certain projection data with neighboring views within 10 degrees. In the case where the sharing projection data does not exist within 10 degrees, we cannot replace the projection data. We then reconstructed the 4D-CBCT image with the phase and amplitude binning using the complemented sinogram. The threshold projection angle to search the assignment projection data was determined by using several boundaries of range of projection angle, as a result, 10 degrees is the most suitable range to

select the assigning projection data for the target image quality.

#### 4. Evaluation of the image quality

To evaluate the quality of the target image, we verified the accuracy of the target shape and the position. The accuracy of the target shape was assessed using the full width at half maximum (FWHM), which was acquired from each profile of the vertical cross-section in the reconstructed image (Fig. 4). As a reference FWHM value, the image of the stationary phantom, which was at the center position of the moving width, was obtained by the CBCT. We then compared the rate of change in the FWHM between the static and moving target images. Moreover, to determine the position of the target in the 4D-CBCT, we investigated the coordinates of the center position in the FWHM. The differences between

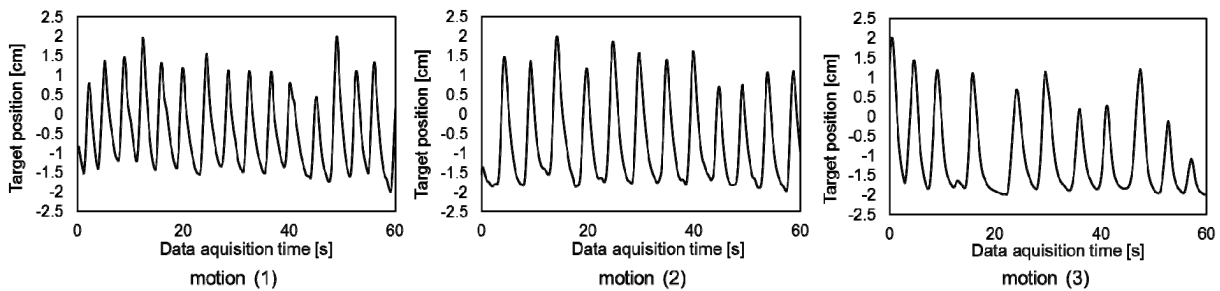


Fig. 2 The pseudo respiratory motions. Motion (1) shows a stable motion pattern in the exhalation and inhalation, motion (2) tends to be a long exhalation period motion pattern, and motion (3) shows the base-line shift motion pattern.

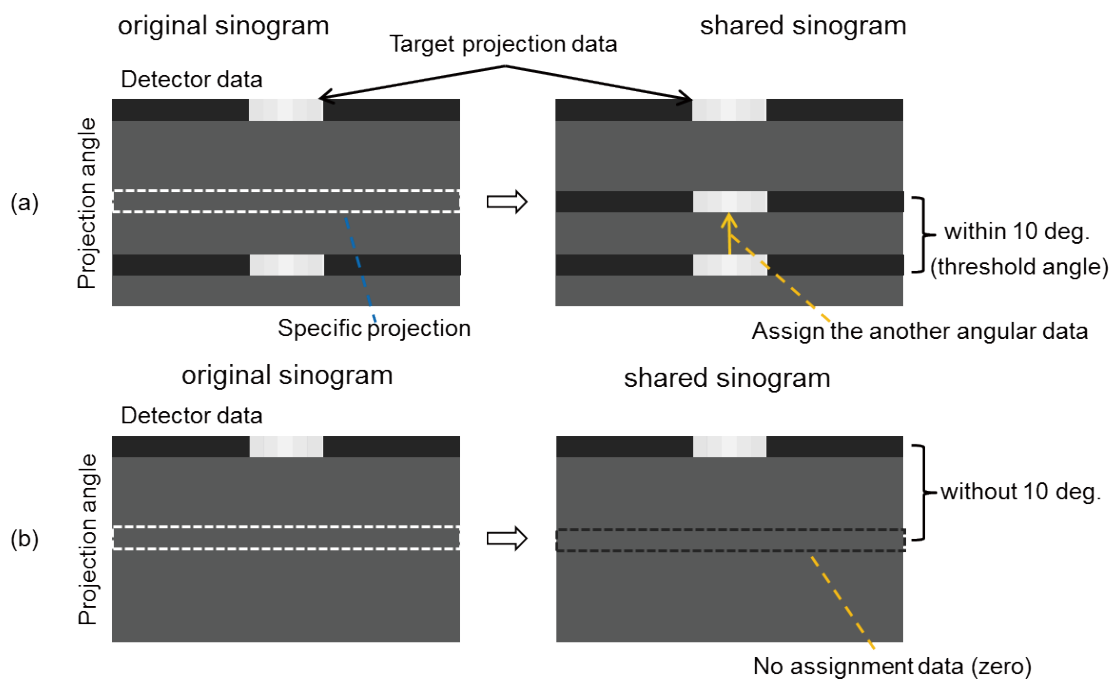


Fig. 3 Projection data assignment for the proposed method. (a) To share the projection data into specific angular positions (white dash line), another projection angle data within 10 degrees is assigned. (b) If there are no angle data within 10 degrees, the sinogram is kept at the original projection data.

the moving target position and the predicted position were compared. The predicted position represented the existence ratio of the target positions in segmented target positions. Thereby, if we can reconstruct the accurate target image using the 4D-CBCT, each target position would be consistent with these predicted positions.

## Results

Figure 5 shows the results of the 4D-CBCT reconstructed image in the respiratory phase of (e). These images are shown with sagittal reformatted image. In these figures, the AB method tends to improve the quality of the temporal target image, especially in reducing the motion blurring in the target image. On the other hand, the reconstructed images with the PB method were affected by the slope of the inspiration and expiration. The target shape at the time of intake was distorted using the AB method without the proposed method; however, the target shape and image contrast were improved using the proposed method. Tables 2-4 show the results of the FWHM determined from the target profiles and the comparison with the target positions. The results of the rate of ideal FWHM to measured FWHM were improved by about 10% compared to these of the PB method in Table 2. Moreover, in the result of Table 3, the mean rate of target FWHMs in all bins were impaired by 5% (PB) and 19% (AB) compared to the results with Table 2. In the result of Table 4, the differences between the measured and ideal positions were over 2.0 mm in many divided positions. However, errors of target positions using the AB method were reduced with the proposed method. In the results of the proposed method, the mean rate of target FWHMs in the

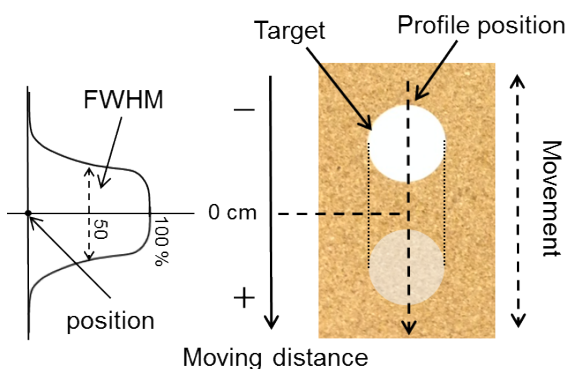


Fig. 4 Simulated moving phantom of lung tumor, and profile position and definition of the moving distance and direction in the reconstructed image.

PB and AB method were improved by 3.6% and 26.9% for motion (1), 0.9% and 13.5% for motion (2), and 4.1% and 7.1% for motion (3), respectively. The blurring of the reconstructed images with the proposed method was reduced, especially with a small number of projection data in each bin.

## Discussion

In this study, we evaluated the image quality of 4D-CBCT with a phase and amplitude binning method using three pseudo respiratory motions. Moreover, to improve the shape and location of the lung tumor image, we implemented a projection data sharing method combined with each binning method using the moving phantom study. In the results from the reconstructed image, in the case of the approximately symmetrical respiratory motion in Fig. 2-motion (1), the AB method was able to delineate the temporal target position as shown in Table 2. Therefore, the AB method has the potential to reduce target motion blurring, which is consistent with the findings of previous studies<sup>4-6</sup>. On the other hand, the PB method was affected by the misalignment of the respiratory location in each phase bin such that these deviations of the target position between each phase led to increased target motion blurring.

In the case of the long exhalation period motion pattern in Fig. 2-motion (2), the quality of reconstructed target images at the inhalation period were distorted (Table 3 (a)-(d)). Moreover, the amount of the position

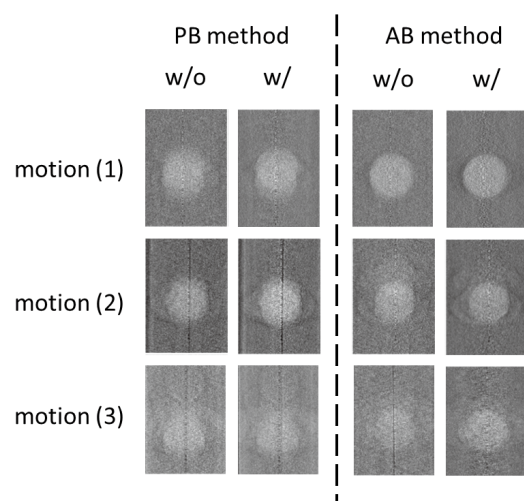


Fig. 5 Results of the reconstructed images in respiratory phase of (e) after the PB and the AB methods. (w/) shows the result with the proposed method, and (w/o) shows these without the proposed method.

errors of the target was increased (>2.0 mm). Similar to another study<sup>6)</sup>, in this motion pattern, target images were affected by the slope of the inspiration and expiration with the fast-moving speed of the target into the divided position. In motion (2) with the AB method, the numbers of the projection data were reduced by about 20% compared to motion (1) in the inhalation period of (a)-(d); such a reduction of the projection data degraded the image quality of the target using the AB method.

In the results of motion (3), the inhalation period was quite short, and the target positions between each phase were unstable, so a large degradation of the image quality therefore appeared. Moreover, the target position noticeably shifted during the data acquisition (base-line shift). Using the AB method, blurring was reduced at the end of exhalation, although the target shape and position were distorted at the time of inhalation, because the sampled projection data were significantly reduced by the base-line shift in (a) 17, (b) 25, and (c) 27 projections, respectively. On the other hand, in the PB method, the number of projection images used for reconstruction was approximately equal (63-70 projections), but the image quality was significantly affected by the location and slope of the respiratory motion in each phase. As shown in the previous studies<sup>5) 6)</sup>, the non-linearity of the breathing motion pattern led to missing

numbers of projection images, therefore, the projection data binning method using the 4D-CBCT was also significantly affected by the respiratory motion pattern.

In the results of applying the proposed method, errors of target positions were reduced in each reconstruction method. These results show the possibility to reducing motion blurring in 4D-CBCT. In previous research, to compensate the under-sampling of projection data, multiple-gantry rotation and slow-scan rotation systems were investigated in order to evenly distribute projections in each respiratory bin<sup>9) 10)</sup>. This technique needs a relatively long data acquisition time, and therefore, increases the risk of the patient inadvertently moving. Moreover, in reconstruction approaches, the McKinnon-Bates algorithm<sup>7) 11)</sup> and the compressed-sensing based algorithm<sup>12) 13)</sup> reduced noise and streak artifacts by exploiting the smooth yet temporally blurred 3D standard image reconstruction without respiratory binning. However, the improvement in image quality is limited, and inefficient and unfeasible for clinical use because of the calculation time required<sup>14)</sup>. In our proposed method, projection data in under-sampling was assigned from another angular projection data; the numbers of projection data were therefore greatly increased in each bin. In the AB method, projection data was selected based on the target position,

Table 2 Results of the FWHM, reduction rate and target positions in motion (1).

motion (1) binning method	position	FWHM (pixel)		ratio* (%)		position (cm)		
	ideal	73		-		ideal	measurement	
		w/o	w/	w/o	w/		w/o	w/
phase	(a)	92	90	21	19	1.3	1.3	1.3
	(b)	98	95	26	23	0.3	0.6	0.6
	(c)	106	105	31	30	-0.7	-0.6	-0.5
	(d)	101	107	28	32	-0.9	-1.0	-0.8
	(e)	101	97	28	25	-0.3	-0.3	-0.3
	(f)	98	97	26	25	0.3	0.3	0.3
	(g)	95	93	23	22	0.8	0.6	0.6
	(h)	85	86	14	15	1.1	0.9	0.9
	(i)	85	86	14	15	1.3	1.3	1.3
	(j)	84	81	13	10	1.5	1.4	1.5
amplitude	(a)	82	80	11	9	-1.2	-1.2	-1.2
	(b)	91	88	20	17	-1.0	-1.0	-1.0
	(c)	89	85	18	14	-0.7	-0.7	-0.7
	(d)	84	80	13	9	-0.4	-0.5	-0.5
	(e)	88	80	17	9	-0.1	-0.3	-0.2
	(f)	89	85	18	14	0.2	0.1	0.1
	(g)	81	77	10	5	0.4	0.4	0.4
	(h)	86	82	15	11	0.7	0.7	0.7
	(i)	85	82	14	11	1.0	0.9	1.0
	(j)	80	79	9	8	1.3	1.2	1.3

\*ratio = (1 - FWHM of ideal / each FWHM) × 100 (%)

therefore, the proposed method can reduce target motion blurring. On the other hand, in the PB method, sharing another angular projection has the possibility of increasing the amount of different target location data in irregular phase motion pattern. In the results from the

target position in Table 3, error values were over 2.0 mm in several bins with the AB method, however, positional errors were reduced to less than 2.0 mm with combining the proposed method. In the case of motion (3), the proposed method did not show effective results.

Table 3 Results of the FWHM, reduction rate and target positions in motion (2).

motion (2) binning method	position	FWHM (pixel)		ratio (%)		position (cm)		
	ideal	73		-		ideal	measurement	
		w/o	w/	w/o	w/		w/o	w/
phase	(a)	128	122	43	40	1.7	0.7	0.7
	(b)	109	115	33	37	0.9	-0.8	-0.7
	(c)	98	98	26	26	-0.4	-1.0	-1.0
	(d)	121	121	40	40	-0.9	-0.1	0.0
	(e)	97	91	25	20	-0.2	0.6	0.7
	(f)	103	101	29	28	0.6	0.9	0.9
	(g)	95	94	23	22	1.1	1.3	1.2
	(h)	88	89	17	18	1.5	1.7	1.7
	(i)	90	89	19	18	1.7	1.8	1.7
	(j)	85	87	14	16	1.8	1.6	1.6
amplitude	(a)	115	106	37	31	-1.3	-0.9	-1.0
	(b)	119	113	39	35	-1.0	-0.5	-0.8
	(c)	115	104	37	30	-0.6	-0.2	-0.4
	(d)	116	111	37	34	-0.3	-0.1	-0.1
	(e)	137	108	47	32	0.0	-0.3	0.2
	(f)	125	98	42	26	0.4	0.1	0.5
	(g)	106	98	31	26	0.7	0.9	0.9
	(h)	95	89	23	18	1.0	1.2	1.1
	(i)	93	97	22	25	1.4	1.3	1.3
	(j)	91	93	20	22	1.7	1.5	1.5

\*ratio =  $(1 - \text{FWHM of ideal} / \text{each FWHM}) \times 100 (\%)$

Table 4 Results of the FWHM, reduction rate and target positions in motion (3).

motion (3) binning method	position	FWHM (pixel)		ratio (%)		position (cm)		
	ideal	73		-		ideal	measurement	
		w/o	w/	w/o	w/		w/o	w/
phase	(a)	106	102	31	28	1.7	1.3	1.4
	(b)	142	128	49	43	0.8	-0.1	0.0
	(c)	118	118	38	38	0.1	-0.5	-0.6
	(d)	130	125	44	42	0.1	0.0	0.0
	(e)	132	123	45	41	0.4	0.8	0.6
	(f)	108	105	32	30	0.9	1.5	1.4
	(g)	97	96	25	24	1.4	1.7	1.6
	(h)	89	90	18	19	1.6	1.9	1.9
	(i)	96	94	24	22	1.7	1.9	2.0
	(j)	91	92	20	21	1.9	2.1	2.2
amplitude	(a)	83	79	12	8	-1.2	-0.8	-1.0
	(b)	102	104	28	30	-0.9	-1.6	-1.4
	(c)	114	113	36	35	-0.6	-0.4	-0.6
	(d)	120	95	39	23	-0.3	-0.1	0.0
	(e)	113	100	35	27	0.0	0.3	0.3
	(f)	118	112	38	35	0.4	0.7	0.6
	(g)	118	107	38	32	0.7	0.9	0.8
	(h)	110	116	34	37	1.0	0.9	1.0
	(i)	101	110	28	34	1.4	1.3	1.2
	(j)	94	100	22	27	1.7	1.8	1.7

\*ratio =  $(1 - \text{FWHM of ideal} / \text{each FWHM}) \times 100 (\%)$

Therefore, if the original target image was inaccurate due to unstable respiratory motion, it is possible that the proposed method will further deteriorate the target image quality. In the similar approach to using projection data from the neighboring respiratory bins<sup>8)</sup>, this method can also control the streaking and motion blurring by limiting the amount and the distance from the neighboring bins, although it includes potential problems in realizing the processing time and the implementation of the optimization calculation. The target image quality in the 4D-CBCT depends on the relationship between the respiratory motion pattern and the projection data binning method used. In the PB method, differences between the target positions in each phase affected target blurring. In the AB method, a base-line shift and non-linearity motion caused under-sampling in the projection binning technique; however, by sharing another angular projection data in the proposed method, the accuracy of the target shape and position can be improved.

The proposed method is focused only on the target image, so we are unable to accurately reconstruct the body surface or other organs. Because many organs are not symmetrical in shape, the projection data of the sinogram is different at each projection angle. Therefore, sharing another angular projection data lead to inaccurate reconstructed image of the body surface or other organs. In this study, we did not consider the deformation of the target shape, although the tumor treated by the high precision radiotherapy is small (<5.0 mm) and approximately a symmetrical circular shape. To further evaluate the range of the target movement and to use the irradiation positioning set-up to assess how effective the method is, actual patient tumors should be used.

## Conclusion

We visualized the temporal positions of the moving target using sorted projection data in the phase and amplitude stages of pseudo respiratory motion. Furthermore, we proposed the projection data sharing method to assign another angular projection data in sparse angular sampling. The quality and accuracy of the 4D-CBCT image depend on the target motion and the projection data binning methods. The improvement in image quality using the proposed method is more effective when using AB than PB method. This proposed method using shared projection data has the feasibility

to reduce lung tumor motion blurring and to improve image quality and patient positioning in radiotherapy using 4D-CBCT.

## Acknowledgments

We would like to thank the member of the Juntendo university department of radiation oncology. In addition, we thank the Juntendo university hospital department of radiology.

## Ethical approval

This article does not contain any studies performed with human participants or animals.

## Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

## References

- 1) Barney BM, Lee RJ, Handrahan D, Welsh KT, Cook JT, Sause WT; Image-guided radiotherapy (IGRT) for prostate cancer comparing KV imaging of fiducial markers with cone beam computed tomography (CBCT). *Int J Rad Oncol Biol Phys.* 2011.80.301-305. doi: 10.1016/j.ijrobp.2010.06.007.
- 2) Ding GX, Duggan DM, Coffey CW, Deeley M, Hallahan DE, Cmelak A, et al.; A study on adaptive IMRT treatment planning using kV cone-beam CT. *Radiother Oncol.* 2007.85.116-125. doi: 10.1016/j.radonc.2007.06.015.
- 3) Sonke JJ, Zijp L, Remeijer P, van Herk M; Respiratory correlated cone beam CT. *Med Phys.* 2005. 32.1176-1186. doi: 10.1118/1.1869074.
- 4) Abdelnour AF, Nehmeh SA, Pan T, Humm JL, Vernon P, Schöder H, et al.; Phase and amplitude binning for 4D-CT imaging. *Phys Med Biol.* 2007. 52:3515-3529. doi: 10.1088/0031-9155/52/12/012.
- 5) Yamamoto T, Langner U, Loo BW Jr, Shen J, Keall PJ; Retrospective Analysis of Artifacts in Four-Dimensional CT Images of 50 Abdominal and Thoracic Radiotherapy Patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2008.72.1250-1258. doi: 10.1016/j.ijrobp.2008.06.1937.
- 6) Thenqumpallil S, Germond JF, Bourhis J, Moecki R; Impact of respiratory-correlated CT sorting algorithms on the choice of margin definition for free-breathing lung radiotherapy treatments. *Radiother Oncol.* 2016. 119.438-443. doi: 10.1016/j.radonc.2016.03.015.



- 7) Leng S, Zambelli J, Tolakanahalli R, Nett B, Munro P, Star-Lack J, et al.; Streaking artifacts reduction in four-dimensional cone-beam computed tomography. *Med Phys*. 2008.35.4649-4659. doi: 10.1118/1.2977736.
- 8) O'Brien RT, Kipritidis J, Shieh CC, Keall PJ; Optimizing 4DCBCT projection allocation to respiratory bins. *Phys Med Biol*. 2014.59.5631-5649. doi: 10.1088/0031-9155/59/19/5631.
- 9) Lu J, Guerrero TM, Munro P, Jeung A, Chi PC, Balter P, et al.; Four-dimensional cone beam CT with adaptive gantry rotation and adaptive data sampling. *Med Phys*. 2007.34:3520-3529. doi: 10.1118/1.2767145.
- 10) Li T, Xing L; Optimizing 4D cone-beam CT acquisition protocol for external beam radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2007.67.1211-1219. doi: 10.1016/j.ijrobp.2006.10.024.
- 11) Mc Kinnon GC, Bates RH; Towards imaging the beating heart usefully with a conventional CT scanner. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1981.28.123-127. doi: 10.1109/TBME.1981.324785.
- 12) Sidky EY, Pan X; Image reconstruction in circular cone-beam computed tomography by constrained, total-variation minimization. *Phys Med Biol*. 2008.53.4777-4807. doi: 10.1088/0031-9155/53/17/021.
- 13) Ritschl L, Bergner F, Fleischmann C, Kachelrieß M; Improved total variation-based CT image reconstruction applied to clinical data. *Phys Med Biol*. 2011.56. 1545-1561. doi: 10.1088/0031-9155/56/6/003.
- 14) Bergner F, Berkus T, Oelhafen M, Kunz P, Pa T, Grimmer R, et al.; An investigation of 4D cone-beam CT algorithms for slowly rotating scanners. *Med Phys*. 2010. 37.5044-5053. doi: 10.1118/1.3480986.

