

平成 18 年度 新潟大学大学院保健学研究科 放射線技術科学分野  
修士論文発表会

日 時：平成 19 年(2007 年)2 月 9 日(金曜日), 13:30～15:00  
会 場：C 棟1階 医用画像実験室(C107)

プログラム

13:30～14:00

佐久間 清美：二種の標識薬剤を用いた心臓機能評価に関する研究  
(主指導教員：高橋教授)

14:00～14:30

捧 俊和：マルチリーフコリメータがコリメータ散乱係数に及ぼす影響  
(主指導教員：稲越教授)

14:30～15:00

下田 優：MRI を用いたヒト膝蓋大腿関節の生体内における接触機構の解明に  
関する研究  
(主指導教員：坂本教授)

様式3 (修士学位要項第4第1項第4号)

# 論文の要旨

学位申請論文名

二種の標識薬剤を用いた心臓機能評価に関する研究

---

---

---

新潟大学大学院保健学研究科

保健学専攻 放射線技術科学 分野

在籍番号 B05R104F

氏 名 佐久間 清美

心臓疾患においては、心臓局所のいくつかの機能に障害が起きていることが知られていて、その臨床診断では、心疾患の要因や心臓障害の程度を心臓血流量、エネルギー獲得(脂肪酸代謝)機能、心臓交感神経機能等の複数の機能検査を行うことにより診断が行われている。

上記のような知見に基づき、本研究では、二種の標識薬剤を用いて経時的な集積性変化実験およびオートラジオグラフィ実験等を行い、これらより得られる各標識薬剤の集積性および局所集積の画像等より様々な状態にある心臓機能をエネルギー獲得系や交感神経系の点から総合的に評価していくことを目的とした。具体的には、 $\beta$ 酸化が阻害されるようにドラッグデザインされた $[^{125}\text{I}]$ 標識脂肪酸 ( $[^{125}\text{I}]$ -9MPA) や交感神経機能診断薬として臨床に用いられるMIBGの $[^{125}\text{I}]$ 標識体 ( $[^{125}\text{I}]$ -MIBG) を用い、動物実験により、様々な状態にある心臓(正常、心不全、心不全+カルベジロール)において経時的な集積性変化実験を行うことにより、それら心臓の状態を複数(二種)の機能(脂肪酸代謝、交感神経)から評価する方法を確立するとともに、この実験手法がカルベジロールの治療効果(心臓機能回復効果)の評価に応用可能であるかどうか検討した。更に、オートラジオグラフィの手法を用いてこれら二種の標識薬剤の心臓局所集積性の画像化を行い、上記心臓集積性の経時的変化実験および心臓重量計測で得られた結果と対比し考察を加えた。

経時的な集積性変化実験より、心不全群では正常群に比べて、すべての摘出時間において9MPA, MIBG の集積性が低下しており、経時的集積性の低下も大きかった。このことから、脂肪酸代謝機能および交感神経機能 共に 障害を受けていることが分かった。また、心臓拡張に関する実験では、両標識薬剤とも、不全心臓は正常心臓に比べ拡張しており、その程度は重症(集積性の低下)になるほど大きくなることが分かった。更に、心臓集積性と心臓重量増加との間に良好な相関関係(負の相関)が認められた。その結果はオートラジオグラフィ実験においても確認された。

上記知見を心疾患+治療薬(カルベジロール:交感神経機能改善薬)投与動物に応用したところ、9MPA 投与におけるカルベジロール群の心臓集積性は心不全群とほとんど差がみられなかったが、MIBG の心臓への集積性は明らかに改善した。これにより、カルベジロールは心臓機能(心臓交感神経機能)回復効果があることが確かめられた。

以上より、本研究が、二種の標識薬剤を用いて心臓の複数の機能を評価することにより、心疾患と重症度の予測に有用であることが示唆されており、更にそれを応用して、治療薬を投与した際の有効性の確認にこの評価法が有用であることが分かった。