---

---

## 要旨

### 異なる投影角のデータを共有した4次元コーンビームCTによる胸部腫瘍画像への画質改善効果

臼井桂介<sup>1)2)</sup>、尾川浩一<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 順天堂大学保健医療学部診療放射線学科、

<sup>2)</sup> 順天堂大学医学部放射線治療学講座、

<sup>3)</sup> 法政大学理工学部

**目的：**4次元コーンビームCTにより動きを伴う腫瘍の位置を映像化することが可能であるが、その画質は呼吸運動や投影データの分割化に伴う粗いサンプリングの結果により劣化する。本研究では、2つの投影データの分割法が画質に与える影響について疑似呼吸波形を用いて調査し、隣接した投影データを共有し画質改善を図るといふ提案手法の有効性を検証した。

**方法：**模擬腫瘍ファントムに対する4次元コーンビームCTの投影データを取得し、3つの疑似呼吸波形からの位相および振幅の情報に基づいて、この投影データを分割化し画像再構成を行った。画質評価のため、模擬腫瘍画像の形と位置を定量的に評価した。提案手法では、特定の投影角から±10°以内に存在する投影データを共有することで、画像再構成に用いる投影データの数を仮想的に増加させ画質改善を試みた。

**結果：**実験の結果、模擬腫瘍の画質は吸気および呼気の呼吸運動に伴った動きの影響を大きく受けた。標的の振幅位置に基づく投影データ分割法では、非線形的な呼吸運動パターンに対して分割化された投影データ数が減少したが、提案手法により標的のブラーが約10%減少した。よって提案手法により、再構成画像内の模擬腫瘍の形と位置の正確性を向上できることが実証された。

**結論：**異なる投影角の投影データを共有することによって、4次元コーンビームCTから取得した胸部腫瘍の画質を改善させることが可能となった。

**キーワード：**コーンビームCT、4次元画像、放射線治療、投影データ

[順天堂保健医療学雑誌, 第1巻, 第1号, 9-16頁, 2020年]



# Comparison between Multi-Band Readout-Segmented Echo-Planar Imaging and Single-Shot Echo-Planar Imaging by Diffusion Tensor Tractography: A Preliminary Study

Issei Fukunaga, RT Ph.D.<sup>1)</sup>, Masaaki Hori, M.D. Ph.D.<sup>2)</sup>, Katsutoshi Murata, M.Sc.<sup>3)</sup>, Nozomi Hamasaki, RT<sup>4)</sup>, Shuji Sato, RT<sup>4)</sup>, Haruyoshi Houshito, RT<sup>4)</sup>, Yasuaki Sakano, RT Ph.D.<sup>1)</sup>, Shigeki Aoki, M.D. Ph.D.<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Faculty of Health Science, Department of Radiological Technology, Juntendo University,

<sup>2)</sup> Department of Radiology, Toho University Omori Medical Center, <sup>3)</sup> Siemens Healthcare Japan,

<sup>4)</sup> Department of Radiological Technology, Juntendo University Hospital, <sup>5)</sup> Department of Radiology, School of Medicine, Juntendo University

## Abstract

Readout-segmented echo-planar imaging (RS-EPI) uses shorter echo-spacing than single-shot EPI (SS-EPI), which reduces susceptibility artifacts. However, RS-EPI requires a longer scan time than SS-EPI. Multi-band (MB) is a rapid scanning technique to simultaneously excite multiple slices by sending excitation pulses; although, it has been difficult to separate the simultaneously acquired slices. However, the blipped-controlled aliasing in parallel imaging results in higher acceleration (CAIPIRINHA) technique has been developed as a powerful tool to increase the distance between aliasing pixels. Moreover, split-slice-generalized autocalibrating partially parallel acquisition (SP-SG) has also been developed as a reconstruction method of CAIPIRINHA. We obtained multiple slices simultaneously using the blipped-CAIPIRINHA technique and reconstructed them using the SP-SG method. In this study, we compared the results of diffusion tensor imaging (DTI) analysis with those of MB RS-EPI and SS-EPI. Three normal healthy subjects participated in this study. DTI data sets were acquired on a clinical 3 Tesla magnetic resonance imaging (3T-MRI) scanner. Similar parameters were used in the MB RS-EPI and SS-EPI techniques. The areas and the mean distance of distortion in the frontal lobe were evaluated. We also calculated the fractional anisotropy (FA) values and performed tractography with TrackVis. MB RS-EPI effectively reduced the distortion in the frontal lobe compared with MB SS-EPI. Our results demonstrated that the FA values are equivalent between MB RS-EPI and SS-EPI. Furthermore, MB RS-EPI improved visualization of the pontine crossing fiber and uncinate fasciculus tractography. In conclusion, DTI analysis with MB RS-EPI improved tractography visualization compared with MB SS-EPI. The clinical use of RS-EPI in combination with MB may be a solution to reduce the scan time.

**Key Words:** Diffusion Tensor Imaging, Multi-Band, Readout-Segmented EPI, Single-Shot EPI, Diffusion Tensor Tractography

Juntendo Health Science Journal 1 (1): 17-22, 2020

## Introduction

Diffusion-weighted imaging (DWI) is widely used in clinical MRI. The behavior of water diffusion is based on the Brownian motion of water molecules. DWI was introduced in the clinical MRI technique in the 1990s<sup>1)-3)</sup>. DWI can detect cerebral ischemia or infarction with imaging times in the range of 1-2 min<sup>4)</sup>. Diffusion tensor imaging (DTI) is a powerful tool that enables the *in vivo* examination of white matter anisotropy in the human brain. Diffusion anisotropy is a useful parameter derived from the directional distribution of diffusivity. Fractional anisotropy (FA) is a widely used diffusion anisotropy metric; it is scaled from 0 (isotropic) to 1

(anisotropic)<sup>5)</sup>. The degree of diffusion anisotropy have correlated with microstructural changes in neural tissues<sup>6)</sup>.

Generally, DWI uses echo-planar imaging (EPI) sequences for fast scanning. However, EPI sequence is affected by artifacts caused by susceptibility changes in air-tissue interfaces such as the orbitofrontal cortex and anterior medial temporal lobes. The readout-segmented EPI (RS-EPI) technique enables minimizing susceptibility distortions and  $T_2^*$  image blurring<sup>7)</sup>. This is because RS-EPI uses shorter echo-spacing than single-shot EPI (SS-EPI), which reduces the susceptibility and blurring<sup>8)</sup>. However, RS-EPI requires a longer scan time than SS-EPI.

---

Corresponding author: Issei Fukunaga

Department of Radiological Technology, Faculty of Health Science, Juntendo University

2-1-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan, 113-8421

E-mail: ifukuna@juntendo.ac.jp

Multi-band (MB) is a rapid scanning technique to simultaneously excite multiple slices by sending excitation pulses<sup>9) 10)</sup>. MB techniques can reduce the scan time or increase the number of slices for a fixed scan time<sup>11)</sup>. The parallel imaging technique is also used as a rapid scanning technique. It can eliminate phase encoding steps during an acquisition<sup>12)</sup>. The controlled aliasing in parallel imaging results in higher acceleration (CAIPIRINHA) technique can reduce aliasing artifacts during data acquisition by the shifting phase<sup>13) 14)</sup>. Recent studies have proposed the MB with blipped-CAIP-IRINHA technique<sup>15) 16)</sup>, which has the potential to reduce scan time. Split-slice-generalized autocalibrating partially parallel acquisition (SP-SG) is a reconstruction method of CAIPIRINHA<sup>13)</sup>. Because the simultaneously acquired slices are more difficult to separate, SP-SG is a powerful tool that can be used for accurate reconstruction. A previous study reported that the dispersion of tractography was higher in SS-EPI and that the corticospinal tracts were improved by MB RS-EPI<sup>11)</sup>. However, FA values and other tractography findings were not reported.

In this study, we compared the FA values and tractography between MB RS-EPI (prototype sequence) and SS-EPI.

## Material and methods

### 1. Subjects

Three normal healthy subjects (age range 25-29 years, mean age 27.3 years, all men) participated in this study. Approval for conducting the study was obtained from the institutional review board of our hospital. Written informed consent was obtained from all participants.

### 2. MRI data acquisition

DWI data sets were acquired on a clinical 3T-MRI scanner (MAGNETOM Skyra, SIEMENS healthcare) with 64ch phased array coils.

1. MB RS-EPI: 3 b values (0, 1000, and 2000 s/mm<sup>2</sup>); MPG 30 directions; TR/TE 5430/92, 126 ms; voxel size 1.5 × 1.5 × 1.5 mm; SMS acceleration factor 3; GRAPPA 2; readout segment 5; echospace 0.36 ms; NEX 2; acquisition time 54 min 3 s.

2. MB SS-EPI: 3 b values (0, 1000, and 2000 s/mm<sup>2</sup>); MPG 30 directions; TR/TE 5430/97.2 msec; voxel size 1.5 × 1.5 × 1.5 mm; MB factor 3; GRAPPA 2; readout segment 1; echospace 0.94 ms; NEX 2; acquisition time 12 min 22 s.

### 3. Evaluation points

#### 1) Distortion

The areas and the mean distance of distortion in the frontal lobe were evaluated. We used MRICron (<https://people.cas.sc.edu/rorden/mricron/index.html>) for distortion analysis.

#### 2) FA values

The regions of interests (ROIs) were placed on the anterior and posterior limb of the internal capsule and corpus callosum. We evaluated the FA values in these ROIs. We also calculated the FA maps with TrackVis (<http://trackvis.org/>). MRICron was used for ROI analysis.

#### 3) Tractography

We visualized the uncinate fasciculus and the pontine crossing fiber. TrackVis was used for tractography visualization.

Table 1 Scan parameters with multi-band readout-segmented EPI and single-shot EPI

	Multi-Band Single Shot EPI	Multi-Band Read Out Segmented EPI
b value [s/mm <sup>2</sup> ]	0, 1000, 2000	0, 1000, 2000
MPG	30	30
$\delta / \Delta$ [msec]	20.3 / 46.0	28.1 / 44.3
TR [msec]	5430	5430
TE [msec]	97.2	92
Multi-Band acceleration factor	3	3
GRAPPA factor	2	2
Voxel size [mm]	1.5 × 1.5 × 1.5	1.5 × 1.5 × 1.5
Echospace [msec]	0.94	0.36
NEX	2	2
Readout segments	1	5
Acquisition Time [minutes]	12:22	54:03

## Results

### 1. Distortion

The results of distortion are presented in Table 2 and Figure 1. The areas of distortion were 3385 [mm<sup>3</sup>] with MB SS-EPI and 99 [mm<sup>3</sup>] with RS-EPI. The mean distance of distortion was 15.0 [mm] with MB SS-EPI and 4.6 [mm] with RS-EPI.

### 2. FA values

The FA results using MB SS-EPI for the anterior and posterior limb of the internal capsule and corpus callosum were  $0.472 \pm 0.034$ ,  $0.636 \pm 0.009$ , and  $0.630 \pm 0.059$ , respectively. The FA results using MB RS-EPI for the anterior and posterior limb of the internal capsule and corpus callosum were  $0.481 \pm 0.034$ ,  $0.636 \pm 0.011$ , and  $0.635 \pm 0.015$ , respectively.

### 3. Tractography

The results of tractography are depicted in Figures 2 and 3.

## Discussion

In this study, we compared the distortion, FA values, and tractography between MB RS-EPI and SS-EPI. The MB RS-EPI (0.36 ms) was set by one-third echo-spacing compared with MB SS-EPI (0.94 ms). Our mean distortion distance results were approximately one-third. Therefore, our results of distortion reflect the differences between MB RS-EPI and SS-EPI in terms of echo-spacing. Wang Y et al. demonstrated that a combination of higher resolution and increasing readout segments was more effective for distortion reduction in RS-EPI<sup>17)</sup>. However, further study is needed to achieve reduced distortion with higher resolution and higher readout segments.

Our results revealed that the FA values were equivalent between MB RS-EPI and SS-EPI in the anterior and posterior limb of the internal capsule and corpus callosum. Wang Y et al. reported that the FA values between RS-EPI and SS-EPI were within 7% in the corpus callosum<sup>17)</sup>, which is in agreement with our results of corpus callosum<sup>17)</sup>.

In our study, the pontine crossing fibers and the uncinate fasciculus were more visible with MB RS-EPI than with SS-EPI (Figures 2 and 3). The uncinate fas-

Table 2 Distortion in the frontal lobe

	Multi-Band Single Shot EPI	Multi-Band Read Out Segmented EPI
Distortion in the frontal lobe [mm <sup>3</sup> ]	3385	99
Distortion in the frontal lobe [mm]	15.0	4.6

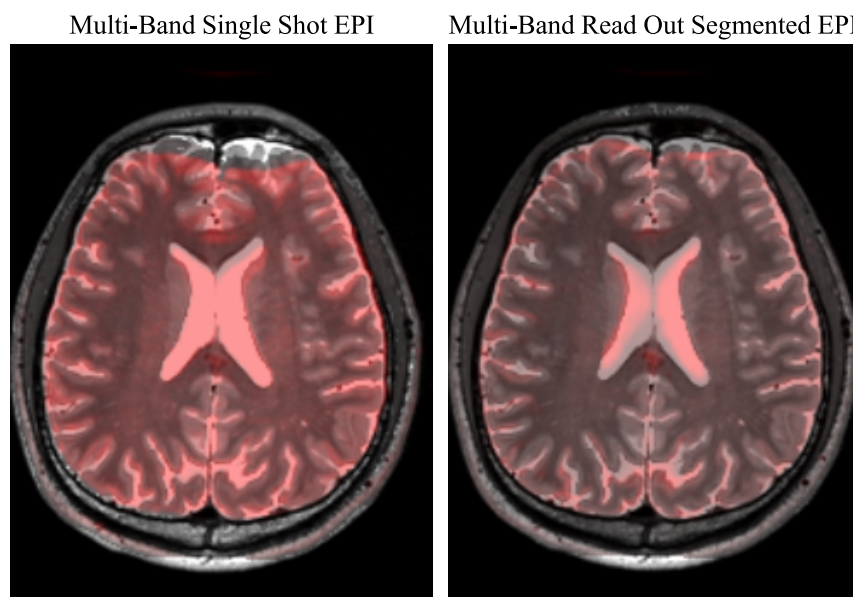


Figure 1 Examples of distortions displayed on a single subject. The overlay of the DWI with multi-band single-shot EPI and readout-segmented EPI on the axial T2WI image

ciculus connects the anterior part of the temporal lobe and the polar frontal cortex. Yasmin H et al. reported that FA values reflect the progression of AD-related changes in the uncinate fasciculus<sup>18)</sup>. Frost R et al. demonstrated that MB RS-EPI could be useful for clinical imaging in regions of field inhomogeneity, such as the frontotemporal cortex, brain stem, and spine<sup>11)</sup>. In our study, MB RS-EPI improved the tractography visualization, especially of the frontal lobe and brain stem (Figures 2 and 3).

Our study has certain limitations. First, the number of subjects in this study was small. Second, the MB RS-EPI protocol had a very long scan time as we prioritized high spatial resolution and diffusion settings. However,

when we can compromise voxel size or diffusion parameters, such as b-value and MPG directions, scanning time can be shortened. With the currently achievable imaging resolution and within a practical imaging time, multi-b-value settings are not suitable for RS-EPI.

### Conclusions

We demonstrated that MB RS-EPI can be used to achieve reduced distortion, equivalent FA values, and improved tractography. Therefore, RS-EPI combined with MB may be a solution to reduce the scan time in future clinical studies.

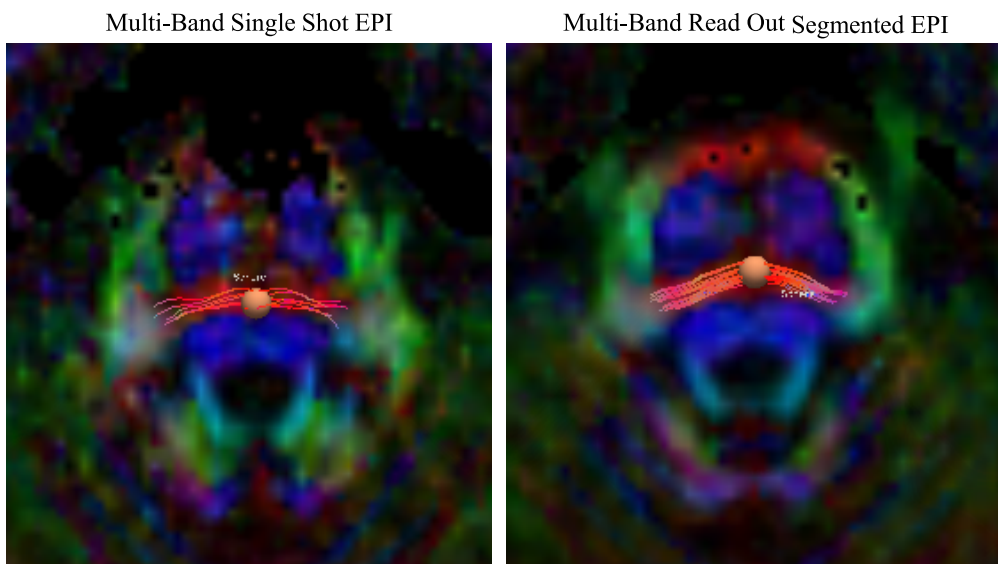


Figure 2 Diffusion tensor tractography of the pontine crossing fiber.

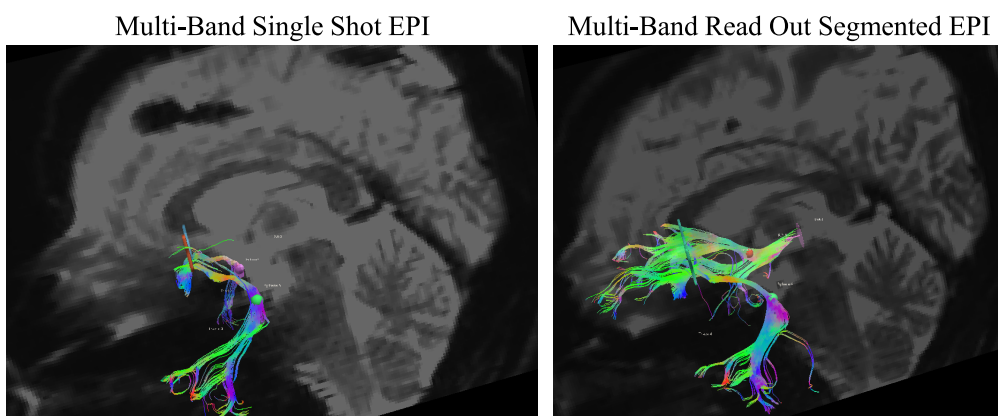


Figure 3 Diffusion tensor tractography of the uncinate fasciculus.

Table 3 Results of ROI analysis

	Multi-Band Single Shot EPI	Multi-Band Read Out Segmented EPI
Anterior limb of the internal capsule	0.472 ± 0.034	0.481 ± 0.034
Posterior limb of the internal capsule	0.636 ± 0.009	0.636 ± 0.011
Corpus callosum	0.630 ± 0.059	0.635 ± 0.015

## Acknowledgments

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP16H06280. Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas- Resource and technical support platforms for promoting research "Advanced Bioimaging Support." The authors would like to thank Enago (www.enago.jp) for the English language review.

## Ethical approval

This study was approved by the research ethics committee of Juntendo University Hospital (Approval number: 18-041), and all patients provided informed consent for inclusion in the study.

## Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

## References

- 1) Warach S, Chien D, Li W, Ronthal M, and Edelman RR. Fast magnetic resonance diffusion-weighted imaging of acute human stroke. *Neurology*. 1992;42(9):1717-1723.
- 2) Mintorovitch J, Yang GY, Shimizu H, Kucharczyk J, Chan PH, and Weinstein PR. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of acute focal cerebral ischemia: comparison of signal intensity with changes in brain water and Na<sup>+</sup>, K(+) -ATPase activity. *J Cereb Blood Flow Metab*. 1994;14(2): 332-336.
- 3) Beaulieu C, Does MD, Snyder RE, and Allen PS. Changes in water diffusion due to Wallerian degeneration in peripheral nerve. *Magn Reson Med*. 1996;36:627-631.
- 4) Fung SH, Roccatagliata L, Gonzalez RG, and Schaefer PW. MR diffusion imaging in ischemic stroke. *Neuroimage*. 2011;21:345-377.
- 5) Mori S and Zhang J. Principles of diffusion tensor imaging and its applications to basic neuroscience research. *Neuron*. 2006;5(7):527-539.
- 6) Assaf Y, Ben-Bashat D, Chapman J, Peled S, Graif M, Cohen Y, et al. High b value q-space analyzed diffusion-weighted MRI: application to multiple sclerosis. *Magn Reson Med*. 2002;47:115-126.
- 7) Holdsworth SJ, Skare S, Newbould RD, Guzman R, Blevins NH, and Bammer R. Readout-segmented EPI for rapid high resolution diffusion imaging at 3 T. *Eur J Radiol*. 2008;65(1):36-46.
- 8) Porter DA and Heidemann RM. High resolution diffusion-weighted imaging using readout-segmented echo-planar imaging, parallel imaging and a two-dimensional navigator-based reacquisition. *Magn Reson Med*. 2009;62(2):468-75. doi:10.1002/mrm.22024.
- 9) Larkman DJ, Hajnal JV, Herlihy AH, Coutts GA, Young IR, Ehnholm G. Use of multicoil arrays for separation of signal from multiple slices simultaneously excited. *J Magn Reson Imaging*. 2001;13:313-317.
- 10) Feinberg DA and Setsompop K. Ultra-fast MRI of the human brain with simultaneous multi-slice imaging. *J Magn Reson*. 2013;229:90-100. doi: 10.1016/j.jmr.2013.02.002.
- 11) Frost R, Jezzard P, Douaud G, Clare S, Porter DA, and Miller KL. Scan time reduction for readout-segmented EPI using simultaneous multislice acceleration: Diffusion-weighted imaging at 3 and 7 Tesla. *Magn Reson Med*. 2015;74(1):136-149. doi:10.1002/mrm.25391.
- 12) Griswold MA, Jakob PM, Heidemann RM, Nittka M, Kiefer B, Haase A, et al. Generalized autocalibrating partially parallel acquisitions (GRAPPA). *Magn Reson Med*. 2002;47(6):1202-10.
- 13) Cauley SF, Polimeni JR, Bhat H, Wald LL, and Setsompop K. Interslice leakage artifact reduction technique for simultaneous multislice acquisitions. *Magn Reson Med*. 2014;72(1):93-102. doi: 10.1002/mrm.24898.
- 14) Breuer FA, Blaimer M, Mueller MF, Seiberlich N, Griswold MA, Jakob PM, et al. Controlled aliasing in volumetric parallel imaging (2D CAIPIRINHA). *Magn Reson Med*. 2006;55(3):549-56.
- 15) Setsompop K, Gagoski BA, Polimeni JR, Witzel T, Weeden VJ, and Wald LL. Blipped-controlled aliasing in parallel imaging for simultaneous multislice echo planar imaging with reduced g-factor penalty. *Magn Reson Med*. 2012;67(5): 210-24. doi:10.1002/mrm.23097.
- 16) Setsompop K, Cohen-Adad J, Gagoski BA, Raij T, Weeden VJ, Wald LL, et al. Improving diffusion MRI using simultaneous multi-slice echo planar imaging. *Neuroimage*. 2012;63(1):569-80. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.06.033.
- 17) Wang Y, Ma X, Zhang Z, Dai E, Yuan C, Guo H, et al. A comparison of readout segmented EPI and interleaved EPI in high-resolution diffusion weighted imaging. *Magn Reson Imaging*. 2018; 47:39-47. doi:10.1016/j.mri.2017.11.011.

---

---

## 要旨

### 拡散テンソルトラクトグラフィにおける Multi-Band Read Out Segmented EPIの初期検討

福永一星<sup>1)</sup>、堀正明<sup>2)</sup>、村田勝俊<sup>3)</sup>、濱崎望<sup>4)</sup>、  
佐藤秀二<sup>4)</sup>、芳士戸治義<sup>4)</sup>、坂野康昌<sup>1)</sup>、青木茂樹<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> 順天堂大学保健医療学部診療放射線学科、

<sup>2)</sup> 東邦大学医療センター大森病院、

<sup>3)</sup> シーメンスヘルスケアジャパン、

<sup>4)</sup> 順天堂大学医学部附属順天堂医院放射線部、

<sup>5)</sup> 順天堂大学医学部放射線診断学講座

リードアウト方向セグメント化エコープラナー法は周波数エンコード方向にk空間を分割する手法であり、画像の歪みを低減できる技術である。しかし、従来のシングルショットエコープラナー法と比べて撮像時間が延長してしまうことが欠点であった。多断面同時励起法は、blipped Controlled Aliasing In Parallel Imaging Results IN Higher Acceleration (CAIPIRINHA)と呼ばれる新しいパラレルイメージングを用いて複数断面を同時収集する手法であり、撮像時間の短縮が可能となる。本研究では、拡散テンソル解析における多断面同時励起法を用いたリードアウト方向セグメント化エコープラナー法とシングルショットエコープラナー法を比較・検討した。3人の健常ボランティアを対象として、3T MRI装置を使用して拡散テンソルのデータを収集した。撮像条件は、多断面同時励起を利用したリードアウト方向セグメント化エコープラナー法とシングルショットエコープラナー法で同様の条件となるように設定した。結果として、多断面同時励起を利用したリードアウト方向セグメント化エコープラナー法ではシングルショットエコープラナー法と比較して歪みのアーチファクトを低減することができ、神経線維の描出も良好であった。

キーワード：拡散テンソル像、多断面同時励起、リードアウト方向セグメント化エコープラナー法、  
シングルショットエコープラナー法、拡散テンソルトラクトグラフィ

[順天堂保健医療学雑誌, 第1巻, 第1号, 17-22頁, 2020年]



## 右臼蓋骨破壊が進行する中、自宅生活を継続した子宮体癌の1例

宮川 遥<sup>\*1)</sup>、吉野このか<sup>1)</sup>、吉田 司<sup>1)</sup>、三浦季余美<sup>1)</sup>、阿瀬寛幸<sup>1)</sup>、北原エリ子<sup>1)</sup>、伊澤奈々<sup>2)7)</sup>、中野真理子<sup>3)</sup>、赤池慶祐<sup>4)</sup>、高木辰哉<sup>3)4)</sup>、藤野一成<sup>5)</sup>、藤原俊之<sup>2)6)7)</sup>

<sup>1)</sup> 順天堂大学医学部附属順天堂医院リハビリテーション室、<sup>2)</sup> 順天堂大学医学部附属順天堂医院リハビリテーション科、

<sup>3)</sup> 順天堂大学医学部附属順天堂医院緩和ケアセンター、<sup>4)</sup> 順天堂大学医学部附属順天堂医院整形外科、

<sup>5)</sup> 順天堂大学医学部附属順天堂医院婦人科、<sup>6)</sup> 順天堂大学大学院リハビリテーション医学、<sup>7)</sup> 順天堂大学保健医療学部理学療法学科

### 要旨

50代女性。子宮体癌Stage III a に対し広汎子宮全摘術、術後化学療法を施行した。術後繰り返す再発に対し放射線治療を行うが腫瘍は増大し、術後10年で骨転移および放射線晩期障害による右臼蓋の病的骨折が生じた。Best Supportive Careの方針となり保存療法が選択され、内服薬による疼痛コントロールを行いながら在宅生活・通院を1年間継続していたが、右股関節の疼痛が増悪し救急搬送、疼痛コントロール目的に緊急入院となった。強い疼痛により病棟Activities of Daily Living (以下、ADL) は大きく制限されていたが、在宅生活継続を目指して緩和的リハビリテーションとして理学療法を実施した。歩行器を使用することで屋内歩行が自立し、環境調整を行うことで自宅退院が可能であった。約1ヵ月間の在宅生活後、疼痛増悪により再入院となり、緩和ケア病棟へ転院した。転院1ヵ月後に転院先病院で永眠した。理学療法実施にあたり患者の運動機能とhopeを評価すること、評価に基づいた現実的な生活方法を患者とともに立案し検討することが大切であった。また多職種カンファレンスで達成可能な具体的なゴールを提示することは、難渋していた転院先決定の一助となることが示唆された。

キーワード：骨転移、緩和的リハビリテーション、QOL、多職種協働チームアプローチ

順天堂保健医療学雑誌, 第1巻, 第1号, 23-29頁, 2020年

### 背景と目的

がん診療の進歩に伴って生存率が上昇し、“がん共存”する時代を迎えた今、治療による有害事象、原病の進行による悪液質や呼吸苦、骨転移による機能障害などによるADL・Quality of Life (以下、QOL) 低下に対しどのようにアプローチするかが課題となっている<sup>1)3)</sup>。患者に強い疼痛と機能障害をもたらす骨転移に対しては、骨折や麻痺、疼痛増悪など複数のリスクを有していることから、多職種で病態やリスク、ニーズなどの情報を共有し、目標を設定・検討する多職種カンファレンスに代表される多職種協働チームアプローチの有効性が言われている<sup>4)6)</sup>。そのチームにおいて、リスクを管理しながら移動機能・動作機能を維持・改善することがリハビリテーション医療に求められている。

今回、子宮体癌術後の繰り返す再発に対し複数回にわたり放射線治療を行い、骨転移や放射線晩期障害による右臼蓋骨破壊を生じた患者の理学療法を経験した。強い疼痛によるADL制限を受けながらも、QOL向上のため自宅退院を目指した理学療法の経過と内容、多職種カンファレンスでの検討事項について報告する。本研究に際し、患者に説明文書を用いて十分な説明を行い、書面にて承諾を得た。

### 症例

50歳代 女性

主訴：右の股関節が痛い。痛みをとってほしい。

Hope：退院したい。自分で料理をしたい。

診断名：子宮体癌術後再発 右臼蓋骨破壊

既往歴：特記すべき事項なし

生活背景：無職 独居 キーパソンは姪

入院前生活様式：自宅内は伝い歩きで移動。通院や買い物など外出時には松葉杖を使用し、右股関節部分荷重にて生活は自立していた。

現病歴：X年に子宮体癌ステージIII a に対し広汎子宮全摘術を施行。病理所見は類内膜腺癌G2。左卵巣転移有り、頸管腺浸潤有り、腹水・リンパ節転移無し。

術後 Taxotere/Adriamycin/Cyclophosphamide 療法 (以下、TAC療法) (ドセタキセル・ドキシソルビシン塩酸塩・シクロホスファミド) を5コース施行。X+5年後、骨盤内リンパ節転移に対し放射線外部照射60 Gy 施行。

X+8年後、骨盤内リンパ節転移再燃に対し放射線治療外照射50 Gy と小線源治療を施行。X+10年後に両側水腎症を発症し、ステントを留置。右臼蓋骨折を発症し (図1)、骨転移および放射線晩期障害による病的骨折と診断された。Best Supportive Careの方針となり保存療法が選択され、在宅生活・通院を継続してい

\*順天堂大学医学部附属順天堂医院リハビリテーション室

113-8421 東京都文京区本郷2丁目1番1号

E-mail: h-miyagawa@juntendo.ac.jp

た。フェンタニルクエン酸塩、セレコキシブをベースに、フェンタニルクエン酸塩、オキシコドン塩酸塩水和物、ジクロフェナクナトリウムをレスキュー・ドーズとして疼痛コントロールを行いながら生活していたが（表1）、X+11年後に右股関節の疼痛が増悪し救急搬送、疼痛コントロール目的に緊急入院となった。

理学的所見：身長159 cm、体重37.8 kg、血圧113/57 mmHg、脈拍78 bpm、体温37.5°

血液検査所見（表1）：血清ALP値1077 U/L、CRP 5.58 mg/dL、CA125 140 U/mL

画像所見（図2）：骨盤右側や右大腿骨頭に骨破壊を伴う腫瘍が増大傾向。

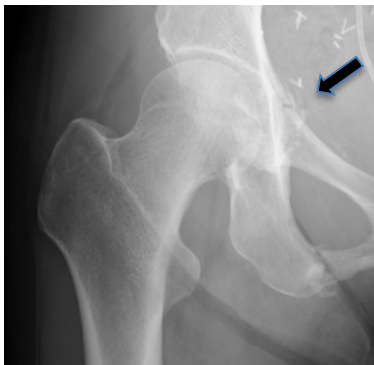
経過：

1. 入院～多職種カンファレンス（入院25日目）まで

入院1日目から緩和ケアチームが介入。疼痛の訴えは右股関節部に安静時Numerical Rating Scale（以下、NRS）2-10、動作時NRS 6-10であった。疼痛の原因は右臼蓋骨折、腫瘍による右仙腸関節骨破壊、骨盤内の神経浸潤など複合的な要因によるものと考えられた。

日常生活動作機能Barthel Index（以下、BI）は70点（減点項目：整容、入浴、歩行、階段）、がん患者の身体機能評価スケールCancer Functional Assessment Scale（以下、cFAS）<sup>8)</sup>は52点、Eastern Cooperative Oncology Group Performance Status（以下、PS）は3であった。徐々に鎮痛剤を増量し疼痛緩和を図り（表1）、入院4日目からADL改善目的に理学療法を開始。安静度は制限なし。全体像はコミュニケーション・認知機能良好。自分の主訴や希望をはっきりと医療者に伝えることができた。自宅退院を強く希望しているが、実際どのように工夫すれば退院できるのかなど具体的な方法は検討せずに、希望を強く訴えていた。病棟内ADLは排泄時のみ車椅子にて離床。食事はベッド上座位でとっていたが、疼痛のため座位姿勢をとり続けることが困難であり、臥位での休憩を複数回とりながら食事をとっていた。移乗は軽介助で可能であった。関節破壊が進んでいる右股関節以外の筋力は維持されていた。右股関節を除き明らかなRange of Motion（以下、ROM）制限はなし。離床時の疼痛が強く、1日にレス

a) X線



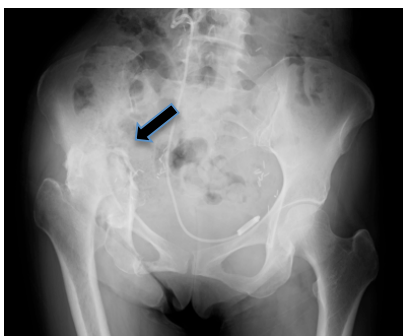
b) CT画像



図1 右臼蓋骨折（入院1年前）

- a) 右恥骨基部から臼蓋にかけての病的骨折を認める。
- b) 右仙腸関節付近に明瞭な骨破壊は認めない。

a) X線



b) CT画像

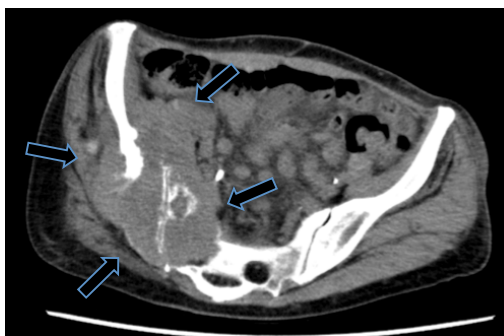


図2 右骨盤腫瘍・臼蓋破壊（入院時）

- a) 右臼蓋部と大腿骨頭の骨破壊を認め、大腿骨頭は上方へ変位している。
- b) 右仙腸関節から腸骨および仙骨へ骨破壊の進行を認める。骨転移病巣による腫瘍形成と仙骨神経への浸潤もみられる。



表1 疼痛コントロール、血液データの推移、リハビリテーション評価・プログラム

	入院前	入院 1日	リハビリテーション 開始4日	退院時 37日	再入院時 1日	リハビリテーション 開始4日	転院 52日
<b>疼痛コントロール</b>							
ベース :							
フェンタニルクエン酸塩	6 mg	6 mg	10 mg	8 mg	12 mg		15mg
セレコキシブ	400 mg	400 mg	400 mg	400 mg	400 mg		
アセトアミノフェン				3 g	9 g		
デキサメタゾン		2 mg	2 mg	2 mg			
カルバマゼピン					200 mg		
オキシコドン塩酸塩水和物注射液					20 mg		
レスキュー :							
フェンタニルクエン酸塩	400 µg×6回	400 µg×6回	600 µg×5回	600 µg×3回	600 µg×2回		800 µg×1
オキシコドン塩酸塩水和物	20 mg×6回	20 mg×6回	20 mg×5回	20 mg×4回	20mg×6回		40 mg×1
ジクロフェナクナトリウム	50 mg×1回						
<b>血液データ</b>							
WBC (10 <sup>9</sup> L)		61.1		54.6	33.5		58.2
Hb (g/dl)		10.3		10.2	12		8.9
Plt (10 <sup>9</sup> L)		290		265	362		512
LDH (U/L)		238		184	206		168
ALP (U/L)			1077	1013	913		1470
Alb (g/dL)		4.1		3.8	3.6		2.2
CRP (mg/dL)		5.58		0.16	5.84		5.11
CA 125 (U/mL)		140			157		
CA 19-9 (U/mL)		6			9		
CEA (ng/mL)		2.3			3.2		
<b>リハビリテーション評価</b>							
ECOG PS			3	3		4	4
BI (点)			65	75		15	5
cFAS (点)			52/102	65/102		39/102	26/102
NRS 安静時			2-10	2		3	2
動作時			6-10	3		10	6
MMT 股関節屈曲			1/4	屈曲1/4		屈曲1/3	屈曲1/3
膝関節伸展			3/4	伸展4/4		伸展4/3	伸展3/3
足関節背屈			3/4	背屈4/4		背屈4/1	背屈3/2
ROM (°)			制限なし	制限なし		左足関節 背屈-5°	左足関節 背屈5°
端座位保持時間			1分	10分		不可	不可
<b>リハビリテーションプログラム</b>							
筋力強化練習			→			→	
起居動作練習			→			→	
立位バランス練習			→				
歩行練習			→				
ADL動作練習・環境調整			→				
寝返り練習						→	
褥瘡予防の患者指導						→	

WBC (white blood cellcounts) : 白血球数

Hb (hemoglobin) : ヘモグロビン

Plt (platelet) : 血小板数

LDH (lactate dehydrogenase) : 乳酸脱水素酵素

ALP (alkaline phosphatase) : アルカリフォスファターゼ

Alb (albumin) : 血清アルブミン値

CRP (C-reactive protein) : C反応性たんぱく

CA125、CA 19-9、CEA : 腫瘍マーカー

ECOG PS (Eastern Cooperative Oncology Group Performance Status) : 全身状態の医学的指標

BI (Barthel Index) : 日常生活動作機能

cFAS (cancer Functional Assessment Scale) : がん患者の身体機能評価スケール

NRS (Numerical Rating Scale) : 痛みの評価スケール

MMT (Manual Muscle Test) : 徒手筋力検査

ROM (Range of Motion) : 関節可動域

ADL (Activities of Daility Living) : 日常生活動作

キュー・ドーズを6回程度使用していた。理学療法はベッド上での左下肢、両上肢および体幹の筋力強化練習と柔軟性維持のための体幹可動域練習から開始した。入院21日目に疼痛緩和目的に右仙腸関節に放射線治療外照射8 Gyを施行。オピオイド漸増と放射線治療により動作時痛がNRS3まで軽減した。入院15日目から右下肢部分荷重での立位バランス練習や松葉杖歩行練習を開始した。座位での疼痛はNRS8と残存しており、座位保持時間の延長は困難であった。このことから座位保持は困難だが、歩行補助具を使用した屋内歩行獲得が期待できると考察した。

## 2. 多職種カンファレンス

入院25日目に多職種カンファレンスを実施。婦人科主治医、腫瘍整形外科医、放射線科医、リハビリテーション科医、病棟看護師、緩和ケアチーム、理学療法士が参加して方針を検討した。症例は内臓転移がなく、子宮体癌に特徴的な水腎症に対してはすでにステントが留置されており、腎機能は良好、さらに膀胱瘻やイレウスもなく、食事摂取・排泄も良好に行っていた。骨転移患者の予後予測スコアである新片桐スコア<sup>7)</sup>は5点で、6ヶ月生存率は74%と推定された。そのため担当医は予後が1年以上ある可能性も考慮し、自宅退院を検討していた。しかし病棟看護師は、疼痛が強くナースコールが頻回であること、ADL介助量が多いこと、離床困難であることから転院が現実的と考えていた。緩和ケアチームは、予後が長い可能性があるため緩和ケア病棟への入院は困難であるとの見解であり、転院先決定に難渋していた。理学療法士は固定型歩行器を使用した右下肢部分荷重での屋内歩行自立が期待でき、座位保持を避けて立位で食事をするなどの環境設定を行い、ヘルパー利用などのサービスを整えることができれば、退院できる可能性を提示した。放射線科医や腫瘍整形外科医からは、さらなる除痛のため腫瘍塞栓術などの方法が提示された。それらの内容を共有したうえで、薬剤での疼痛コントロールを行い、自宅環境を整え、自宅退院を目指す方針になった。

## 3. 多職種カンファレンス～退院まで

病棟では継続して疼痛を訴えていたが、理学療法時には退院に向けた具体的なイメージができるようになっていた。病棟内ADLは、トイレまでの移動を固定型歩行器歩行で行うようになった(図3)。座位時間延長は困難であり、食事は変わらず臥位での休憩を必要とした。自宅退院にむけての主な問題点は、独居で介助者がいないためある程度のADL獲得が必要であること、座位での強い疼痛の2点であった。介助者がいないことに対しては、介護保険を利用し、往診医と

ヘルパーを利用することとなった。疼痛コントロールは往診医で継続し、外出が必要な用事や買い物、掃除、入浴のサポートをヘルパーに依頼した。理学療法では、退院後の生活を想定し、自宅内移動の自立、トイレ動作や着替えの自立、患者の希望でもある簡単な調理動作の獲得を目標に介入した。左下肢・体幹・上肢の筋力強化練習、右下肢部分荷重での立位バランス練習、固定型歩行器を使用した歩行練習に加えて、自宅環境に応じた動作練習(方向転換練習や段差昇降練習など)を行った。患者は調理動作の獲得を強く期待していたため、両手を自由に動かせるだけの立位バランス練習が特に重要であった。動作練習では、自宅の間取りや家具の位置などの情報収集を丁寧に行い実施した。自宅はマンションの1階で、浴室と玄関を除いて段差がなく、ドアは引き戸が多い環境であった(図4)。固定型歩行器で移動できるよう、ベッドからトイレまで、ベッドから台所、台所内の動線を確認し、台所は机の位置を動かすことで流しや冷蔵庫への動線を確保した。座位での疼痛が強いことに対しては、主な生活の場をベッド上とし、食事は台所で立位にて摂取、入浴はヘルパーと行うこととした。患者からは食事を居間まで運び、テレビの前で床に敷いた座布団に座って食べたいと希望があったが、右下肢の疼痛がある状態で食事を運ぶことや床に座ることによる転倒リスク・疼痛増強リスクが高いと判断し、食事は台所でのよう指導した。

多職種カンファレンスでどのような形で退院をする



図3 固定型歩行器歩行(入院22日目)

かあらかじめ共有していたことで、病棟看護師との連携も得られ、病棟での移動時に固定型歩行器を使用する、シャワー時の介助方法を検討する、内服指導をするなど、退院を見据えた生活を病棟でも送れるようになった。BI 75点、cFAS 65点に上昇し、入院38日目に往診医や訪問看護、ヘルパーを利用し自宅退院となった。

#### 4. 再入院～転院まで

退院約1ヶ月後、疼痛増悪、左下肢異常感覚出現により歩行困難、自宅生活継続困難となり再度緊急入院となった。右仙腸関節の腫瘍はさらに増大し、右臼蓋の骨破壊は進行していた(図5)。再入院4日目から理学療法開始。安静度は制限なし。右股関節痛に加え、左足部の異常感覚(しびれ)が出現したことによる苦痛を強く訴えた。しびれにより歩行困難となったこと、再入院になったことをとても残念に思っていると話し、再び自宅退院を希望していた。再入院となるまでの自

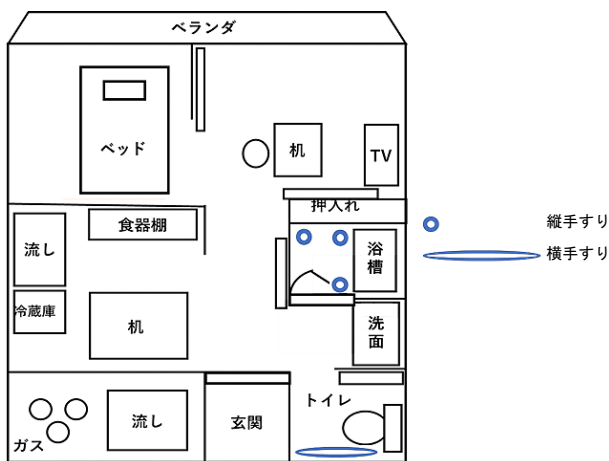


図4 自宅見取り図  
固定型歩行器で室内を移動できるように机の位置などを検討した。引き戸が多く、段差は玄関と浴室入り口のみであり、歩行器での移動に適している環境であった

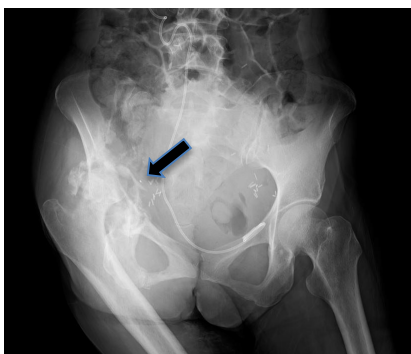
宅生活状況は、食事はキッチンから居間までおぼんに乗せて運び、居間では座布団に座って食べていた。シャワーも一人で浴びていた。外出や買い物は困難であったが、屋内では固定型歩行器を使用し、比較的快適に生活できており、このまま半年くらいは過ごせそうだと感じていたとのことであった。入院後の病棟内ADLは疼痛により座位保持困難、左足部異常感覚により足底接地困難となり、常に臥床の状況で、排泄もベッド上であった。BIは15点、cFASは39点と日常生活機能、身体機能は著しく低下していた。筋力は左足関節底背屈 Manual Muscle Test (以下、MMT) 1。ROMは左足関節背屈 $-5^{\circ}$ 。疼痛、異常感覚が強く離床は困難であったため、理学療法はベッド上での筋力強化練習や褥瘡予防のための寝返り動作指導から開始した。再入院11日目に中等度介助で車椅子移乗が可能となった。頻回の移乗は疼痛増強するため、排泄はベッド上のままであったが、離床の希望があり、理学療法介入時に車椅子移乗を行った。再入院32日目に尿管ステント狭窄・敗血症ショックとなり全身状態が悪化し、ADLは大きく低下したため車椅子移乗は困難となった。浮腫改善や安楽姿勢の検討、除圧による褥瘡防止などの介入を実施した。再入院53日目に緩和ケア病棟へ転院となった。転院約1ヵ月後に転院先病院で永眠された。

## 考 察

### 1. 初期入院～退院まで

本症例は独居であり、骨転移による強い疼痛と運動機能障害を呈していたため自宅退院が困難な状況であったが、多職種協働チームアプローチにより一度はホープである自宅退院を実現し、QOLを維持できたと考える。本症例のQOLにおける重要事項は、「自宅内

### a) X線



### b) CT画像

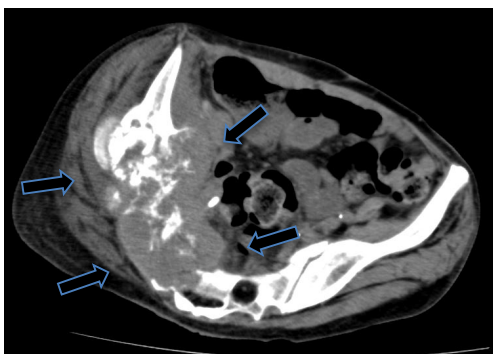


図5 右骨盤腫瘍・臼蓋破壊(再入院時)

- a) 右大腿骨は内転位に固定され、右臼蓋と大腿骨頭の骨破壊はさらに進行している。  
b) 右腸骨全体の骨破壊となり、腫瘍形成の増大も認める。

を自由に移動し自由に生活を送ること、自分で料理をすること」であった。理学療法では、自立して移動ができること、調理動作ができることを目標としたプログラムを立案し、自宅の環境調整に対してもアプローチを行った。QOL向上を目標とした緩和的リハビリテーションにおいて、実際の運動機能と患者の希望の両者を正確に把握すること、さらに患者が歩行補助具やヘルパー利用に対してどのように考えているのかを把握したうえで、現実的な生活プランを患者とともに立案し共有することが大切であった。そのためには患者との間に良好な関係性を構築することは必須であった。本症例においては、疼痛の訴えが強く、できないADLばかりが着目されていたが、理学療法介入時にはできるADL動作を多く発見し共有したことが、良好な関係性構築に寄与したと考える。このため、家の間取り図や動線の確認などの具体的な生活プランを検討でき、約1ヵ月間の在宅生活の実現に寄与したと考える。本報告の限界として、QOLを客観的指標を用いて評価できていない点が挙げられ、今後の課題である。

## 2. 多職種協働チームアプローチ

本症例では多職種カンファレンスでの情報共有が転帰先決定に有効であった。理学療法にて実際に疼痛が強く生じる動作や姿勢を評価し、右下肢に荷重をかけなければ立位保持ができること、体幹や上肢機能が良好なため立位バランス能力が高いこと、認知機能良好であり自宅退院後も患者自身で転倒などのリスク管理を行える可能性があることを見出した。そのうえで動作方法を工夫すれば自宅退院ができる可能性について多職種カンファレンスで共有できたことは、退院決定に大きく寄与したと考える。異なる視点を持つ多職種が一同に会って転帰先を検討する場において、理学療法士は正確な評価に基づく運動機能の提示のみでなく、そこから期待できる生活の形について、医師や看護師に提示することが大切であった。

骨転移患者に対するチームアプローチにおける理学療法士の役割として、①リスクを軽減する姿勢と動作の指導、②経時的な疼痛、筋力、感覚、身体機能の評価、③身体機能の維持・改善のための予防的・回復的・緩和的理学療法プログラムの立案・実施、④QOL向上のための福祉機器の選定・指導などが挙げられている<sup>12)</sup>。本症例を通して、獲得が期待できる運動機能を評価し、それにより達成され得る生活方法や転帰を患者および多職種に提示することも理学療法士の重要な役割であることが示された。しかしながら骨転移診療ガイドライン<sup>9)</sup>およびがんのリハビリテーション診療

ガイドライン第2版<sup>10)</sup>において、「骨転移によりADLやQOLが障害されている患者に対して、リハビリテーション治療（運動療法）を行うことはエビデンスの確実性は弱く、弱い推奨」と記されている。エビデンスの確実性の低さは、骨転移患者の原発巣や病期が様々なためランダム化比較試験が難しいことによると考えられるが、臨床においては離床・歩行などの活動へのニーズがある骨転移患者に対して、リスクを最小限にできる動作および環境設定を検討・指導するリハビリテーションの実践が求められており<sup>12) 13)</sup>、本報告もその実践の有効性を示したと考える。

## 結 論

治療による副作用や骨転移などによる制限を有したまま生活を送るがんサバイバーに寄り添い、QOL向上を目指すことが大切であった。可能なかぎり最後まで自立した生活を継続するために、理学療法士による緩和的リハビリテーションの実施が有効であった。多職種が集まり様々な視点からの意見が集約される多職種カンファレンスは、方針決定やその後のスムーズな退院調整、ADL・QOL向上に有効であった。

本論文の要旨は第4回日本がんサポーターティブケア学会学術集会において発表した。

## 倫理的配慮

本症例報告は、順天堂大学医学部附属順天堂医院病院倫理委員会の審査を受け、承認を得たうえで実施した。(承認番号：JHS19-023)

## 利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

## 文 献

- 1) 国立がん研究センター がん情報サービス 最新がん統計  
[https://ganjoho.jp/reg\\_stat/statistics/stat/short\\_pred.html](https://ganjoho.jp/reg_stat/statistics/stat/short_pred.html)  
アクセス日：2019/11/16、最終更新日：2019/10/4
- 2) 辻哲也：悪性腫瘍（がん）のリハビリテーションー過去から未来へ。がんのリハビリテーションマニュアル 周術期から緩和ケアまで、医学書院、2011; pp1-10.
- 3) 辻哲也：がんサポーターティブケアのいま・これから がんのリハビリテーション診療の現状と展望. 新薬と臨牀. 68(8):1042-1050, 2019.