様式3 (修士学位要項第4第1項第4号)

# 論文の要旨

学位申請論文名

マルチリーフコリメータがコリメータ散乱係数に及ぼす影響

---

---

---

新潟大学大学院保健学研究科

保健学専攻

放射線技術科学分野

在籍番号 B05R105D

氏 名 捧 俊 和

放射線治療において正常組織を避け、病巣に高線量を投与するために、その病巣に合わせた照射野を形成することは大切である。直線加速器による高エネルギーX線治療において、不整形照射野を作成するにはコリメータジョウで形成した矩形照射野に遮蔽ブロックやマルチリーフコリメータ(MLC)を用いて整形される。そういった場合の線量計算をおこなう際、治療計画装置は光子ビームの出力を加速器ヘッドにおいて発生した散乱線とビームが入射したファントム内で発生した散乱線に分ける方法を採用し、計算精度を向上させている。算出されたMU値を検証するための手計算ソフトにもそれらを取り入れるべきである。このため、MLCを矩形照射野に加えたときの散乱線の変化が研究されている。Higginsらは標準化したジョウサイズで遮蔽ブロックを用いた場合の測定値と用いない場合の測定値の比をプロットするとエネルギーごとに直線近似が可能であると提唱しているが、線量計算に使用できる精度での定量化はされていないのが現状である。そこで、本研究では検出器側から見た(DEV: detectors eye view)の観点から加速器ヘッドの構造を考慮したMLCがコリメータ散乱係数に及ぼす影響の定量化を試みた。

散乱線量は一次線成分 $M_0$ とフラットニングフィルタとプライマリーコリメータからの散乱成分 $M_{fil}$ 、ジョウやモニタ線量計への散乱成分 $M_{jaw}$ に分けることができ、これらはジョウの開度によって決定される。

MLCを用いた場合、DEVにおいてガントリの開口部の変化はMLCとジョウが接する部分を境にジョウによって決まる部分からMLCによって決まる部分に変化する。その境界において散乱成分を考えるとジョウによって決まる部分では従来どおり $M_0$ と $M_{fil}$ 、 $M_{jaw}$ の変化にMLCからの散乱 $M_{mlc}$ が加わると考えられる。またMLCで決定される部分ではジョウによる変化はないので $M_0$ と $M_{fil}$ は一定になり、 $M_{jaw}$ のモニタ線量計の後方散乱成分と $M_{mlc}$ によって決まると推測する。よってMLCを用いた場合のコリメータ散乱係数は、ジョウによって決まる $M_0$ 、 $M_{fil}$ 、 $M_{jaw}$ に新たに $M_{mlc}$ を加えることによって定量化可能であると考えられる。

測定により、MLCを用いた場合の空中出力の変化の確認、 $M_{mlc}$ の算出、定量化を試みた。そのためにオープン照射野での測定、MLC=jawのときでの測定、MLCを固定し、ジョウを変化させた場合での測定をし、測定値から $M_{mlc}$ のパラメータの算出をおこなった。

結果として測定値はモデルで推測される変化をすることが確認できた。しかし、算出した $M_{mlc}$ のパラメータは非常にわずかな値でその変化を定量化するのは困難であった。今後の課題として日内変動などを考慮した検証方法によって検討していく必要がある。

様式3 (修士学位要項第4第1項第4号)

# 論文の要旨

学位申請論文名

MRI を用いたヒト膝蓋大腿関節の生体内における

---

接触機構の解明に関する研究

---

---

新潟大学大学院保健学研究科

保健学専攻 放射線技術科学分野

在籍番号 B05R106B

氏 名 下田 優

---

膝関節は2つの関節，すなわち脛骨大腿関節 (tibiofemoral joint: 以下 TF 関節) と膝蓋大腿関節 (patellofemoral joint: 以下 PF 関節) から構成されている。TF 関節と PF 関節の運動が複雑に関わり合い，膝全体の運動が生まれる。したがって，膝の運動力学を解明するためには，膝関節を構成する TF 関節および PF 関節相互の接触状態を知る必要がある。実際に接触するのは骨ではなく関節軟骨であり，軟骨が接触することにより力が分散される。つまり，大きな関節の接触面積は関節に加わる圧迫力をより分散させ，関節を変性から保護する。このメカニズムにより，健常の膝蓋大腿関節が軟骨摩耗や不快感なしに大きな圧迫力に耐えることができる。ゆえに，関節軟骨の接触は関節運動において重要な役割を有しており，膝関節の運動力学の解明には関節相互の接触を知ることが不可欠である。