- 4) 高木辰哉, 北原エリ子: 骨関連事象カンファレンス. 骨転移の診療とリハビリテーション. 大森まいこ (松本真以子), 辻 哲也, 高木辰哉編. : 医歯薬出版;2014. p186-9.
- 5) 高木辰哉: がん骨転移に対する包括的診療-職種・診療科横断的アプローチ. 整形・災害外科, 62(7):851-861, 2019.
- 6) 篠田裕介: 転移性骨腫瘍のリハビリテーション医学・医療-最期まであるくためのリハビリテーション. 医学のあゆみ. 264:1271-1278, 2018.
- 7) Katagiri H et al: New prognostic factors and scoring system for patients with skeletal metastasis. Cancer Med 3: 1359-1367, 2014.
- 8) Miyata C et al: Cancer Functional Assessment Set: a new tool for functional evaluation in cancer. Am J Phys Med Rehabil. 93(8):656-664, 2014.
- 9) 北原エリ子: 骨転移患者に対する多職種チームアプローチの意義と理学療法士の役割. PTジャーナル 2017年1月; 第51巻第1号: pp27-33.
- 10) 日本臨床腫瘍学会 (編). 骨転移診療ガイドライン第1版. 南江堂; 2015.p.52-3.
- 11) 日本リハビリテーション医学会 (編). がんのリハビリテーション診療ガイドライン第2版.
- 12) Miller KD, Siegel RL, Lin CC, et al: Cancer treatment and survivorship statistics. Cancer J Clinicians 2016;66: pp271-289.
- 13) 竹歳竜治: 患者家族と多職種連携を通して生活の質 (quality of life) の向上を図った終末期がんの1症例. 茨城県病医誌; 34巻: pp45-51.

## Abstract

### A patient with endometrial cancer who continued living at home even with progressing acetabular destruction

Haruka Miyagawa, PT<sup>1)</sup>, Konoka Yoshino, PT<sup>1)</sup>, Tsukasa Yoshida, PT<sup>1)</sup>,  
 Kiyomi Miura, PT<sup>1)</sup>, Hiroyuki Ase, OT<sup>1)</sup>, Eriko Kitahara, PT, Ph.D.<sup>1)</sup>, Nana Izawa, M.D.<sup>2)7)</sup>,  
 Mariko Nakano, Ns<sup>3)</sup>, Keisuke Akaike, M.D., Ph.D.<sup>4)</sup>, Tatsuya Takagi, M.D., Ph.D.<sup>3)4)</sup>,  
 Kazunari Fujino, M.D., Ph.D.<sup>5)</sup>, Toshiyuki Fujiwara, M.D., Ph.D.<sup>2)6)7)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Rehabilitation, Juntendo University Hospital,

<sup>2)</sup> Department of Rehabilitation Medicine, Juntendo University,

<sup>3)</sup> Department of Palliative Care Unit, Juntendo University Hospital,

<sup>4)</sup> Department of Orthopedic Surgery, Juntendo University,

<sup>5)</sup> Department of Gynecology, Juntendo University,

<sup>6)</sup> Department of Rehabilitation Medicine, Juntendo University Graduate School of Medicine,

<sup>7)</sup> Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Juntendo University

A woman in her 50s underwent a radical hysterectomy and postoperative chemotherapy for stage IIIa endometrial cancer ten years ago. Radiation therapy was performed after surgery to prevent recurrence, but the tumor regrew. Ten years after surgery, the patient experienced a pathological fracture of the right acetabular bone due to bone metastases and late effects of radiation therapy. Conservative therapy was selected under the policy of Best Supportive Care, and she continued to live at home for one year and visit hospital while controlling pain with oral medications. Pain in the right hip joint worsened, and she was urgently hospitalized for pain control. In the ward, her activity of daily living was extremely restricted by severe pain, but palliative rehabilitation was performed with the aim of continuing home life. She was able to walk with a walker and was discharged home under medical supervision. One month later, she returned to hospital for exacerbation of pain, and was then transferred to the palliative care unit of another hospital. One month later, she died at the hospital. In conducting rehabilitation, it was important to accurately evaluate the motor function and hopes of the patient, and to develop and study with the patient a realistic lifestyle based on the evaluation. It was also suggested that presenting concrete goals that could be achieved at a multidisciplinary conference would help in deciding between discharge home or hospital transfer.

**Key Words:** bone metastases, rehabilitation, Quality of life, multidisciplinary team approach

[Juntendo Health Science Journal 1 (1): 23-29, 2020]



## Multiband-EPIにおける Leakage Artifactの抑制技術の影響

岩崎 敬<sup>\*1)</sup>、福永一星<sup>2)</sup>、濱崎 望<sup>3)</sup>、佐藤秀二<sup>3)</sup>、小美野高志<sup>1)</sup>、芳士戸治義<sup>3)</sup>、  
村田勝俊<sup>4)</sup>、堀 正明<sup>5)</sup>、京極伸介<sup>2)6)</sup>、青木茂樹<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> 順天堂大学医学部附属浦安病院放射線科、<sup>2)</sup> 順天堂大学保健医療学部診療放射線学科、<sup>3)</sup> 順天堂大学医学部附属順天堂医院放射線部、  
<sup>4)</sup> シーメンスヘルスケアジャパン株式会社、<sup>5)</sup> 東邦大学医療センター大森病院放射線科、<sup>6)</sup> 順天堂大学医学部放射線診断学講座

### 要 旨

Multiband echo planar imaging (Multiband-EPI) は、Q space imaging (QSI) や diffusional kurtosis imaging (DKI) などの拡散 MRI に応用できる多断面同時励起技術である。ただし、Multiband 技術は撮像時間を短縮できる反面、再構成過程によるエイリアシングエラー (leakage artifact) の問題がある。対処法として、「leakage-block」が開発されている。

Multiband 係数およびコイルチャンネル数による leakage block の影響をファントム実験した。leakage artifact 量は signal leakage として評価した。Multiband 係数が4の場合、 $b=0 \text{ s/mm}^2$  画像の signal leakage の値は0.017 に対して leakage block を使用した場合は0.023であった。一方、 $b=1000 \text{ s/mm}^2$  の拡散強調像の signal leakage は0.123に対して leakage block を使用した場合は0.087であった。

leakage block は高い  $b$  値においての leakage artifact を抑制することができた。加えて Multiband 係数の増加に対して、より多くのチャンネル数を有するコイルが必要になると示唆された。

キーワード：Multiband echo-planar imaging、leakage block、slice-GRAPPA kernel、信号変化値

順天堂保健医療学雑誌, 第1巻, 第1号, 30-38頁, 2020年

### 緒 言

近年、MRIの高速撮像技術の一つである多断面同時励起技術 Multiband echo planar imaging (Multiband-EPI)<sup>1)5)</sup> の臨床応用を目的とした研究が行われている。Multiband 技術は多断面を同時に励起することで repetition time (TR) の短縮が可能となり、結果として撮像時間を短縮することができる。この為、従来は時間的制限また空間、時間分解能の制限などの要因から臨床応用が困難であった functional MRI<sup>2)4)</sup>、diffusion tensor imaging<sup>6)</sup>、diffusional kurtosis imaging<sup>5)</sup>、Q-space imaging<sup>5)</sup> を日常検査時間内に実施可能とする技術として期待されている。

Multiband-EPI は米国の national institute of health、human connectome project の成果である。human connectome project<sup>4)</sup> は、Minnesota 大学-Washington 大学チームと massachusetts general hospital<sup>7)8)</sup>、university of california los angels チームが参画しており、その成果やデータが広く公開されている。従来の拡散強調像における高速撮影法としてはスライス面内のパラレルイメージング (generalized autocalibrating partial parallel acquisition (GRAPPA)<sup>2)7)</sup> など) を併用させた single-shot EPI を使用していたが、EPI による歪みの低減には寄与するものの、直接的に大幅な撮像時間の短縮には繋がらない。一方、パラレルイメージングの発展形

である Multiband 技術は多断面を同時に励起する為、撮像時間の短縮が可能となる。この技術はコイルの感度差を利用して、体軸方向に重なり合ったスライスからの信号を分離する技術であり、Multiband 係数を過剰に大きくすると、励起されるスライス間隔が小さくなり、重畳した信号が本来のスライスとは異なるスライスへ漏れ出すことがある。これを leakage artifact<sup>7)</sup> と呼ぶ。leakage artifact はスライスの分離の不完全性が原因であるが、過去、パラレルイメージングにおいても分離不良は問題となっていた。Breuerらは controlled aliasing in parallel imaging results in higher acceleration (CAIPIRINHA) によりこの問題の改善を行っている<sup>9)</sup>。CAIPIRINHA は純粋な後処理のみを使用する概念とは異なり、Multiband RF パルスにおける各スライスに異なる位相変調を与えることで、位相シフトを制御できる技術である。そのため重なり合うスライスに位相シフトを行い、コイル感度分布に差が生じて GRAPPA の計算精度が向上し、スライス分離が格段に行いやすくなる利点を持つパラレルイメージングである。しかし、複数の TR で  $k$  空間を充てんすることを前提とした CAIPIRINHA をそのまま single-shot EPI には適用できない。Setsompopら<sup>8)10)</sup> は Multiband 技術を併用した single-shot EPI に利用できる CAIPIRINHA として「blipped-CAIPI」<sup>1)2)7)8)10)</sup> を開発した。blipped-

\*順天堂大学医学部附属浦安病院放射線部  
〒279-0021 千葉県浦安市富岡2丁目1番1号  
Email: t-iwasaki@juntendo.ac.jp

CAIPIではEPIの位相エンコードに当たるblipグラジエント印加時にスライス方向にも傾斜磁場を印加し、同時励起されるスライスのk空間上のラインに位相変調を与えて画像の空間的シフトをしている。このようにCAIPIRINHA、blipped-CAIPIは撮像時にコイル感度分布が大きく異なる位置の信号の重なりを少なくすることにより、画像の分離不良から生じるアーチファクトを減少させる手法である。さらに、CauleyらはMultibandの計算過程に注目しleakage artifactの低減を図った。GRAPPAではGRAPPAカーネルをk空間内でコンボリューションすることにより未収集データを算出しているが、Multiband-EPIで行われているslice-GRAPPA<sup>1)6-8)10)</sup>でも同様にslice-GRAPPAカーネル<sup>6-8)10)</sup>というものを用いて重畳した画像を分離している。従来のslice-GRAPPAカーネルは各コイルチャンネルから得られた全スライスの信号を用いて、最終的に求められる画像とリファレンススキャンで得られたMultibandを利用しないSingle-band EPIとの誤差が最小になるように作成されている。ただし、スライス方向に顕著に生じてしまうleakage artifactに関しては何も考慮もされていない。Cauleyら<sup>7)</sup>は他のスライスからの寄与を最小化させるという制約を設け、更に分離すべきスライスの信号のみを用いるようにslice-GRAPPAの計算を行った。他のスライスからの寄与はleakage artifactそのものであるため、本法のleakage block<sup>7)8)</sup>を用いることによりleakage artifactは従来法より低減されることになる。従来法による拡散強調像取得時のslice-GRAPPAカーネルでは $b=0$  s/mm<sup>2</sup>画像のリファレンス画像を元に作成されており、異なるb値の拡散強調画像の画像再構成にも適用されている。このため、異なるb値による画像の分離精度、また特性について知り得ることは臨床応用していく上で重要である。

本研究ではleakage blockの効果を検証するために、コイルチャンネル数およびMultiband係数を変化させた場合の画像への影響および、leakage blockの利用の有無が $b=0$  s/mm<sup>2</sup>画像、および $b=1000$  s/mm<sup>2</sup>の拡散強調像に与える影響を調べて、臨床応用の可能性を検証するために水ファントムを用いて実験を行った。

## 方 法

### 1. 使用機器と撮像条件

シーメンス社製3T MAGNETOM Skyra (Version: VE11A)、64チャンネル頭頸部コイル、ファントムはNiSO<sub>4</sub> 円柱型 (5300 ml : 3.75 g NiSO<sub>4</sub>×6H<sub>2</sub>O+5 g

NaCl) を使用した。使用したファントムは装置内に設置してから1時間程度の時間放置し、ファントム内の液体を安定させてから撮像を開始した。またファントム内にleakage artifactを顕著に描出させる為、形状が異なる箇所(ファントムの先端部)を含めて撮像を行なった(図1)。撮像シーケンスはMultibandを併用可能であるMinnesota大学より提供されたsingle-shot EPI (Prototype-Sequence)を使用した。撮像パラメータはTR/echo time (TE) 12300/103.2 ms、スライス厚2 mm、field of view (FOV) 136×136 mm、Base resolution 88×88 matrix、スライス枚数72枚、バンド幅 1282 Hz/pixel、Excite pulse duration/Refocus pulse duration 4480/8960 μs<sup>3)</sup>、MPG 1軸、b-value 0、1000 s/mm<sup>2</sup>を利用した。Multibandを利用しないものをSingle-bandとして、Multiband係数は2、3、4とした。また本研究で利用したシーケンスではphase encoding (PE) 方向のシフト量は変更不可能な項目であるためデフォルト設定(Multiband係数2の場合のシフト量は設定FOVの1/2、それ以外の場合では設定FOVの1/3がシフト量となる)で撮像を行なった。今回の検討はleakage artifactの評価であるため、画像ノイズとの分離が必要である。このため、撮像ファントムは等方性拡散である水ファントムを使用したためMPGは1軸のみとし、画像ノイズの影響を極力低減するために加算回数を64回と多くした。また本研究はleakage-blockの利用によるleakage artifactの抑制に焦点をあてたため、パラレルイメージングの併用は検討していない。解析ソフトはImageJ。32 (Ver.1.50i)、MATLAB (R2014b)、MRIcroN (Version1.00)を使用した。また統計ソフトはIBM SPSS Statistics version 21を使用した。

### 2. 評価項目

本実験の評価因子を次に示した。それぞれ評価因子の各画像に対する視覚評価およびsignal leakageによる検討を行った。signal leakageの詳細は方法2の項目3、4に示した。

1) コイルのチャンネル数による画像への影響について検討した(図1)。図1より、各コイルのチャンネル数を変化させた場合の空間的の信号感度差を3D T1シーケンスの magnetization prepared rapid acquisition with gradient echo (MPRAGE)により撮像し、Coronal画像にて確認した。コイルチャンネル数の設定は64、34および18チャンネルとした。これは64チャンネル頭頸部コイルの全エレメントで収集した64個の信号を内部で合成して34個、18個の仮想的な信号が出力されるものである。

2) Multiband係数による画像への影響を検討した。  
 3) leakage block の利用の有無による画像への影響を検討した。

### 3. 視覚評価による検討

視覚評価者は、撮像した画像を利用した視覚評価の練習を十分に行った診療放射線技師7名（MRI 検査担当経験年数4～23年）とした。評価対象画像は撮像した全スライスの中で最も信号変化値（signal leakage）の値が大きい1枚のスライスを対象にし、視覚評価者には評価対象画像の元画像を提示して検討した。signal leakageの算出式は式（1）、（2）に示す。また本研究に用いた評価対象画像は全て Single-band 画像と Multiband 画像を差分した画像を示す。視覚評価は1：leakage artifactがみられない、2：leakage artifactがみられないが、軽度な均一性の低下は見られる、3：leakage artifactが軽度に見られ、均一性の低下が見られる、4：leakage artifactがみられ、均一性の低下が見られる、5：leakage artifactおよび均一性の低下が著しく見られる、以上の5段階によるスコア評価を利用し

た。尚、得られたスコアはIBM SPSS Statistics version 21の統計ソフトにより Wilcoxonの統計解析法を利用し、有意水準を0.05とした。

### 4. signal leakage による検討

Single-bandを基準とし、Multibandを使用した画像と差分することで得られた全ての画像に生じる leakage artifactの量を signal leakageと示して、式（1）、（2）から算出して評価した。

式（1）の signal leakageは、全てのスライス上の全 pixelに生じた leakage artifactの影響を評価するための数式であり、値が小さいほど leakage artifactを抑制できていることを示す。式（2）では撮像により得られた Single-band 画像と Multiband 画像の信号平均値に差が認められたので、正規化するために係数  $\alpha$  を設けた。本検討は同条件にて4回ずつ撮像を行い、その平均と標準偏差を算出して検討した。また signal leakageの検討では視覚評価の場合と同様の統計ソフトの2標本t検定を利用し、有意水準を0.05とした。本検討における観察結果の公表に際しては当該施設の倫理規定に従い

$$\text{signal leakage [\%]} = \left[ \frac{\sum_{\text{all slice}} \sum_{\text{all pixel}} |\alpha \cdot SI_{\text{Multiband}} - SI_{\text{Single-band}}|}{\sum_{\text{all slice}} \sum_{\text{all pixel}} SI_{\text{Single-band}}} \right] * 100 \quad \dots\dots (1)$$

$$\alpha = \frac{\sum_{\text{all slice}} \sum_{\text{all pixel}} SI_{\text{Single-band}}}{\sum_{\text{all slice}} \sum_{\text{all pixel}} SI_{\text{Multiband}}} \quad \dots\dots (2)$$

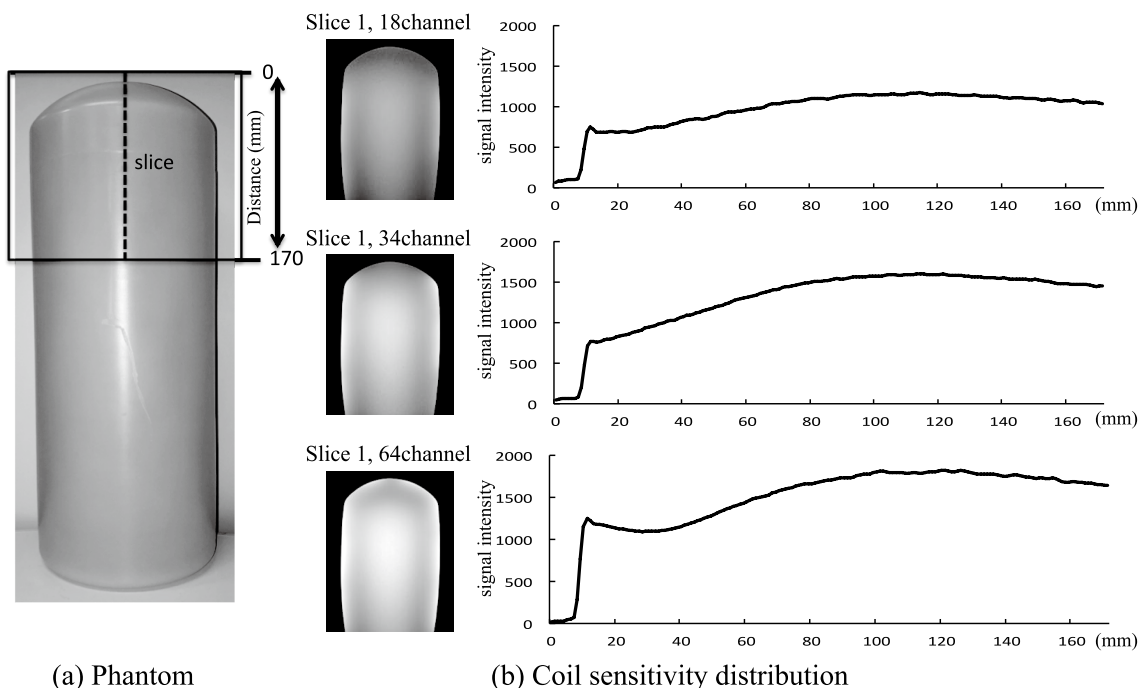


図1 使用ファントムとコイル感度領域。本研究に使用したファントムを (a) に示す。ファントム内に示す黒枠は撮像範囲を示す。MPRAGEによって撮像されたスライスのコイル感度分布をプロットプロファイルで (b) に示す。プロットプロファイルは測定距離に対する信号強度で示される。



観察者本人の同意を得て行った。

## 結 果

### 1. 視覚評価による検討

多くのコイルチャンネル数を利用することで leakage block ON のスコアの平均値が小さくなる傾向を示した (表1)。

### 2. signal leakage による検討

#### 1) チャンネル数による leakage artifact と leakage block の効果

コイルチャンネル数を変化させた signal leakage の結果を図2に示した。b=0 s/mm<sup>2</sup>画像およびb=1000 s/mm<sup>2</sup>の拡散強調像の結果に問わず、コイルチャンネル数を多くする事で signal leakage が小さくなる傾向を示した (図2)。leakage block 効果のb値依存性については、b=0 s/mm<sup>2</sup>画像の結果では、多くの場合で leakage block OFF で signal leakage が小さくなる傾向を示した。特に Multiband 係数4の場合では各チャンネル数の結果より、leakage block ON の場合で signal leakage は大きな値を示した (図3)。一方、b=1000 s/mm<sup>2</sup>の拡散強調像においては、Multiband 係数4を併用した64チャンネルの結果では leakage block ON の場合で signal leakage の値が小さくなった (図4)。

#### 2) Multiband 係数による leakage artifact と leakage block の効果

Multiband 係数を変化させた signal leakage の結果を図5に示した。leakage block ON の場合、b=0 s/mm<sup>2</sup>画

像では少ないチャンネル数では特に高い Multiband 係数を利用することで signal leakage が増加した (図5)。

## 考 察

コイルチャンネル数が leakage block に与える影響で、視覚評価の結果から b=0 s/mm<sup>2</sup>画像において leakage block ON では有意な差が見られなかった (p>0.05) (表1)。また signal leakage の結果では leakage block の併用に問わず、多くのコイルチャンネル数を利用することで各 Multiband 係数に対する signal leakage が低下した (図2(a))。一方、b=1000 s/mm<sup>2</sup>の拡散強調像の場合による視覚評価の結果では各コイルチャンネル数で leakage block ON によりスコアの平均値が有意に小さくなった (表1)。signal leakage の結果では leakage block OFF の Multiband 係数3、4、及び leakage block ON の Multiband 係数3、4の結果にて64チャンネルを利用することで有意に低下した (図2(b))。これはチャンネル数を多くすることで leakage artifact を抑制できたことを示す。Multiband 技術はコイルの感度差を利用して同時励起により重なりあう画像を分離しているため、より多くのチャンネル数を利用により signal leakage を抑制できる事を示唆している。しかし、図3からは Multiband 係数3を併用した18チャンネル、Multiband 係数4を併用した各コイルチャンネル数の結果で leakage block を利用することで signal leakage が増加した。従来法の Multiband は b=0 s/mm<sup>2</sup>画像における全てのスライス信号から再構成の基盤となる slice

表1 leakage block OFF と ON の視覚評価

sample image	Multiband factor	coil channel	Score		p value (p < 0.05)
			leakage block OFF	leakage block ON	
b-value (0) image	2	18	3.0 ± 0.0	2.9 ± 0.35	0.317
		34	2.7 ± 0.45	1.7 ± 0.69	0.038 *
		64	2.4 ± 0.49	1.4 ± 0.49	0.038 *
	3	18	4.3 ± 0.70	3.4 ± 0.49	0.058
		34	4.0 ± 0.92	3.3 ± 0.45	0.096
		64	4.3 ± 0.45	3.3 ± 0.49	0.063
	4	18	4.6 ± 0.49	4.6 ± 0.49	1.000
		34	4.3 ± 0.45	4.1 ± 0.98	0.655
		64	4.5 ± 0.49	4.1 ± 0.64	0.414
b-value (1000) image	2	18	3.3 ± 0.45	2.0 ± 0.92	0.024 *
		34	2.0 ± 0.0	1.4 ± 0.49	0.046 *
		64	1.9 ± 0.35	1.1 ± 0.35	0.025 *
	3	18	4.9 ± 0.35	3.7 ± 0.88	0.038 *
		34	4.0 ± 0.53	1.9 ± 0.64	0.024 *
		64	4.0 ± 0.53	1.4 ± 0.49	0.026 *
	4	18	4.9 ± 0.35	2.7 ± 0.88	0.017 *
		34	5.0 ± 0.0	1.7 ± 0.45	0.014 *
		64	5.0 ± 0.0	1.5 ± 0.49	0.015 *

leakage block の影響を Wilcoxon の統計解析より検討した。p 値が0.05未満を統計的に有意とみなした。

\* : p<0.05 n.s : not significant

GRAPPAカーネルを計算し、 $b=0 \text{ s/mm}^2$ 画像を再構成している。この特性により leakage block OFFでは多くのコイルチャンネルを利用することでsignal leakageが低下したと考えられる。一方、leakage block ONでは従来と異なるslice GRAPPAカーネル利用するため $b=0 \text{ s/mm}^2$ 画像の場合ではleakage blockの有無でsignal leakageの結果に乖離が生じたと考えられる。ただし、

図3より Multiband係数3に対して34および64チャンネルを利用することで、leakage block OFFと有意な差が見られなかった。このため $b=0 \text{ s/mm}^2$ 画像の再構成に視点を置いた場合、leakage block ONでは小さいMultiband係数に対して多くのチャンネル数を利用することでslice GRAPPAカーネルによる画像の分離がより機能して従来法と有意な差がなく、leakage artifact

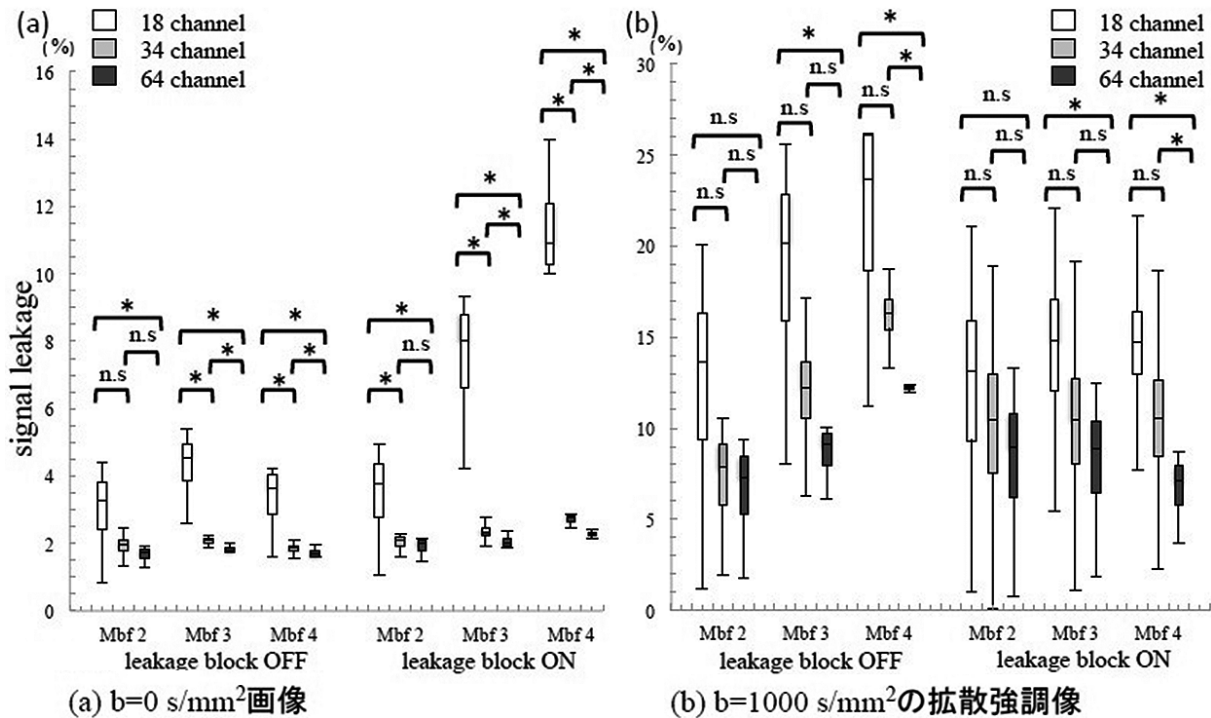


図2 Multiband係数における各コイルチャンネル数のsignal leakageの比較。縦軸はsignal leakage、横軸はMultiband係数を示す。2標本t検定の結果を示し、p値が0.05未満を統計的に有意とみなした。

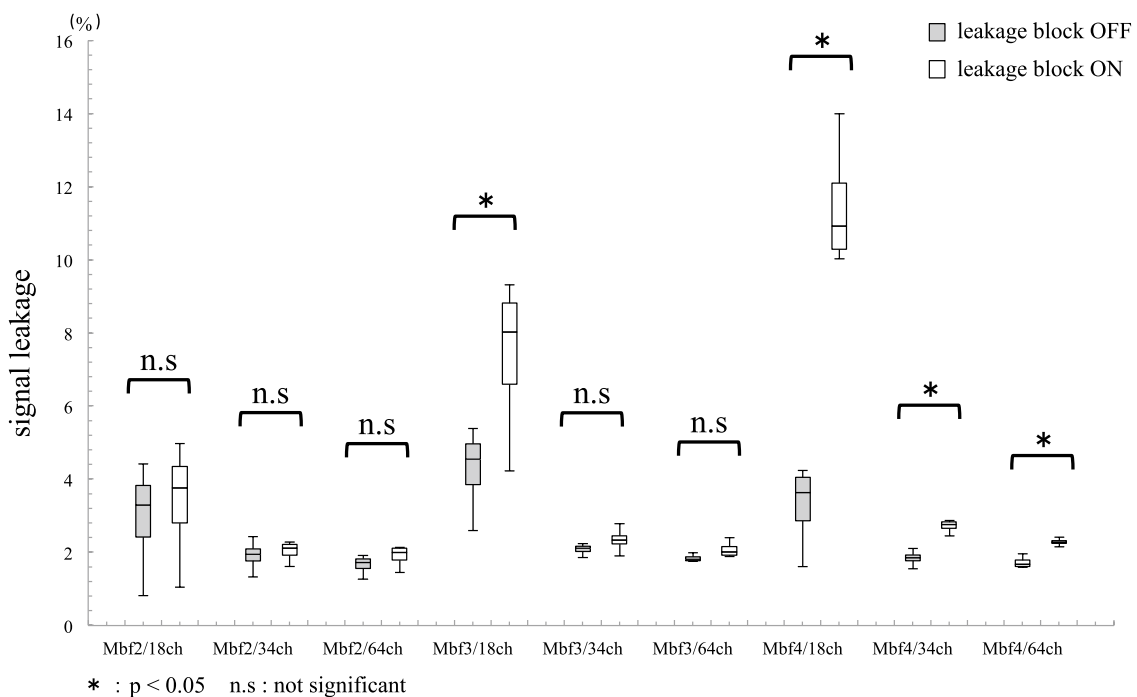


図3 Multiband係数およびコイルチャンネル数それぞれを変化させてleakage blockを併用した $b=0 \text{ s/mm}^2$ 画像の比較。縦軸はsignal leakage、横軸はMultiband係数を示す。2標本t検定の結果を示し、p値が0.05未満を統計的に有意とみなした。

の低減に期待できると考えられる。leakage artifactは取得した複数のスライスに影響してしまう。本研究の視覚評価では全スライスを対象にすることは困難であるため、leakageの影響が最も大きい1枚を対象にすることでleakage blockの評価をしているものに対して、signal leakageは全スライスへの影響を評価したもので

ある。このため、視覚評価と比べてsignal leakageの方がより多くのleakage artifactの影響を評価しており、数値的パラツキもより影響するため、視覚評価と一部異なる結果が得られたと考えられる。

コイルチャンネル数を64に固定して、Multiband係数を変化させた場合の $b=0 \text{ s/mm}^2$ 画像および $b=1000$

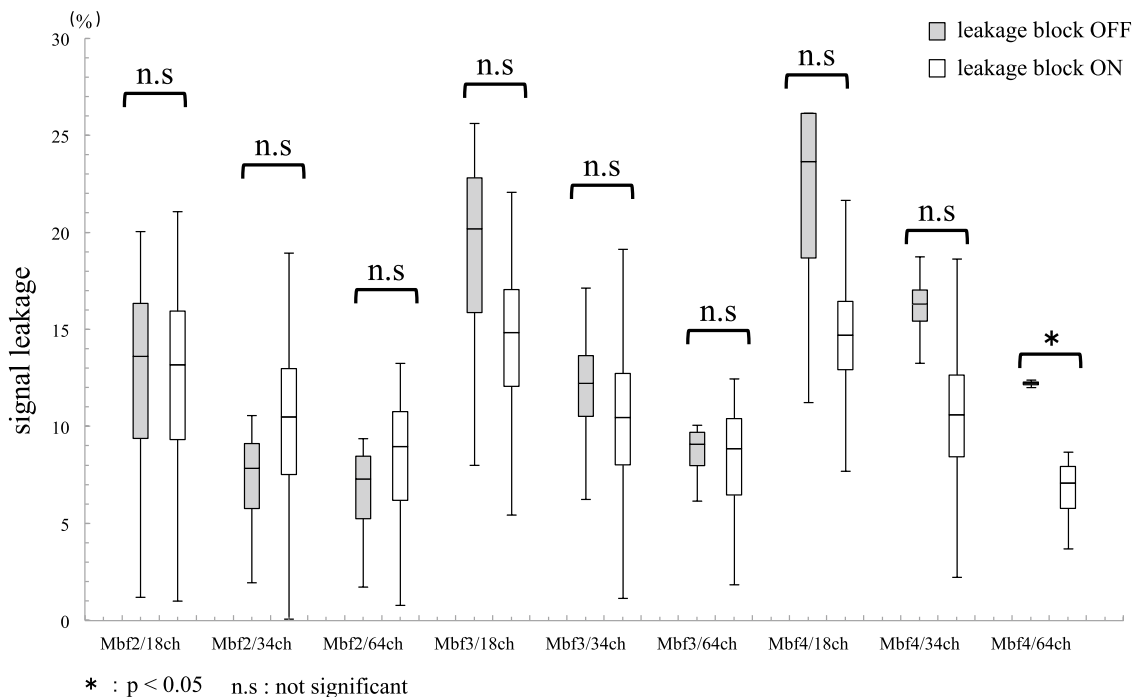


図4 Multiband係数およびコイルチャンネル数それぞれを変化させてleakage blockを併用した $b=1000 \text{ s/mm}^2$ の拡散強調画像の比較。縦軸はsignal leakage、横軸はMultiband係数を示す。2標本t検定の結果を示し、p値が0.05未満を統計的に有意とみなした。

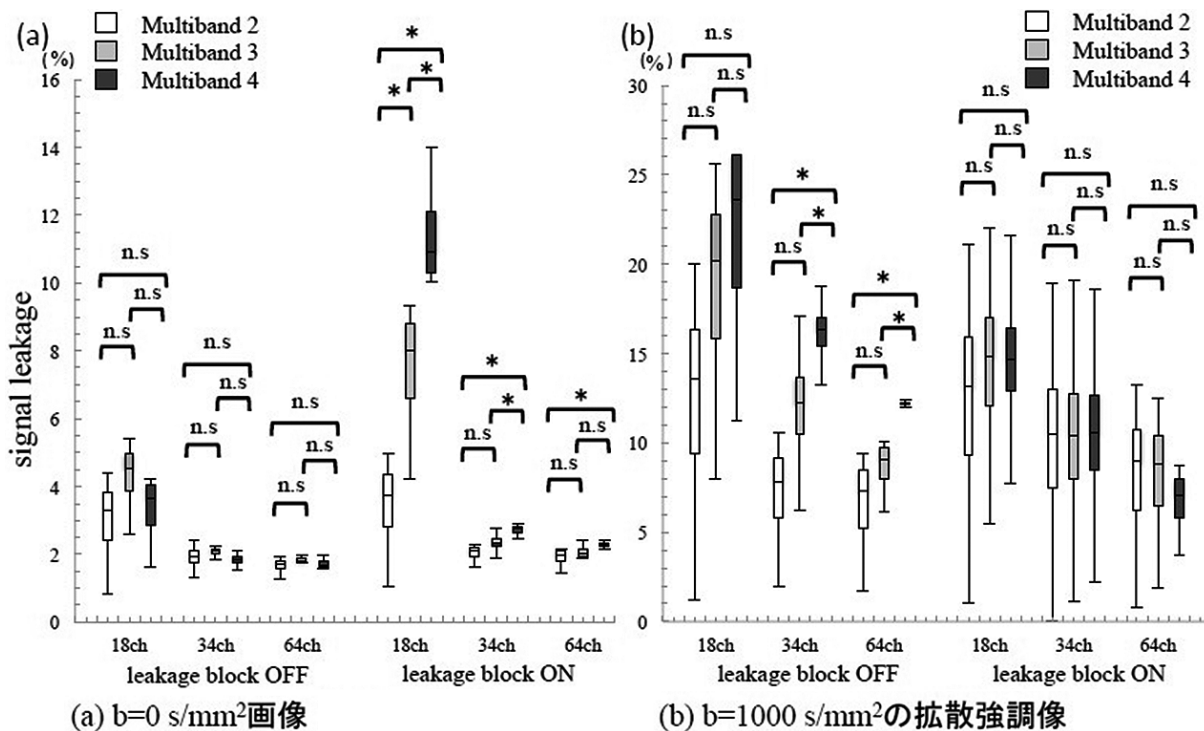


図5 コイルチャンネル数における各Multiband係数のsignal leakageの比較。縦軸はsignal leakage、横軸はコイルチャンネル数を示す。2標本t検定の結果を示し、p値が0.05未満を統計的に有意とみなした。

$s/mm^2$ の拡散強調像の差分画像を図6、7示す。図6の $b=0 s/mm^2$ 画像はleakage block ON、図7の $b=1000 s/mm^2$ の拡散強調像ではleakage block OFFにてMultiband係数の増加に伴い、leakage artifactが見られた。特に図7ではleakage blockによるleakage artifactの低減がよくわかる。またsignal leakageではMultiband係数4を併用した64チャンネルの場合でleakage block OFFのsignal leakageが0.123からleakage block ONでは0.087と有意に低い値であった(図4)。高いMultiband係数を利用するとその分、取得するスライス間距離が小さく

なり、撮像断面に対するコイルの感度差がより小さくなる。結果的に重なった画像の分離に不利に働いてしまう<sup>5)7)</sup>。このため差分画像図6、7のようにMultiband係数の増加に伴いleakage artifactを描出したと考えられる。図5(a)から、leakage block OFFの $b=0 s/mm^2$ 画像では各コイルに対するそれぞれのMultiband係数に有意差は見られないに対して、leakage block ONでは少ないチャンネル数の場合でMultiband係数の増加に伴いsignal leakageの値も有意に増加した。この結果からもleakage blockの利用には多くのチャンネル数が

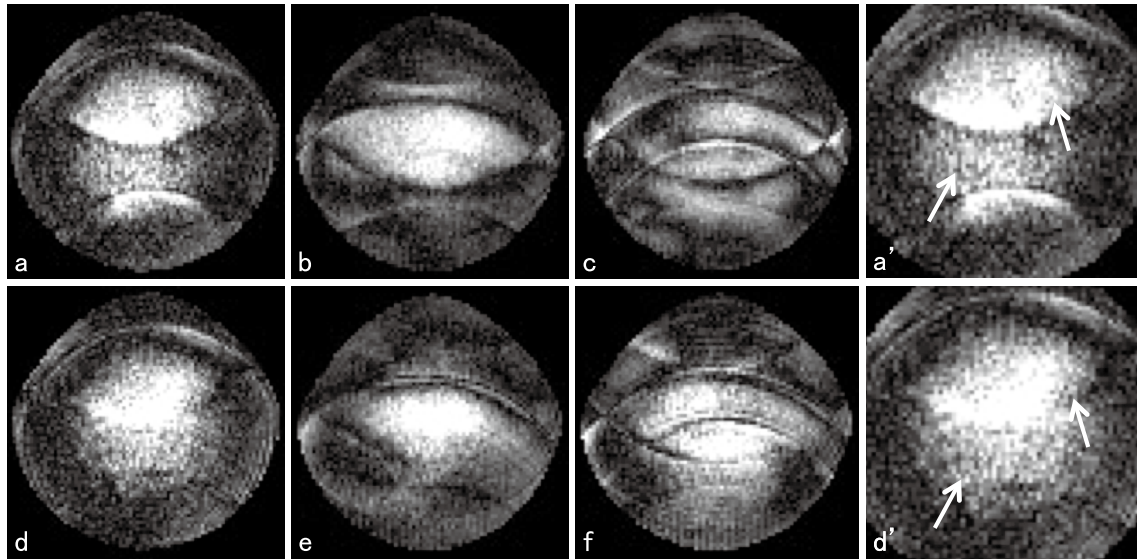


図6 Multiband係数を変化させた場合の $b=0 s/mm^2$ 画像。64チャンネルを利用して各Multiband係数を変化させて得られた差分画像を示す。leakage blockを利用せず、各Multiband係数を2、3、4と変化させた $b=0 s/mm^2$ 画像を(a)、(b)、(c)に示す。leakage blockを利用した各Multiband係数を2、3、4と変化させた $b=0 s/mm^2$ 画像を(d)、(e)、(f)に示す。加えて、画像aとdの拡大画像をa'とd'として、表示した白矢印はそれぞれleakage artifactを示す。

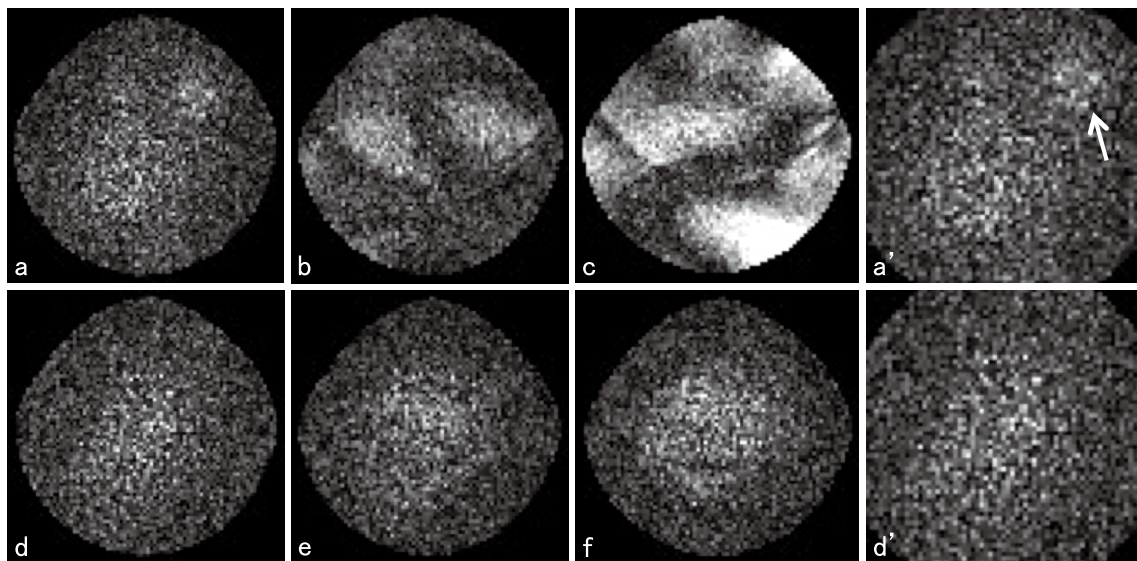


図7 Multiband係数を変化させた場合の $b=1000 s/mm^2$ の拡散強調像。64チャンネルを利用して各Multiband係数を変化させて得られた差分画像を示す。leakage blockを利用せず、各Multiband係数を2、3、4と変化させた $b=1000 s/mm^2$ の拡散強調像を(a)、(b)、(c)に示す。leakage blockを利用した各Multiband係数を2、3、4と変化させた $b=1000 s/mm^2$ の拡散強調像を(d)、(e)、(f)に示す。加えて、画像aとdの拡大画像をa'とd'として、表示した白矢印はそれぞれleakage artifactを示す。



必須であることがわかる。加えて $b=1000 \text{ s/mm}^2$ の拡散強調像の場合、画像位相に大きなバラツキがあるため従来法の再構成の総 artifact 変動は leakage block による再構成の artifact 変動の合計よりも大きくなる<sup>7)</sup>。このため leakage block OFF では34および64チャンネルに対するそれぞれの Multiband 係数で signal leakage が有意に増加したと考えられる (図 5(b))。さらに Multiband の計算過程で利用される CAIPIRINHA による PE 方向のシフト量は Multiband 係数2に対して FOV/2、Multiband 係数4では FOV/4 が最良のシフト量である<sup>1)10)</sup>。本研究に使用した Multiband では Multiband 係数2、3に対する PE シフト量はそれぞれ FOV/2 および FOV/3 であるが、Multiband 係数4の場合では PE シフト量が FOV/3 と決められている。撮像ファントムに合わせて出来る限り小さく設定した FOV に加え、最良ではないシフト量の利用により、画像の分離において厳しい条件下でも leakage block ON に多くのコイルチャンネル数を利用することで signal leakage をより低減できたことは臨床応用への可能性が高い結果が得られたと考えられる。

## 結 語

本研究により従来法の Multiband では  $b=0 \text{ s/mm}^2$  画像に生じる leakage artifact を抑制することは出来たが、 $b=1000 \text{ s/mm}^2$  の拡散強調像では leakage artifact の抑制は見られなかった。一方、leakage block は従来法にて抑制が見られなかった  $b=1000 \text{ s/mm}^2$  の拡散強調像でも leakage artifact を抑制できた。また Multiband 係数の増加にて生じる leakage artifact を抑制するためにはより多くのチャンネル数を有するコイルを利用することで臨床的有用性が高い画像が期待できると示唆された。

## 謝 辞

本研究は革新脳 (パーキンソン病、アルツハイマー病、透明脳、その他の変性疾患、拡散、多施設関連 : 日本医療研究開発機構 (AMED) の疾病研究のための統合神経工学 (Brain/ MINDS) による脳マッピングプログラム)、及び ABiS (JSPS 科研費助成金番号 JP16H06280) によって研究助成を受けた。書面を持って、深く感謝を致します。さらに英語のレビューにつきましても Enago (www.enago.jp) に感謝致します。

尚、本論文の内容は第73回日本放射線技術学会総会学術大会 (2017年、横浜) にて発表した。

## 倫理的配慮

本研究は、人間または動物を対象として実施された研究は含まれていない。

## 利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

## 参考文献

- 1) Xu J, Moeller S, Auerbach EJ, Strupp J, Smith SM, Feinberg DA, et al. Evaluation of slice accelerations using multiband echo planar imaging at 3 T. *Neuroimage*. 2013;83(0):991-1001.
- 2) Moeller S, Yacoub E, Olman CA, Auerbach E, Strupp J, Harel N, et al. Multiband multislice GE-EPI at 7 tesla, with 16-fold acceleration using partial parallel imaging with application to high spatial and temporal whole-brain fMRI. *Magn Reson Med*. 2010;63(5):1144-1150.
- 3) Auerbach EJ, Xu J, Yacoub E, Moeller S, Ugurbil K. Multiband accelerated spin-echo echo planar imaging with reduced peak RF power using time-shifted RF pulses. *Magn Reson Med*. 2013;69: 1261-1267.
- 4) Smith SM, Beckmann CF, Andersson J, Auerbach EJ, Bijsterbosch J, Douaud G. et al. Resting-state fMRI in the Human Connectome Project. *NeuroImage*.2013;80: 144-168.
- 5) Kasahara A, Suzuki Y, Mitsuda M, Yoshikawa K, Hori M, Maruyama K. et al. Usefulness and Consideration of Multi-Band EPI using Simultaneous Multi-Slice for Diffusion Kurtosis Imaging at 1.5 Tesla Magnetic Resonance Imaging. *Austin J Radiol*. 2016;3(4):1060.
- 6) Sotiropoulos SN, Moeller S, Jbabdi S, Xu J, Andersson JL, Auerbach EJ. et al. Effects of image reconstruction on fiber orientation mapping from multichannel diffusion MRI: Reducing the noise floor using SENSE. *Magn Reson Med*. 2013;70(6): 1682-1689.
- 7) Cauley SF, Polimeni JR, Bhat H, Wald LL, Setsompop K. Interslice leakage artifact reduction technique for simultaneous multislice acquisitions. *Magn Reson Med*. 2014 Jul;72(1):93-102.
- 8) Setsompop K, Cohen-Adad J, Gagoski BA, Rail T, Yendiki A, Keil B, et al. Improving diffusion MRI using simultaneous multi-slice echo planar imaging. *Neuroimage*. 2012 Oct 15;63(1):569-580.