これまで PF 関節の接触領域および圧力測定としては，切断肢の関節間に感圧紙や感圧素子等をセンサとして挿入した *in vitro* の研究が多く行われてきた。切断肢を用いた実験は，様々な条件でシミュレーションが可能であるという利点もあるが，関節負荷および筋収縮力等の設定により結果が左右され，臨床的な意味づけが難しいことや実験の際に関節軟骨の状態を維持することが困難である等の問題点が指摘されている。

これに対して，近年では *in vivo* における関節軟骨の接触状態を調べるために，MRI が有効な手段と考えられている。MRI を用いることの利点としては，関節を3次元的に描出可能である，軟骨組織を描出可能である，撮像条件の設定により，靭帯，半月板を特異的に描出できる，放射線被曝がなく，非侵襲的に測定ができること等があげられる。MRI を用いて PF 関節の接触状態等を検討した研究例として，Nakagawa らは，クローズ型 MRI を用いて膝屈曲角度  $90^\circ$  以上の深屈曲位での解析を行っている。最近では，オープン型の MRI が用いられる研究が見受けられるようになった。例えば Eisenhart-Rothe らは，10名の被験者の健常膝を対象に，膝屈曲角度  $30^\circ$  および  $90^\circ$  において側臥位での撮像を行っている。また，Beiser らは16名の健常膝を対象に垂直ギャップの手術用オープン型 MRI を利用して，膝屈曲角度  $0^\circ$ ， $30^\circ$  および  $90^\circ$  において，バックレストを利用して立位に近い状態での測定を行っている。オープン型 MRI を用いることの利点としては，撮像時の四肢の可動範囲が大きく撮像位位の自由度が大きいことが上げられる。しかしながら，現行のオープン型 MRI は解像度が低く，パーシャルボリュームアーチファクトの影響が大きいという問題がある。特に，関節軟骨の接触という非常に微細な情報が要求される場合，解像度の低さは，得られる結果に大きな影響を及ぼすことが予想される。さらに，これまでの MRI による PF 関節接触の検討では，各研究において得られた関節接触面積の値に差異があるとともに，3次元的な接触領域分布変化を示した研究例は極めて少ない。

そこで本研究では，ヒト健常膝関節の生体内の接触機構を明らかにする基礎研究として，クローズ型 MRI と自作の荷重装置を併用し，膝屈曲角度変化 ( $0^\circ$ ， $30^\circ$ ， $60^\circ$  および  $90^\circ$ ) に伴う PF 関節の3次元接触領域分布および接触面積の変化について明らかにするとともに，接触面積に及ぼす性差の影響等について検討した。

本論文は全5章で構成されている。第1章「緒論」では本研究の背景，意義および目的を述べた。

第2章「膝関節の構造および機能」では，本論文における結果を十分に考察するために必要な膝関節の基礎的な知識について述べた。

第3章「MRIによる関節軟骨撮像」では，MRIによる関節軟骨撮像方法について，その概要を述べた。

第4章「MRIによる膝蓋大腿関節の接触領域の評価」では，男性5名，女性5名の計10名の被験者を対象に MRI を用いて膝屈曲角度変化に伴う PF 関節の接触面積および3次元接触領域分布の変化について明らかにするとともに，関節接触面積に及ぼす性差の影響について述べた。

第5章は本論文の結論であり，本研究で得られた結果を総括した。