9) Breuer A, Blaimer M, Heidemann M, Mueller MF, Griswold MA, Jakob PM. Controlled Aliasing in Parallel Imaging Results in Higher Acceleration (CAIPIRINHA) for Multi-Slice Imaging. *Magnetic Resonance in Medicine*. 2005;53:684-691.

10) Setsompop K, Gagoski BA, Polimeni JR, Witte T, Wedeen VJ, Wald LL. Blipped-controlled aliasing in parallel imaging for simultaneous multislice echo planar imaging with reduced g-factor penalty. *Magn Reson Med* 2012;67:1210-1224.

---

---

## Abstract

### Effects of inter-slice leakage artifact reduction technique for multiband echo planar imaging

Takashi Iwasaki, RT, M.Sc.<sup>1)</sup>, Issei Fukunaga, RT, Ph.D.<sup>2)</sup>, Nozomi Hamasaki, RT<sup>3)</sup>, Syuji Sato, RT<sup>3)</sup>, Takashi Omino, RT<sup>1)</sup>, Haruyoshi Houshito, RT<sup>3)</sup>, Katsutoshi Murata, M.Sc.<sup>4)</sup>, Masaaki Hori, MD, Ph.D.<sup>5)</sup>, Shinsuke Kyogoku, M.D., Ph.D.<sup>2)6)</sup>, Shigeki Aoki, M.D., Ph.D.<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Radiology, Juntendo University Urayasu Hospital,

<sup>2)</sup> Faculty of Health Science, Department of Radiological Technology, Juntendo University,

<sup>3)</sup> Department of Radiological Technology, Juntendo University Hospital,

<sup>4)</sup> Siemens Healthcare Japan,

<sup>5)</sup> Department of Radiology, Toho University Omori Medical Center,

<sup>6)</sup> Department of Radiology, School of Medicine, Juntendo University

Multiband echo planar imaging (Multiband-EPI) is a simultaneous multi-slice acquisition technique that can be used with relatively new in-vivo imaging techniques with a high b-value, such as q space imaging and diffusional kurtosis imaging. Although it is possible to shorten the scanning time by using this multiband technique, aliasing error (leakage artifact) can occur in the process. A technique known as “leakage block” has recently been developed to improve the accuracy of image reconstruction. This study was aimed to investigate the effect of leakage block technique by multiband factor and number of coil channels using a phantom. The amount of leakage artifact was evaluated as signal leakage. Our results showed that with a multiband factor of 4, the signal leakage with and without the leakage block technique was 0.023 and 0.017 for  $b = 0$  s/mm<sup>2</sup>, and 0.087 and 0.123 for  $b = 1000$  s/mm<sup>2</sup>, respectively. Thus, with conventional multiband method, the suppression of leakage artifact could be achieved only in  $b = 0$  s/mm<sup>2</sup>, but not in  $b = 1000$  s/mm<sup>2</sup> diffusion-weighted images. However, using leakage block technique, leakage artifact in high b value image could also be suppressed. In addition, a coil with a higher number of channels is required to suppress leakage artifacts caused by increases in the multiband factor.

**Key Words:** multiband echo planar imaging, leakage block, slice-GRAPPA kernel, signal leakage

[Juntendo Health Science Journal 1 (1) : 30-38, 2020]



## 診療放射線学科のキャリアデザインゼミナール講義紹介

坂野 康昌

順天堂大学保健医療学部診療放射線学科

### 要 旨

医療系大学で学ぶことの意義を知り、継続的な学修の習慣を身につけること、患者への接遇に活かせる基本的な態度を身につけること、自己表現ができ積極的にグループで協働できるようになること等を明示して、共通目標・協働体制・コミュニケーション能力の体得を目標にした。また大学で学ぶために必要なアカデミックリテラシーを学び、ディベートやディスカッションを通じたプレゼンテーションを行うことで、社会の中で働く医療人としてかつ診療放射線技師としての基本的な放射線医療のマナーを学び、学生のキャリアデザインの構築を図るものである。その中で、特に将来の医療人となる学生諸君に心がけてほしいことは、相手に配慮できる服装・接遇・マナーを遵守することである。こうした取り組みから、学生からは本講義は、「非常に興味深く具体的で分かりやすい、かつ本物が登場することは説得力がある」と人気の高い講義であった。また学生のプレゼンテーション評価については、教員側からブレ採点形式で長所を伸ばし短所を改善する目的で指摘するものであったが、学生の多くが見事なプレゼンテーションをやり貫いた。

キーワード：キャリアデザイン、診療放射線学科、共通目標、医療人、医療系大学

順天堂保健医療学雑誌，第1巻，第1号，39-41頁，2020年

### 講義の目的と到達点

本講義の目的は、①医療系大学で学ぶことの意義を明確に知り、継続的な学修の習慣を身につけること、②将来、患者への接遇に活かせる医療人として基本的な態度を身につけること、③自己表現ができ、積極的にグループで協働できるようになること等を明示して、共通目標・協働体制・コミュニケーション能力の体得を目標にした。

また大学で学ぶために必要なアカデミックリテラシー（情報検索、レポート作成法など）を学び、ディベート（debate）やディスカッション（discussion）を通じて、他の人に向けてプレゼンテーション（presentation）を行うことで、能動的な学修姿勢及び協調的な態度など、将来社会の中で働く医療人としてかつ診療放射線技師としての基本的な放射線医療のマナーを学び、学生諸君にとっての将来のキャリアデザインの構築を図るのである。

「本学では他を思いやり、慈しむ心「仁」の理念のもとに教育を実践している。その中で、特に将来の医療人となる学生諸君に心がけてほしいことは、自分のことだけではなく、相手に配慮できる服装・接遇・マナーを遵守することである。本郷・お茶の水キャンパス内には、医学部附属順天堂医院を併設しており、この病院は教育実習機関であると同時に一般の患者さんのための病院でもある。この立地の特性を十分に理解

し、患者さんや一般の方々からも好まれるような服装・接遇・マナーを身に付けてほしい。」と各教員からも繰り返し意識付けを行った。

本講義のキャリアデザインの到達点を、a)からc)で示す。a)医療人として基本的な態度を身につける、b)協働体制・コミュニケーション能力を体得する、c)プレゼンテーションを行う。などである。当然のことではあるが、「将来に向けての自分をデザインするために、学生諸君は、まず欠席遅刻を慎み、生活習慣としての講義出席を身に付けること。課題について自らの考えを得るまで熟慮すること。協働体制の中では、更なるコミュニケーション能力及びプレゼンテーション能力を発揮すること。」などを是非とも実践してほしいのである。

### キャリアデザインゼミナールの 日程と各講義の概要

現役の本物登場による講義と学生自らが考え自らのキャリアをデザインする講義という内容にキャリアデザインゼミナールを工夫して実践した。

#### 第1回（4月11日） ガイダンス

初回は診療放射線学科の教員全体で、自己紹介と今後のキャリアデザイン講義の進め方を示し、その後、診療放射線科の医療機関での位置づけや診療放射線技

師の仕事と役割などについて、具体的な事例を挙げて概説した。

#### 第2回（4月18日） 講義

「学生のうちに身に付けること」および「学生生活における留意事項」を詳述した。学生時代のアルバイト経験やボランティア活動は、現実の社会を学ぶ貴重な経験であり、学生にとっては豊かな人間形成のためにも必要な機会であると考えられる。しかし、近年、労働時間や賃金など労働基準法で定められた基準を守らずにアルバイトを雇用する雇用者（ブラック企業）が増えていることもあり、一般社会へも正しく適応できるように講義の中でも繰り返し注意を喚起した。

#### 第3回（4月25日） 講義

情報センターおよび図書館について学生による活用のため詳細解説があった。

#### 第4回（5月9日） 講義と見学

順天堂大学医学教育歴史館講義と医学教育歴史館センチュリー17階の見学を実施した。

→ キャリアデザイン進捗の具体例として、順天堂大学医学教育歴史館を見学する機会を得て学生と教員共に誇りある順天堂大学に所属することに感銘した。

#### 第5回（5月16日） 講義

医療機器会社の外国人社長より「放射線医療機器の必要性と診療放射線技師」について、外国人医療機器メーカー社長の英語による講義があった。通訳の社長秘書にも協力を得て、難解な部分は所々で日本語に翻訳して、学生が理解しやすいように講義を続けた。診療放射線学科の学生も国際性に向けた初めての英語講義に興味を抱いていた。続いて、医療現場の管理職の立場から求められる診療放射線技師像の講義があった。実際に自分になりたい診療放射線技師像と求められる放射線技師像との異同につき学生は熟慮していた。

→ キャリアデザイン進捗の具体例として、視点の異なる管理職からの意見は、学生たちが診療放射線業務という専門の業務以外にも医療事故防止や患者接遇の重要性など多面的な気づきがあった。

#### 第6回（5月23日）

今後の学術的キャリアを積むため必要な、具体的スキルに関する内容を伝授するため、レポート関連の作成ルールにつき、必要十分条件は何かを概説した。続いてキャリアデザインを考え進める場合の科学的な考

え方としては、盲信せず「懐疑的であれ」といった留意点を講義した。

→ キャリアデザイン進捗の具体例として、学生はレポート作成の意義を理解し、提出期限を厳守する意義をもさらに理解した。

#### 第7回（5月30日）

順天堂医院放射線部に勤務する外国籍の診療放射線技師及び日本国籍の海外留学経験診療放射線技師からは、現場に即応した経験談について講義した。順天堂医院診療放射線科の外国人技師等による現場体験の参考事例を多数講義した。また、ラジオアイソトープを取り扱う核医学についての講義を実施した。

→ キャリアデザイン進捗の具体例として学生には、診療放射線技師の留学を含めた国際性と国際的活躍についての具体性が把握できた。また、将来の核医学検査業務が身近に感じられるようになった。

#### 第8回（6月6日）

在学中に受験可能なもうひとつの放射線関連の国家試験である放射線取扱主任者の受験と対策について、合格基準・受験状況（合格者）・試験科目などに関して講義した。また、続いて外国人医療系ネットワーク会社外国人社長によるHIS・RIS等を講義した。

→ キャリアデザイン進捗の具体例として学生には放射線取扱主任者試験への受験意欲が高まった。病院内の電子カルテやHIS・RIS等が今後も必須のものとして身近に感じられるようになった。

#### 第9回（6月13日）

放射線治療と医学物理士について解説し、具体的業務についての興味を引き出した。

→ キャリアデザインの具体例として学生には将来の放射線治療の業務が身近に感じられるようになった。

#### 第10回（6月20日）

チーム医療が求められる理由は、医療の技術が高度化して複雑になり高い専門性が必要になったことや、治療の選択肢が多くなり患者の治療や療養に対するニーズが多様化してきたことなどを概説し、チーム医療につき、多職種との連携事例などを例示した。

→ キャリアデザインの具体例として医療系の多職種の内容と連携の必要性などを具体的に提示し、学生の理解を容易にした。

#### 第11回（6月27日）

【目指す方向性を討議する】【統一する必要はない】  
【何をしなければならないかを明示できること】【コミュニケーション能力とは】など自学自得自修の精神で実施した。グループディスカッション①小グループに班別構成し、グループごとに教員が担当して、ディスカッションの円滑化に寄与した。

→ キャリアデザインの進捗具体例としては、協働体制やグループ内でのコミュニケーションに能力差があり初回は学生間の能力発揮が十分とは言えず、自発性を期待していた場面もあった。しかし、そうした不安も徐々に解消されていった。

#### 第12回（7月4日）

グループディスカッション②小グループに班別構成し、グループごとに教員が担当して、ディスカッションの円滑化に寄与した。

→ キャリアデザインの進捗具体例としては、積極性・建設的・独自性が発揮されてきた。

#### 第13回（7月11日）

グループディスカッション③小グループに班別構成し、グループごとに教員が担当して、ディスカッションの円滑化に寄与した。

→ キャリアデザインの進捗具体例としては、学生間のディスカッションがさらに円滑になり、役割分担も自主的に明確化されてきた。

#### 第14回（7月18日）

学生プレゼンテーション①実施 教員のプレ採点により評価し学生の更なる発奮を促した。

#### 第15回（7月25日）

学生プレゼンテーション②実施 採点本番を実施した。

以上のような手順内容でキャリアデザインゼミナールを進行した。保健医療学部開設記念の国際シンポジウムが開催されるなど、保健医療学部の学生及び教員はキャリアデザインの国際化対応という一貫した理念に適合するように努力している。

### 講義を終えて

大学4年間を明確な目標を立てて過ごすことと、目標も立てずに緩慢に過ごすこととは、将来的に大きな差が生じる可能性がある。そのため、学生諸君は入学して間もない時期に将来を見据えた明確な目標を立て、それを実行することが重要である。また、それを導けるように協力することは教員の責務でもある。

このため、診療放射線学科のキャリアデザインゼミナールでは、学生を8グループに分けて学生プレゼンテーションを目指した。テーマは「自分たちのキャリアデザイン」であり、学生同士での議論を通じて成長しあうのである。課題を見つけ解消して自らの方向性を見つけ出すのである。

こうした取り組みから、15回のキャリアデザインゼミナールを終えた学生からは、「非常に興味深く具体的で分かりやすい、かつ本物が登場することは説得力がある」と人気の高い講義であった。また学生のプレゼンテーション評価については、教員側からプレ採点形式で長所を伸ばし短所を改善目的で指摘するものであったが、学生の多くが真摯な対応で見事に良好なプレゼンテーションをやり貫いた。この調子で向かうならば、今後学生には早期の学会発表などを経験する機会を与えてもよいと考えられる。

### 「理学療法学科」の紹介

高橋 哲也<sup>\*1)</sup>、藤原 俊之<sup>1)2)</sup>

<sup>1)</sup> 順天堂大学保健医療学部理学療法学科、<sup>2)</sup> 順天堂大学医学部附属順天堂医院リハビリテーション科

#### 要 旨

社会の高齢化、疾病構造の変化、医学・医療技術の多様化・専門化に対応すべく、豊かな人間性と専門的知識・実践実技力を兼ね備えた国際的に活躍できる理学療法士・診療放射線技師を育成するために、2019年4月、順天堂大学第6番目の学部となる保健医療学部が誕生した。

本論では、理学療法学科の特徴を、1) 医学部、病院、学科が一体となった教育と実習、2) スポーツと医学、健康の関わりが学べること、3) 大人数クラスと少人数ゼミナールによるコミュニケーション能力の醸成を目指すこと、4) 一流の教員による最先端の授業と研究について、5) 授業や海外研修による国際力養成について、6) 3年後期に6つの選択演習科目を配置したこと、7) 最新設備が整う充実した教育環境について、の7つの観点より説明した。また、2019年度のイベントレポート、今後の展望について説明した。

キーワード：順天堂大学、保健医療学部、理学療法学科、特徴、展望

順天堂保健医療学雑誌，第1巻，第1号，42-50頁，2020年

#### はじめに

社会の高齢化の急速な進展、人々の生活習慣や生活環境の変化による疾病構造の変化、そして、医学・医療技術が多様化・専門化に対応すべく、豊かな人間性と専門的知識・実践実技力を兼ね備えた国際的に活躍できる理学療法士・診療放射線技師を育成するために、日本最古の医学塾である順天堂大学に、2019年4月、本学第6番目の学部となる保健医療学部が本郷・お茶の水キャンパスに誕生した。

東京の中心、本郷・お茶の水キャンパスに設置された所以は、確かな技術を習得し高い実践力を備えた理学療法士及び診療放射線技師を養成するためには、医学部及び順天堂医院との連携は必須であり、学生が医療現場にできるだけ近い環境で学ぶことが最適であることや、医学部のある本郷・お茶の水キャンパスで医学部に準じた高度な専門職教育を目指したこと、そして、教員自らが順天堂医院の臨床に身を置いて学生の範となる臨床活動を行い、そのうえで臨床現場で教育に関わることこそが最高の専門職教育であるとの判断があったからである。

学是である「仁（人在りて我在り、他を思いやり、慈しむ心。これ即ち「仁」）」の心をもった高度医療専門職を育成する場として、最高の環境で理学療法学科は誕生したといっても過言ではない。

#### 理学療法学科の特徴

順天堂大学理学療法学科は、日本における代表的な理学療法の教育・研究拠点を目指すため、5つの特徴を掲げた。

##### 1) 医学部、病院、学科が一体となった教育と実習

本学科は高度先進医療を提供する順天堂医院から徒歩1分に位置し、医学部と共有する抜群の教育環境のもと、医学部教員、順天堂医院の理学療法士、順天堂医院の業務を兼担する学科教員が一体となった日本唯一の教育指導体制を備えている。特に、1年次前期から順天堂医院で見学実習（Early Clinical Exposure Program）を行い、入学後の早期に医療現場で直接患者さんと接する体験や医療スタッフの仕事を見学することで、医療人としての態度や心構えを養い、学習意欲を高めることができる。2年次には医学部附属病院（順天堂医院、練馬病院、浦安病院、江東高齢者医療センター）で検査測定実習を行う。3・4年次の評価実習、総合臨床実習でも医学部附属病院で1/3の実習を行うことができる。

理学療法士養成課程における臨床実習は医学モデルとは違い、独特な教育体系を持っている。臨床実習指導者の多くは「教育学」を学んでおらず、学生への指導方法が必ずしも適切でない場合もある。そのため教育学の知識が不十分な臨床実習指導者と学生の間で実習指導を介したハラスメントが生じて社会問題となっ

\*順天堂大学保健医療学部理学療法学科  
〒113-8421 東京都文京区本郷2丁目1番1号  
Email: te-takahashi@juntendo.ac.jp





リハビリテーション室の様子

ている。理学療法士を目指す学生が臨床実習中のパワーハラスメントが原因で自殺し、ご遺族が養成校と実習先へ損害賠償を求めた訴訟で、平成30年6月28日に大阪地裁は、パワハラと自殺の因果関係ならびに養成校と実習先の安全配慮義務違反を認め、全額支払いを命じた判決があった。この件も関係し、「理学療法士作業療法士学校養成施設指定規則」改定に伴い、「臨床実習指導者のあり方」が議論されているが、実習中のハラスメントの相談は増加しており、問題の顕在化が伺える。

臨床実習を行う時期になっても医療従事者を目指す学生としての基本的態度が身につけていない学生は少なくないが、これまでの成長過程を無視して、情意や社会性の芽が出そうになっている学生に対して、頭ごなしに「未熟」と決めつけ、厳しく指導することは大きな間違いである。学科に関わる教員として、1年入学時から学生の成長を見守っている学科専任教員だからこそわかる学生の性格や特徴がある。学生の性格や特徴、成長の過程を理解して、学科教員自らが臨床現場に身を置き、臨床実習の指導ができることは無用なハラスメントを防止し、学生の成長を促進するためには必要不可欠である。

また、順天堂医院に所属している38名の理学療法士の先生方が、理学療法学科と連携して学生指導に携わって下さる。順天堂医院の理学療法士の先生方の協力体制は、本学科最大の特徴でもある。学生の成長を見守るためには医学部、病院、学科が一体となった教育と実習が重要な所以で、臨床実習を病院に丸投げしている養成校とは目指すところが異なっている。

## 2) スポーツと医学、健康の関わりが学べる

順天堂大学は、1951（昭和26）年に体育学部（現在のスポーツ健康科学部）を開設し、1971（昭和46）年には、私学初の大学院体育学研究科（修士課程）を開設したスポーツ指導者の育成には大変定評のある大学である。箱根駅伝での活躍の目立つ陸上部は全国的な知名度を誇り、体操部においてはオリンピックを多数輩出している。また、医学部整形外科には多くのスポーツ専門医が在籍し、大学レベル、社会人レベル、プロフェッショナルレベル、そしてナショナルチームに至るまで多くのチームドクターがいる。

本学科においても、日本サッカー協会医学委員会の委員長を務め、サッカー日本代表の健康管理の重責を担っておられる池田浩教授をはじめ、スポーツ現場で活躍する理学療法士の免許を有する教員のもと、スポーツや運動の障害に関わる理学療法を実践的に学ぶことができる。また、スポーツや運動の障害に関わる理学療法だけでなく、スポーツや運動と健康の関わりとして、予防医療や地域における健康づくりのためのスポーツや運動の重要性についても学ぶことが可能である。

## 3) 大人数クラスと少人数ゼミナールによるコミュニケーション能力の醸成

本学科は1学年120人の国内最大の学生定員を有する。大学時代に多くの友人をもつことは多様な価値観に触れるかけがえのないチャンスである。一方で、大人数であるために、一人一人の学生に目が行き届かないのではないかと懸念もあるかもしれない。その懸念を払拭するためにも、そして何より学生一人一人の成長を確実に見守るためにも、4年間を通して、少人数のゼミナール形式の科目を設定した。1年次は「フレッシューズゼミナール」、2年次は「理学療法基礎ゼミナール」、3年次は「理学療法ゼミナール」、4年次は「卒業研究」である。これらのゼミナールでは学生6～10名に対し1名の教員を配置し、ほぼ毎週細やかな指導を行い、学修の定着や学生生活の動向を見守ることに加えて、少人数ゼミナールで積極的なディスカッション



大人数クラスと少人数ゼミナルによるコミュニケーション能力の醸成

ョンやグループワークを通じたアクティブラーニングを行う。

大人数クラスと少人数ゼミの双方の特徴を最大限に活かし、医療人として必須のコミュニケーション能力を養うことができる。少人数制のゼミナルを4年間連続して各期に配置したことにより学生への丁寧な学習支援を実現し、日々の学習から就職の相談まで、専任教員が継続的に支援することができる。

#### 4) 一流の教員による最先端の授業と研究

本学科では助教以上の教員のすべてが博士号を有し、多くの査読付き原著論文の業績を有する。また、ほとんどの教員が科学研究費補助金などの外部資金を獲得しているなど、外部からの評価も非常に高い。教員候補の選抜については、当該の専門分野で全国的な知名度があること、インパクトファクター付き論文を含む英文論文を複数編保有していること、外部資金を獲得していること、大学での十分な教育歴があること、そして何よりも学是「仁」に共感し、日本一の養成校づくりに力を合わせられる積極性と人柄を有すること、を基本にした。その結果、「神経系理学療法」、「運動

器・スポーツ理学療法」、「内部障害・高齢者理学療法」といった理学療法の3大分野で大変優れた教員を確保することができた。

また、現職の医学部主任教授の兼任、医学部解剖学・生体構造科学講座の前主任教授、坂井建雄先生の特任教授としての就任、サッカー日本代表選手、オリンピックや大相撲力士などトップアスリートの治療や障害予防を担当する教員、専門学会の大会長を経験した教員など、他に類をみない優れた教員で、最先端の授業と研究をリードしている。特に坂井教授は解剖学に関する著書・訳書多数で、標準解剖学（医学書院、2017）、プロメテウス解剖学アトラス第3版（全3冊、監訳、医学書院、2017-19）、カラー図解人体の正常構造と機能（総編集、日本医事新報社、2017）、図説医学の歴史（医学書院、2019）など、我が国の解剖学の教科書のほとんどに関わられている。

#### 5) 授業や海外研修による国際力養成

近年、文部科学省は、グローバル人材育成のための大学の国際化と学生の双方向交流を推進している。例えば、COIL (Collaborative Online International Learning) といったオンライン教育手法の進化を国際的な大学間交流に応用した、国際的・双方向的な新しい教育実践の方法や、情報通信技術 (ICT) ツールを活用し、海外の学生と様々な分野のプロジェクトをバーチャルに連携しながら実施することで、国内に居ながら海外大学の学生と協働して学習できることを推進している。また、外国大学とのジョイント・ディグリー（国際連携教育課程制度）も推進している。

我々理学療法学科も、国際化とグローバル人材の育成を目指し、英語や医療英語という科目だけでなく、通常の授業でも英語を取り入れた授業を行うこととしている。また、国際交流協定を締結した海外の大学からの実習生受け入れによる国際的なコミュニケーション育成、希望者への海外研修を行う予定である。2019年度は、中国医薬大学との大学間交流協定 (MOU) を結び、3年生を3週間受け入れる予定となっている。また、国立台湾大学、シンガポール工科大学、トロント大学、オールボー大学などとも交流を進めるべく交渉を行っている。

国際交流というのは言うは易し行うは難しであるが、理学療法学科には、欧米やオーストラリアなどの海外留学経験や国際学会での発表経験を豊富に持つ英語の堪能な教員が多く配置されているため、今後も国際展開も実行可能性は高い。



## 6) 3年後期に6つの選択演習科目を配置

大学の基本は、「自学・自修・自得」である。最近では、教員による一方的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法を「アクティブラーニング」と総称する。学修者が能動的に学修することによって、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る。本学科もこの「アクティブラーニング」精神に則り、能動的に学修するために、学年が進み興味が膨らんだ専門科目について、さらに深く学修できるように、3年後期に多彩な選択演習科目（発達障害系理学療法学演習、スポーツ理学療法学演習、関節障害理学療法学演習、認知神経理学療法学演習、急性期理学療法学演習、高齢者理学療法学演習）を配置した。大学生として学生の興味に応じて主体的に選択することによって、「生涯学び続ける基礎的な能力」や「知識活用能力」をもつ医療専門職人材の育成を目指す。

## 7) 最新設備が整う充実した教育環境

本学科の講義・演習の多くは御茶の水センタービルで実施する。御茶の水センタービルには、大小の講義室、ゼミ室、運動学実習室、評価測定実習室、ADL室、運動療法実習室、物理療法実習室、水治療実習室、国家試験対策の学習スペースが設置されている。また、8階には60台の治療ベッドを備えた都内最大級の実習室が完備されている。充実した最新実習機器を揃えた教育環境で、高い実践能力と確かな応用力を養うことができる。

## 2019年、理学療法学科イベントリポート

2019年は理学療法学科の記念すべき開設元年であり、様々なイベントが行われた。

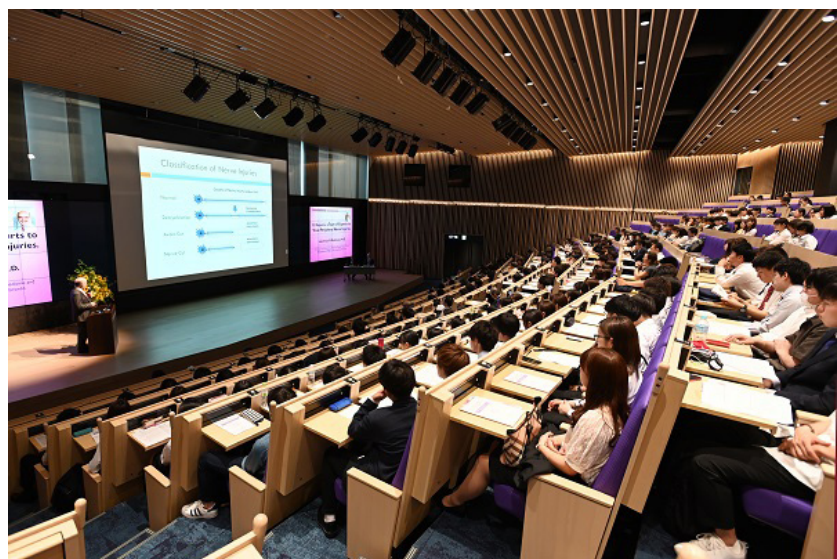
### 1) 順天堂大学保健医療学部開設記念国際シンポジウム

2019年4月の本学部開設を記念し、2019年6月8日に本郷・お茶の水キャンパスにて「順天堂大学保健医療学部開設記念国際シンポジウム ～高齢化社会におけるチーム医療のあり方～」が開催された。海外で活躍する理学療法および診療放射線領域の研究者4名にご講演いただき、学部1年生も参加した。質疑応答のセッションでは、学部1年生と講演者が英語でディスカッションする一幕もあった。

### 2) 1年生前期最後のフレッシュャーズゼミナール発表会

1年生前期最後のフレッシュャーズゼミナールでは、学生が自分たちで決めたテーマでスライドをまとめ、発表した。テーマにとりあげた疾患は、アキレス腱断裂、野球肘、腰椎分離症、呼吸器疾患、膝前十字靭帯損傷、ラクナ梗塞、膝蓋大腿関節症、野球肩、膝蓋腱断裂、unhappy triad、パーキンソン病だった。疾患の疫学や病態、発症メカニズムや理学療法について、教科書やデータベース（医中誌やPubmed）で調べた学術論文をもとに発表した。また、理学療法や検査法の実演、道具を用いた関節構造の説明、受傷機転の再現動画や筋肉トレーニングの実演動画など、各班のわかりやすい発表への工夫が伝わる良い発表ばかりだった。また、発表後には多くの質疑応答があり、学生の成長を垣間見れる発表会だった。

Memorial Symposium  
for the Establishment of the Faculty of Health Science,  
Juntendo University  
順天堂大学保健医療学部 開設記念国際シンポジウム  
Medical Teamwork in an Aging Society,  
Bringing the Future into the Present  
“高齢化社会におけるチーム医療のあり方”  
2019/6/8 sat.  
13:30 - 17:00  
順天堂大学 A棟講堂  
Building A Auditorium  
[主催] 順天堂大学保健医療学部  
Faculty of Health Science,  
Juntendo University  
TEL: +81-3-3812-1700  
E: M.H.S.Symposium@juntendo.ac.jp



順天堂大学保健医療学部開設記念国際シンポジウム



フレッシューズゼミナール発表会

### 3) オープンキャンパスおよび進学説明会

2019年度のオープンキャンパスは、8月4日、8月31日に2回開催された。大変暑い中、8月4日には400名、8月31日には500名もの方の参加いただいた。また、9月21日土曜日に、進学説明会が開催され、同じく500人の参加者があった。

以下はオープンキャンパスのプログラム

1. 学部長挨拶、順天堂大学について (学部長 代田浩之教授)
2. 学科長挨拶、なぜ今理学療法士を目指すのか (学科長 藤原俊之教授)
3. 理学療法学科紹介 (副学科長 高橋哲也教授)
4. 講演 (8月4日)「2018 FIFA ワールドカップ・ロシア大会から見たスポーツ現場の無限性」(池田浩教授)
- 講演 (8月31日)「人体を深く知って、医療のプロフェッショナルに」(坂井建雄教授)
5. 入試情報、学費・奨学金案内 (保健医療学部事務)
6. 順天堂医院で活躍する理学療法士からのメッセージ (北原エリ子係長、桑名駿先生、渡邊彩美先生)
7. 順天堂医院リハビリテーション室見学
8. 保健医療学部校舎 (御茶の水センタービル) 見学
9. 質疑、個別相談 (教員・在学生・事務)

### 4) 2019年度新入生フレッシュパーソンズキャンプ

2019年4月27日 (土)、保健医療学部新入生フレッシュパーソンズキャンプが開催された。フレッシュパーソンズキャンプは、新入生同士はもちろんのこと、教員との交流も深め、大学入学から間もない時期に将来像をイメージし語り合うことで、これから始まる4年間の学生生活の目的・目標を明確に定めもらうことを目的としている。今年度は学科混合で20のグループを作り、グループごとに決めたテーマについて討議を行い、交流を深めた。

### 5) John Rothwell教授 (ロンドン大学) 特別講演

2019年11月14日に、世界的に著名な神経生理学研究者である John Rothwell 教授 (ロンドン大学) を講師にお招きして、特別講義を実施した。先生のご専門である非侵襲的脳刺激の中でも、近年注目されている“Transcranial ultrasound stimulation” (経頭蓋超音波刺激) を用いた新しい脳刺激法に関して、最新の知見をご講義いただいた。Rothwell 先生の英語でのご講義に先立ち、本学科の藤原俊之教授による非侵襲的脳刺激の解説も行われたため、学生も理解が進んだことと思われる。





## 6) 順天堂大学での日本とデンマークの遠隔技術ワークショップ

2019年12月2日（月）に本郷・お茶の水キャンパス A棟にて本学部が主催する『JD TelTech workshop in Juntendo University』が開催された。

当日はデンマークのオールボー大学、オーフス大学、ビボー地域病院、デンマーク工科大学などから、遠隔医療やデジタルヘルスなどの研究者に参加いただき、互いの研究に関する発表や遠隔診療や遠隔リハビリテーションの取り組みについてディスカッション、順天堂医院の見学などを行った。理学療法学科は様々な海



2019年度新入生フレッシュパーソンズキャンプ



オープンキャンパスおよび進学説明会



John Rothwell 教授（ロンドン大学）特別講演



外大学との交流を積極的に推進しており、国際的に活躍できる医療人育成を目指した教育環境の整備を進めており、今回のワークショップもその一環として行われた。

7) 第1回保健医療学部自治会主催スポーツ大会  
「第1回保健医療学部自治会主催スポーツ大会」が、

本学のスポーツ健康科学部があるさくらキャンパス体育館にて開催された。理学療法学科・診療放射線学科の1年生総勢205名が参加して、下記の種目の競技を行った。学科混合の4チームで競い合い、オレンジTシャツの第2チームが優勝した。学生たち自身（自治会）が主体となって作り上げた本学部初の学生イベントだったが、大変盛り上がり、理学療法学科と診療放射線



順天堂大学での日本とデンマークの遠隔技術ワークショップ



第1回保健医療学部自治会主催スポーツ大会



順天堂大学保健医療学部市民公開講座「健康長寿を達成するための脳卒中予防」

学科の学科を越えた交流ができた。

＜競技＞ドッジボール、バスケットボール、バレーボール、フットサル（男子/女子）、学科対抗ガチフットサル、学科対抗ガチバスケ、学科対抗ガチバレー、ハンドボール

#### 8) 順天堂大学保健医療学部市民公開講座「健康長寿を達成するための脳卒中予防」

2019年11月23日（土）に、本学部主催にて市民公開講座「健康長寿を達成するための脳卒中予防」が開催された。本学科の学科長の藤原俊之教授、診療放射線学科副学科長の坂野康昌特任教授が、脳卒中予防に関する講演を行った。参加者からの質問も多く、今後も

魅力的な市民公開講座を企画していくことが確認された。

### 2020年、理学療法学科の展望

開設2年目を迎える2020年は、准教授3名、講師1名、助教2名、助手1名の合計7名の理学療法士教員と、教授1名（医師）が着任され、全教員がそろうことになる。また、御茶の水センタービルもフルオープンとなり、教具や実習機器もすべてそろうことになっている。

日本一の理学療法学科を目指して、教育、臨床、研究をバランスよく、そして教員同士チームワークよく実施し、学生ファーストの精神で前進する所存である。

# 理学療法学科カリキュラム（詳細）

ゼミナール 選択演習科目 専門基礎医学 ☆：選択、（ ）内は単位数

		基礎分野	専門基礎分野	専門分野
1年次	前期	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆人間科学系 現代社会と倫理☆(2) 心理と行動☆(2) 社会学概論☆(2)</li> <li>◆自然科学系 基礎化学☆(1) 基礎生物学☆(1) 基礎物理学☆(1) 基礎数学☆(1) 情報科学☆(1)</li> <li>◆言語とスポーツ系 英語Ⅰ(2) 中国語Ⅰ☆(2) フランス語Ⅰ☆(2) スポーツ理論・実技(1) スポーツ健康運動方法論(1) 野外スポーツ実習Ⅰ(サマー)☆(1)</li> <li>◆総合 フレッシュヤーズゼミナール(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆人体の構造と機能及び心身の発達 解剖学Ⅰ(2) 解剖学Ⅱ(2) 生理学Ⅰ(2)</li> <li>◆疾病と障害の成り立ち及び回復過程の促進 救命救急学(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆基礎理学療法学 理学療法概論(2)</li> <li>◆臨床実習 臨床実習Ⅰ(見学)(1)</li> </ul>
	後期	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆人間科学系 人間関係論(コミュニケーション論)(2) 法と社会(日本国憲法)☆(2) 人権とジェンダー☆(2)</li> <li>◆自然科学系 統計学☆(2) 生化学☆(2) 生命現象の科学☆(2)</li> <li>◆言語とスポーツ系 英語Ⅱ(2) 中国語Ⅱ☆(2) フランス語Ⅱ☆(2) 国語表現法☆(2) 野外スポーツ実習Ⅱ(ウィンター)☆(1)</li> <li>◆総合 フレッシュヤーズゼミナール(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆人体の構造と機能及び心身の発達 解剖学実習Ⅰ(1) 解剖学実習Ⅱ(1) 生理学Ⅱ(2) 運動学(2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆基礎理学療法学 日常生活活動学(2)</li> <li>◆理学療法評価学 検査・測定学(2)</li> </ul>
2年次	前期	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆人間科学系 社会保障制度と医療経済☆(2) 世界と日本現代史☆(2)</li> <li>◆言語とスポーツ系 英語表現Ⅰ☆(2) 中国語Ⅰ☆(2) フランス語Ⅰ☆(2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆人体の構造と機能及び心身の発達 生理学実習(1) 運動学実習(1) 人間発達学(1)</li> <li>◆疾病と障害の成り立ち及び回復過程の促進 臨床心理学(1) カウンセリング論(1) 病理学概論(1) 外科学(1)</li> <li>◆保健医療福祉とリハビリテーションの理念 リハビリテーション医学(2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆基礎理学療法学 日常生活活動学実習(1) 理学療法基礎ゼミナール(1)</li> <li>◆理学療法評価学 検査・測定学演習(1) 運動療法評価学(2)</li> <li>◆理学療法治療学 運動器系理学療法学(2)</li> <li>◆臨床実習 臨床実習Ⅱ(検査・測定)(1)</li> </ul>
	後期	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆言語とスポーツ系 英語表現Ⅱ☆(2) 中国語Ⅱ☆(2) フランス語Ⅱ☆(2) 医療英語☆(2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆疾病と障害の成り立ち及び回復過程の促進 脳神経外科学(1) 内科学(2) 精神医学(1) 神経内科学(2) 小児科学(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆基礎理学療法学 理学療法基礎ゼミナール(1)</li> <li>◆理学療法評価学 運動療法評価学実習(1)</li> <li>◆理学療法治療学 神経系理学療法学(2) 内臓器系理学療法学(2) 運動器系理学療法学実習(1) 物理療法学(2) 物理療法学実習(1)</li> </ul>
3年次	前期		<ul style="list-style-type: none"> <li>◆疾病と障害の成り立ち及び回復過程の促進 感染症・免疫学(1) 薬理学(1) 栄養代謝学(1)</li> <li>◆保健医療福祉とリハビリテーションの理念 医療安全管理学(1) 医療倫理論(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆基礎理学療法学 理学療法管理学(2)</li> <li>◆理学療法評価学 理学療法画像評価学(1)</li> <li>◆理学療法治療学 神経系理学療法学実習(1) 内臓器系理学療法学実習(1) 発達障害系理学療法学(2) スポーツ理学療法学(2) 義肢肢具学(2) 義肢肢具学演習(1)</li> <li>◆地域理学療法学 地域理学療法学Ⅰ(2)</li> <li>◆総合領域 理学療法研究法(1) 理学療法ゼミナール(1)</li> </ul>
	後期		<ul style="list-style-type: none"> <li>◆保健医療福祉とリハビリテーションの理念 地域包括マネジメント論(1) チーム医療論(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆理学療法治療学 リハビリテーション工学(1) 発達障害系理学療法学演習☆(1) スポーツ理学療法学演習☆(1) 関節障害系理学療法学演習☆(1) 認知神経理学療法学演習☆(1) 急性期理学療法学演習☆(1) 高齢者理学療法学演習☆(1)</li> <li>◆地域理学療法学 地域理学療法学Ⅱ(2)</li> <li>◆臨床実習 臨床実習Ⅲ(評価)(5)</li> <li>◆総合領域 理学療法ゼミナール(1)</li> </ul>
4年次	前期			<ul style="list-style-type: none"> <li>◆臨床実習 臨床実習Ⅳ(インターン)(12) 臨床実習Ⅴ(地域)(1)</li> <li>◆総合領域 卒業研究(1)</li> </ul>
	後期			<ul style="list-style-type: none"> <li>◆総合領域 卒業研究(1) 理学療法学セミナー(1)</li> </ul>
履修方法および卒業要件		<ul style="list-style-type: none"> <li>◆人間科学系 必修2単位に加え選択から4単位以上</li> <li>◆自然科学系 選択から6単位以上</li> <li>◆言語とスポーツ系 必修6単位に加え選択から4単位以上</li> <li>◆総合 必修2単位</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆人体の構造と機能及び心身の発達 必修15単位</li> <li>◆疾病と障害の成り立ち及び回復過程の促進 必修17単位</li> <li>◆保健医療福祉とリハビリテーションの理念 必修6単位</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆基礎理学療法学 必修9単位</li> <li>◆理学療法評価学 必修7単位</li> <li>◆理学療法治療学 必修20単位に加え選択から4単位以上</li> <li>◆地域理学療法学 必修4単位</li> <li>◆臨床実習 必修20単位</li> <li>◆総合領域 必修6単位</li> </ul>
		基礎分野 計(卒業要件) 24単位	専門基礎分野 計(卒業要件) 38単位	専門分野 計(卒業要件) 70単位
卒業要件(最低) 単位数 132単位				



## 逆風の中での歴史的開設 「保健医療学部」の開設と診療放射線学科について

坂野 康 昌

順天堂大学保健医療学部診療放射線学科

### 要 旨

国の「まち・ひと・しごと創生基本方針2017」では「東京の大学の新增設の抑制と地方移転」が提出された。その内容は、2018年度以降は東京23区内にある大学の定員増を、基本的には認めず、19年度の大学設置も認可しないとするもので、大学設置に関する告示の改正案として公表されたものである。加えて、文部科学省は2017年9月29日、東京23区内の私立大学と短大の定員増加を、一部の例外を除いて認めないことを正式に告示したのである。しかし、東京の大学で学びたい多くの学生達にその機会を与えるという目前の大きな課題を解決するために、また、順天堂大学が不断前進の精神を貫徹するためには、このような目前のピンチをなんとかしてチャンスに変えるという粘り強い精神力で、診療放射線学科と理学療法学科からなる保健医療学部の開設を実現したことを銘記する。

キーワード：大学の新增設の抑制政策、順天堂大学の新チャレンジ、新学部の開設、診療放射線学科、理学療法学科

順天堂保健医療学雑誌, 第1巻, 第1号, 51-54頁, 2020年

### 背 景

順天堂大学が、日本の中心である東京において、学研の為の地の利を活用して優秀な人材を全国から募集し、「日本中または世界中で活躍できる人材を育成しようという理念」に基づき新学部構想を推進する最中にそれは惹起されたのである。平成29年6月、基本的人権の一つである学問の自由を脅かすともいえる重大な決定が、内閣官房（政府）から打ち出されたのである。これは、東京一極集中を是正し、地方創生の推進に向けた方策の一つとして、国の「まち・ひと・しごと創生基本方針2017」で「東京の大学の新增設の抑制と地方移転」の提出である。その内容は、2018年度以降は東京23区内にある大学の定員増を、基本的には認めず、19年度の大学設置も認可しないとするもので、大学設置に関する告示の改正案として公表されたものである。加えて、文部科学省は2017年9月29日、東京23区内の私立大学と短大の定員増加を、一部の例外を除いて認めないことを正式に告示したのである。2020年度以降については法律で定員増を禁止する方向で準備を進めるとした。大学・短大の新設も認めず、若者の東京一極集中に歯止めをかけ地方創生につなげることが狙いであるとしたのである。また、政府が閣議決定した「まち・ひと・しごと創生基本方針2017」を踏まえた方針は「学生の過度の東京集中により地方大学の経営悪化や、東京圏周縁で大学が撤退した地域の衰

退が懸念される」などとして、23区内の定員増の原則禁止を打ち出したのである。

学生の東京集中が進んできたことは事実であり、東京23区内で学ぶ学部生は46万人（2017年度）と、この10年間で18%増加していて、これは、全国の学生の2割近くを23区内で占めるということである。半面、地方では定員割れが常態化している。小規模大学が少なくはないために、東京への若者の流入を抑制することで地方大学がある程度の学生を確保しやすくなる可能性はあるかもしれないし、文科省（高等教育企画課）も「地方大活性化の手段の一つとして意味がある」と考えているのである。しかし、現実的には、この文科省告示の最大の被害者は、いうまでもなく「東京の大学で学びたい多くの学生達」であると私は考えている。

文部科学省が行った意見公募（パブリックコメント）によれば、実際に「学問の自由に反する」など否定的な声が多く寄せられていた。一方においては、「学生の質の確保につながる」と肯定的な意見もあり混沌とした状況である。民間の教育活動にかかわる政府の介入が国会の審議を経た法律ではなく、文科省告示という「行政主導」で実施すること自体に対する法的根拠についても曖昧である。今後も議論は継続しそうであるが、しかし、東京の大学で学びたい多くの学生達にその機会を与えるという目前の大きな課題を解決するために、また、順天堂大学が不断前進の精神を貫徹するためには、このような目前のピンチをなんとかして

チャンスに変えるという粘り強い精神力で、診療放射線学科と理学療法学科からなる保健医療学部の開設を実現したことを銘記したい。

### 突きつけられた状況

平成29年6月に閣議決定された「まち・ひと・しごと創生基本方針2017」において、東京23区において大学の定員増は認めないことを原則とし、年内に具体的な制度等の成案を得ることと併せ、「本年度から、直ちに、こうした趣旨を踏まえた対応を行う」とされたことを踏まえ、暫定措置として平成30年度及び31年度についての設置認可に関する告示を改正した。一方では、大学経営の制約となる今回の告示案には反発も出ていた。日本私立大学連盟は「短期間の一時的措置とすることを求める」とする声明を出した。小池百合子都知事も、東京一極集中の問題と学生数の抑制に「関連性が見いだせない」として、見直しを求めている。また、文部科学省に寄せられたパブリックコメントでは、「学問の自由に反する」「東京で学びたい若者の希望を制限する」など否定的な意見が多かったという。就職時に多くの若者が東京に流入することを挙げ、「地方に仕事がないと若者は地方に残れないし、産業振興が先決である」とする意見もあった。

しかし、いずれにしても我々順天堂大学は、目標である東京23区内での保健医療学部の開設という現実の事業を完遂させなければならない。これは極端な私見ではあるが「悪法も法なり」で現況を受け止めつつ、しかし我々の正しい取り組みを阻むものは、いずれ「天網恢恢疎にして漏らさず」の判断は下ると考えていた。我々の真摯な志が天に通じたせいなのか、新規事業の着手時期や進捗がまさに例外規定に合致していたのである。ここでの例外とは、校舎など施設整備の予定があり、今年6月末までに文科省への申請を決めていた場合や、専門学校が実践的な職業教育を担う「専門職業大学」に転換するケースなどである。キャンパスの移転は今回の告示の対象ではなく、23区外から区内への移転も進められるというものであった。

今後の人口減少社会では、将来の日本を支える若者に対する教育の質向上が大きな課題であるため、大学の研究レベルをさらに高めるとともに、全国の大学間で教育サービスの質向上を目指すことが重要である。そのためには健全な競争の促進が必要であり、各大学が教育面でのベスト・プラクティスを開発し、その成果を共有することが本筋であるべきだ。若者の大学進学「選択の自由」を抑制するのではなく、大学についても「集中と選択」の原則が必要なはずである。今後、定員の抑制策で東京23区に新しい大学や学部の新

陳代謝が進まないのだとすれば、東京の大学のランキングは、上海やシンガポールなどの大都市と比べた場合に、さらに下がる可能性すらある。このように新規参入の抑制は、既存の大学間の適正な競争を抑制して、その質を下げる政策であると指摘されているのである。この文科省告示の最大の被害者は、いうまでもなく東京の大学で学びたい多くの学生なのである。

### 順天堂大学の新たなチャレンジ

ともかく、幾多の是々非々の議論は続く中であっても、東京23区内では、大学新設も増員もできなくなるということは決定したのである。順天堂大学は180年有余の歴史と伝統を堅持しながらも、最新技術導入など革新的なチャレンジにも的確に対応し盤石な医学教育体制を構築し続けてきた。不断前進の精神で一步一步の努力を積み重ねる大学に、学問の自由という門戸を開かぬ政策に対して私は断固反対であるが、いまさらそんな議論をしているより、いかにして順天堂大学の新たなチャレンジを実現させるのかという事の方が重要である。少子化で18歳人口が減少する傾向的にある中で、大学の定員を増やし続ければ供給が増え過ぎて共倒れになるという議論もあるが、それは新規参入を抑制することではなく、むしろ「学生に選ばれない大学」のご退場を願うことで対応すべきである。

医療に対しての「安全・安心・安定」という社会の強いニーズに応えるため、順天堂大学は明確な方策を堅持して2019年4月、保健医療学部診療放射線学科を附属病院の直近に開設した。東京の都心において、健全な精神と身体を持つ医療従事者を育成するために、ここ文京の地において、順天堂大学の新学部開設構想から始まり逆風を退けて、いよいよ2019年4月より診療放射線学科の開学に至ったのである。

#### 1. 診療放射線学科の責務と目標！ここが違うぞ！順天堂を掲げ！

御茶ノ水駅に程近い順天堂大学医学部附属順天堂病院の歴史は1838年に始まり2019年に創立181年を迎えた。この折に大学病院の直近の敷地に保健医療学部として診療放射線学科が誕生した。未来へと羽ばたく医療人を目指す診療放射線学科の学生には、順天堂大学の学是である「仁」すなわち「人を慈しむ心」をしつかりと体得させ、正確な医療技術を兼ね備えて、医療現場や実社会に貢献してもらうことが診療放射線学科全体の責務でもある。これは決して安易な事柄ではなく、学生にも、医療人としての「責任と義務をしつかりと背負うという社会契約だ」という自覚を持たせる

ことが必要である。

高度な専門知識を習得して国家試験に合格することは必須であるが、それだけでは十分とは言えない。「人材が人財」になっていくためには、知識だけでは十分には育たないはずである。我々は、「頭でっかちな秀才よりも、非凡であっても、いつまでも志を持って、患者のために努力を続けられる人財を世に送り出したい」と考えているのである。医療の進歩に呼応して、患者のために努力を続けられる人財育成こそが我々の使命であり、未来の診療放射線技師に医療現場で輝き活躍してもらうことが診療放射線学科の目標なのである。

このため、順天堂大学保健医療学部診療放射線学科は、医学部や大学附属病院と緊密な連携のもとに、知育・徳育・体育の三位一体が可能な健康総合大学院大学になるのである。医学部との緊密連携の一例として、解剖学などでは医学部の実習室を共有し、医学部さながらの授業が展開される。附属病院では臨床実習の密度と精度がさらに凝縮されるような協力体制が構築されたのである。今後若年者の数は減る一方だが、他方で、今後の働き方改革に対応して大学や大学院で学びたい社会人学生は、むしろ増える傾向にある。勤務を終えて退社後に通学する社会人学生にとっては、都心部の大学の立地が重要なカギとなる。また、自分自身で学費を負担する社会人学生は、積極的に授業内容への注文も多く大学の質的な向上にもプラスとなる。

大学もサービス産業であり、需要のある所で供給が増えるのが基本的な原則である。こうした社会情勢を踏まえて診療放射線学科は、柔軟に対応しながら責務を果たしていく。

## 2. 診療放射線技師の仕事に対応した機器

医療職種の中でも放射線を専門的に活用する業務ができるのは医師（歯科医師を含む）と診療放射線技師だけなのである。医療機関における診療放射線技師は、画像検査・ラジオアイソトープを活用する核医学検査・がんの放射線治療部門で活躍し、病気の発見から治療まで患者さんのお手伝いを一貫して担っている。

放射線科の検査診断部門では、CT (Computed Tomography) ではX線の透過 (Transmission) を活用して画像を構築している。一方、MRI (Magnetic Resonance Imaging) などはX線ではなく、強力な磁力と電波 (RF波) を活用した診断画像機器を用いている。核医学ではガンマ線などの放射 (Emission) データを画像化するため、核医学測定装置としては、シングルフォトン核種を測定するSPECT (Single Photon Emission CT) 装置や陽電子 (Positron) という正 (プ

ラス) の電荷を持った電子を活用するポジトロン核種を測定するPET (Positron Emission Tomography) CTなどの装置を活用している。微量の放射性化合物質を体内投与して、病気発見や機能検査のため有効に活用した検査方法である。放射線治療では、放射線治療医と協力して、がん治療のために、IMRT (強度変調性放射線治療) などを行っている。最近では、Tomotherapyと呼ばれる見た目はCT装置のような最新の放射線治療機器もがん治療に活用されている。また、近年では炭素 (重粒子) 線による粒子線治療などでBNCT (ホウ素中性子捕獲療法) などの大規模な装備の放射線治療も注目されている。

このような環境の中で、診療放射線技師は、脳腫瘍や脳血管病変を開頭手術することなく低侵襲で治療することを可能としたエックスナイフ・ガンマナイフといわれるRadio-Surgeryによって患者さんの治療にも携わっている。最新のサイバーナイフ装置は、ロボットアームの先端に装着された加速器とコリメータが体の周りを自由自在に動き、ピンポイント照射で集中的に放射線を腫瘍に投与する定位放射線治療専用の装置である。ロボットアームは可動域が広く、場所を変えながら放射線を照射することができるため、正常組織に与えるダメージを最小限にして放射線治療を行うことが可能である。

このように、医療機関の中で画像診断検査治療のすべての部門において、現在の診療放射線技師の仕事内容は、以前とは質も量も異なり進歩を続けている。アナログ時代のフィルム診断からデジタルディスプレイでの読影へと変遷している時代に呼応してきた。放射線治療でもコンピュータ技術の発展によって、患部に精密に集中治療でき、健常部分のダメージ (障害) は最少限にできるなど飛躍的な進歩をとげている。

## 3. 診療放射線技師教育の主旨は「人材から人財へ」

### 1) 人づくりは心構えから

まず第1に自己の心構えをしっかりと固めさせることである。学是が「仁」であり人をいつくしむ心構えをしっかりと根付かせる。有山登先生が提起した「不断前進」の理念をもって努力を続ける大学であることや理事長の小川秀興先生の力説される「男女・学閥・国籍による差を設けない」という三無主義が学風として根付いている大学であることなどは、大学教育の中で「知育・徳育・体育」の指標となる心構えの大きな礎である。

### 2) 技術者づくりは教育訓練から

第2に、正確な知識を持ち、円滑に技術を発揮でき

ることである。特に放射線の技術分野では、高度先端技術を導入した新型医療機器が次々に開発され、それらを迅速で的確に操作する優秀な診療放射線技師が求められているため、スピーディーかつ正確な教育訓練が求められるのである。

### 3) 仁の発揮はコミュニケーション能力から

第3には、良好な接遇能力の発揮である。医療とは、患者という人を相手にする仕事であり、「患者の協力無しでは、仕事が成り立たないのだ」ということを早期に理解する必要がある。良好なコミュニケーションにより、「患者の合意と協力を得て為すべきが医療である」という視点を学生のうちに明確に体得することが重要であると考え。また、日本の大学の質的向上のためにも、海外の大学との相互交流を促進させ、英語を共通語とする語学研修でコミュニケーション能力を向上させる。

### 4. 人財育成と活用方法

どんなに医療機器が進歩してAI（人工知能）が活躍するとしても、診療放射線技師の基本的な技術は人である患者さんに向けたものであることは変わらない。大学では専門知識を多く学ぶわけだが、実社会で活躍していくためには知識だけに終わらせず、実践できる知恵に変えていかなくてはならない。

このような技術・知識や知恵を身につけるためには、「心・技・体」の3つが備わった教育が必要であると私は考える。体を鍛える「体育」、知識を学ぶ「知育」に加えて、正しいことを実践できる「徳育」の修得が重要である。受験生は、本学の学是である「仁」を体得し、入学後「心・技・体」が一体となった順天堂大学の学びと訓練により、実社会で実現力を発揮する人財へと成長することができるはずである。

### 5. 連携人財・連携体制の活用

国内の環境では、附属病院に在籍する外国語能力に優れた診療放射線技師（ミャンマー国籍・中国国籍の人財や留学経験者など）との定期的交流と育成訓練で連携し、学びの場を提供できる。

今後ますます進む医療の国際化に向けて、順天堂大学では英語力の向上に力を入れており、全学部にてTOEFL試験を導入し、優秀な成績を修めた学生を表彰するなど、全学を挙げて語学の学びをサポートしている。本当の意味でのグローバル人財の育成を目指しているのである。

長年に渡って順天堂大学は海外の交流協定校を充実させ、グローバルな双方向ネットワークをすでに構築

済みでもある。もちろん短期留学などを含めた、留学制度も整備しており、学生は大学の制度を利用して海外へ学びに行くことも可能であり、また、海外から訪日する方とは日本に居ながらにして国際交流することもできる状況にある。

### 6. 気づかせる教育マネジメントの実施

一期生は2019年の中で、平成という時代の最後の年に入学し、令和元年という歴史的な節目も同時に在学中に経験するというのもまたこの学科の設立との不思議な良縁である。

人財育成（Human Resource Development）には、学生であっても社会人であっても、育成のための共通なマネジメントがある。古来からの育成方式の「やってみせ、言って聞かせて、させてみせ」に加えて、自らの気づきを引き出すことが必要である。隠れた課題に気づき、自ら解決に向けた方策を練り上げ、解決実現するプロセスを体得することである。こうした訓練が早期から繰り返し行われることが重要である。To see it. To do it. To teach it. を実践させることもまた、即戦力になる技術者には不可欠な習得方法として身につけさせたい。これには、アリストテレスの「エトス・パトス・ロゴス」が極めて重要であり「信頼を得て、情熱と共感を発揮し、そして論理に入る」教育手法の導入である。優れた教員達は、無意識のうちに遜色ない講義を実践しているが、「エトス・パトス・ロゴス」を意識した教育手法は更なる進展をもたらすと切望している。

また、キャリアデザインゼミナールなど人財育成マネジメントを推進して学生には、資格の取得や有無だけに係わらず、ヒトとして生きる力、ヒトを活かす力が身につけば、自分の人生を切り拓いていくことは、そう難しくはないという認識を刻み込みたい。事実、学生へ多面的に後押しをするために、教職員や医学部及び附属病院が一丸となって、緊密に連携しているのである。多方面からの支援に感謝の意を表したい。医療実務の現場で求められる人財とは何かを追究して経験（Experience）を積んできた教職員が結集し、御茶ノ水のこの学研環境（Environment）を十分に活用し、教育（Education）を実践するため集結したのである。意欲ある未来の医療人の受け入れのため、3つのE（Experience）（Environment）（Education）と「ひと・もの・体制」が今整ったこと、そして、診療放射線学科は、志を持った事務職員と教職員との見事な連携により、強い逆風の中での歴史的開設を遂げたことを明記して筆を置く。

# 順天堂保健医療学雑誌

## Juntendo Health Science Journal

### 投稿規程

#### I. 掲載論文と投稿資格

すべての投稿論文は、保健医療学ならびにこれに関連のある領域とし、投稿者は、以下の者に加え編集委員会が認めた者とする。

1. 順天堂大学保健医療学部の専任教員および非常勤教員
2. 順天堂大学教員（非常勤も含む）、学生、本学医学部附属病院勤務の理学療法士および診療放射線技師

#### II. 著者資格

著者とは、投稿された論文に重要な知的貢献をした者である。研究活動に十分に参加し、原稿の作成に関与し、論文の内容について責任を負える者である。資金の獲得、データ収集等の部分的な助言のみを行った者は著者には当たらない。尚、共著者は投稿前に最終原稿を読み、投稿を許可してから著者が投稿する。

#### III. 原稿の種類

原稿の種類は、総説・論説・原著・研究報告・実践報告・資料・その他であり、内容は次の通りである。

総説：テーマについては編集委員会で決定する。

学内外の専門家に依頼することとする。  
(原則毎年であるが、ない場合も認める)

論説：特定のテーマに関する自説、展望、提言を論述したものとする。

原著：論理的かつ明確な構想に基づき、独自のデータから得られた研究結果を基に、新しい知見が論理的に示され、独創性があり、学術的な意義が明らかであるものとする。

研究報告（症例報告含む）：内容的に原著論文には及ばないが、研究結果の意義が大きく、発表する価値が認められるものとする。

実践報告：教育活動、順天堂大学医学部附属6病院の実習の報告などで、教育・実習の向上および発展に寄与し、発表の価値が認められるものとする。

資料：有用な調査データや文献等に検討を加えたもので発表の価値があると認められるものとする。

その他：編集委員会が認めたもの及び以下とする。

- ・学内外活動報告（学生教育、臨床実習等）
- ・学会報告・学術講演（国内・国外）
- ・クラブ活動等
- ・合同学生部委員会での活動報告

#### IV. 倫理的配慮

人および動物が対象である研究は、投稿者が所属する施設等の研究倫理審査委員会で承認されたものでなければならない。尚、本文中には承認を受けた旨記載する。投稿時は倫理審査承認番号については本文中に記載せず、投稿申請書に記載し、最終原稿提出時に本文中に記載する。

#### V. 利益相反

投稿時から遡って過去1年以内に発表内容に係る企業・組織または団体との利益相反となるような経済的支援を受けた場合は、論文の謝辞等の後にその旨を記載する。利益相反がない場合は「本研究における利益相反は存在しない」と記載する。

#### VI. 執筆要領（和文）

##### 1. 原稿の書式

原稿のサイズはA4判とし、フォントは明朝体を使用し、文字の大きさは12ポイント、余白は25mmで印字する。原稿提出の際は、表紙には論文題目のみを記載し、①オリジナル原稿（word）、②査読用に本文中の著者が特定される部分をマーカー機能等を用いて伏せたもの（PDF）を提出する。

##### 2. 原稿の長さ

投稿原稿の1編は、論文の種類に関わらず、本文、図・表、文献を含めて下記の字数以内とする。超過した場合は、所要経費を著者負担とする。尚、刷り上がりの1頁の文字数は1,600字（目安）とする。

\* 総説 3,000～8,000字

\* 論説 3,000～8,000字

\* 原著 13,000字

\* 研究報告 11,200字

\* 実践報告 11,200字

\*資料 11,200字

\*その他 11,200字

### 3. 原稿の構成

#### 1. 投稿申請書

論文題目、著者名、所属を和文および英文で記し、希望する論文の種類、連絡先、利益相反、倫理的配慮に関する事項を書式に従って記載する。

#### 2. 表紙

表紙には、論文題目（和文、英文）のみを記載する。

#### 3. 要旨

要旨は原則全て和文要旨（500字程度）、英文要旨（300 words程度）、5個以内のキーワード（日本語、英語）を記載する。

#### 4. 本文

- (1) 構成は、原則として緒言（背景と目的）、方法、結果、考察、結論の順とする。
- (2) 各章の見出し番号は、1、1)、(1)の順とする。
- (3) 数値の単位については国際単位系（SI）を用いる。
- (4) 略語は慣用のものとする。一般的でない略語を用いる場合は、論文の初出のところで正式用語とともに提示する。

#### 5. 図・表の作成

図・表は本文とは別にし、図1、表2などの番号及び表題・説明を付ける。写真は図として取り扱い、図や写真は十分な解像度（概ね600dpi以上）に設定の上、JPEG、TIFFなどのファイル形式で保存し、PowerPointやword等に貼り付けること。図表を文字数に換算する目安としてA4最大の大きさを1600文字、A4半分程度を800文字とする。

#### 6. 引用文献

引用文献は、印刷されたもの、入手可能なものが望ましい。ウェブページやPDFファイルからの引用は、そのページのリファレンスとしてURLが変化せず、誰でも閲覧可能などの要件を十分検討した上で提示する。文献は文中で引用された順に番号を付けることとし、上付きカッコで、<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>、<sup>3)</sup>などと記載する。文献が複数にわたる場合には、<sup>1)2)</sup>や<sup>1)3)</sup>と記載する。引用文献リストは著者グループが複数の場合、6名まで記載し、7名以上の場合には著者6名の後に「他」と表示する。

### <引用文献一覧例>

#### (1) 単行書

著者名:書籍名. 版表示. 出版地. 出版社. 出版年:始頁～終頁

1)松尾 豊:人工知能は人間を超えるか:ディープラーニングの先にあるもの. 東京. KADOKAWA. 2015:50-53.

#### (2) 翻訳書

原著者名, 翻訳者名(訳), 翻訳書名. 版表示. 出版地. 出版社. 出版年:始頁～終頁.

2)Gosta Esping-Andersen, 林昌宏(訳), アンデルセン, 福祉を語る-女性・子ども・高齢者. 東京. NTT出版. 2008:100～102.

#### (3) (雑誌掲載論文)

著者名:論文名. 誌名. 出版年:巻数:始頁～終頁(和文)

3)香本晃良:黄色ブドウ球菌におけるRNAポリメラーゼ遺伝子の突然変異はLinezolidの高感受性化に関連する. 順天堂医学. 2012:58:498～450. (英文)

4)You WC, Blot WJ, Li JY, Chang YS, Jin ML, Kneller Robert, et al: Precancerous gastric lesions in a population at high risk of stomach cancer. Cancer Res. 1993; 53: 1317-1321.

#### (4) (ウェブページからの引用)

著者名:ウェブページの題名, ウェブサイトの名称. 入手先, 入手日付.

5)未来投資戦略2018「Society5.0」「データ駆動型社会」への変革. <https://kentei.go.jp/singi/keizaisaisei/>, 2019年2月26日.

6)American Cancer Society. Cancer: Facts & Figures 2003. <http://www.cancer.org/downloads/STT/CAFF2003PWSecured.pdf>, Accessed March 3, 2003.

### VII. 著者が負担すべき費用

掲載料は無料とする。尚、著者にはPDFを返送する。必要な場合、別刷り（白黒印刷）は30部まで無料。以下の場合には別途著者負担とする。

・ページを超過した場合

### VIII. 執筆要領（英文）

#### 1. 原稿の書式（Style for manuscripts）

すべての投稿はA4用紙に上下左右に2.5cm以上の余白を設け、半角80字×40行に設定し、文字は12ポイント、フォントはTimes New Romanを使用す



る。英文は原則としてネイティブチェックを受けることが望ましい。

All submissions must be typed on A4 or 8.5" x11" paper. Leave margin of at least 1 inch at the top, bottom, right, and left of every page. Set the lines as 80 strokes × 40 lines. The front should be 12-point-sized Times New Roman.

2. 原稿の長さ (Maximum permissible number of words)  
英文による投稿は、文献、注、図、表も含め総説4,000語、論説4,000語、原著6,500語、研究報告5,600語、実践報告5,600語、資料5,600語、その他5,600語、を超えないものとする。

Review Articles, Editorials 4,000 words

Original Articles 6,500 words

Research reports 5,600 words

Documents, others 5,600 words

include notes, tables, and figures.

3. 原稿の構成 (Composition for manuscripts)

表紙を作成し、英語および日本語のキーワード(5つ以内)、タイトル、氏名、所属を記入すること。原著論文については英文約300 words、日本語約500字の要約を記載する。

The first page of the file should be a coversheet that includes 5 or less keywords (English and Japanese), the title, and author's name along with affiliation. The author's name and identifying references should appear only on the cover sheet. Original Articles should be attached with an abstract (300 words around in English and about 500 ji in Japanese).

## IX. 論文の採否

投稿原稿は査読を行い、編集委員会が原稿の採否、掲載順序を決定する。

## X. 校正

著者校正は初校のみとし、この際大幅な加筆修正は認めない。

## XI. 著作権

本誌に掲載された論文の著作権は、順天堂大学保健医療学部に帰属し、本学部が電子化の権利を有する。

## XII. 原稿の提出方法及び提出先

### ・ 提出方法

提出については以下2点を要する。

- ①オリジナル原稿 (word)。画像がある場合はjpg又はTIFで提出する。
- ②査読用に著者名、所属、本文中の個人を特定される可能性がある部分、謝辞をマーカー機能等で隠したもの (PDF) を提出する。

### ・ 提出先・問い合わせ先

〒113-0033 東京都文京区本郷3-2-12

順天堂保健医療学雑誌編集委員会

TEL: 03-3812-1780

Mail: j-fhs@juntendo.ac.jp

投稿は原則E-mailによる投稿のみ受け付ける。

## 編集後記

順天堂大学に6番目の学部として誕生した保健医療学部の研究紀要である「順天堂保健医療学雑誌：Juntendo Health Science Journal」の記念すべき創刊号を発刊する運びとなりました。第1巻では、代田学部長の巻頭号に加えて、論説1編、研究論文2編、研究報告2編、実践報告・その他3編の合計8編の原稿を掲載することができました。本学部の教育・研究に携わる教員からの投稿をいただけたことのみならず、順天堂大学6病院の理学療法士、診療放射線技師からの貴重な研究報告をいただけたことで、本学部が目指す「臨床に直結した学び」を体現した創刊号になったと考えております。ご多忙の中を査読していただいた方々の貴重な意見によって、本雑誌の質をより一層高めることができたと感じております。順天堂大学関係者、臨床の医療従事者の皆様方の温かいご支援の賜物と編集委員会一同心より深く感謝申し上げます。

チーム医療の中心的存在として、世界で活躍することのできるスペシャリストを育成することが本学部の使命であり、その研究交流の場として本雑誌が活用され発展していくことを目指しております。今後も本学部の教員のみならず、現役の理学療法士・診療放射線技師、さらに学生からの積極的な投稿をしていただけるような魅力的な論文誌となるよう編集委員一同、邁進してまいります。どうぞよろしくお願い申し上げます。

順天堂保健医療学雑誌編集委員会

編集委員  
委員長 羽鳥浩三

家崎 貴文

森沢 知之

臼井 桂介

嶋野小百合

# 順天堂保健医療学雑誌

JUNTENDO HEALTH SCIENCE JOURNAL

第1巻 第1号

2020年3月31日発行

2020年創刊

発行人 順天堂大学保健医療学部

〒113-8421 東京都文京区本郷2-1-1 順天堂大学内  
順天堂保健医療学雑誌編集委員会：電話 03-3812-1780  
E-mail [j-fhs@juntedo.ac.jp](mailto:j-fhs@juntedo.ac.jp)

編集・印刷：株式会社キタ・メディア

〒113-00333 東京都文京区本郷二丁目15番12号  
電話 03-3813-6301





Juntendo University Faculty of Health Science Mar.2020 vol.1