24-105

Dual-energy X-ray Absorptiometry（DXA）による筋肉量の評価 ―第1報 局所筋肉量算出法の考案―

○友光 達志[1)]、曽根 照喜[2)]、福永 仁夫[3)]
1）川崎医療短期大学 放射線技術科、2）川崎医科大学 放射線医学（核医学）、3）川崎医科大学

【目的】

筋肉減少症（サルコペニア）は、加齢に伴って筋力や筋肉量が低下する退行期疾患のひとつである。筋肉減少症の診断基準では筋肉量を知ることが不可欠されており、その検査法としてdual-energy X-ray absorptiometry（DXA）による全身計測が挙げられている。しかし、実際のDXA計測では、腰椎や大腿骨近位部などが主であり、全身計測は殆ど実施されていないのが現状である。

本研究では、サルコペニア診療に必要な筋肉量を、局所の骨量計測において表示されるパラメータ（k, do, t）を用いて算出する方法を試みた。

【方法】

1. 基礎データ実験

基礎データとして、水ファントム（アクリル製、30×30×30 cm^3）とオリーブ油（密度：0.912 g/ cm^3）を満たした脂肪ファントム（発泡スチロール製、25×25×40 cm^3）をパラメータ（k, do, t）の値を実測によって求めた。ここで、kは実効的な高エネルギーと低エネルギーの減弱係数の比を、doは骨密度計算時の補正係数、tはインチサイズで表した被検体のアクリル等価厚をそれぞれ表す。計測厚については、水ファントムは10 cmから25 cmまで1 cm毎16種類、脂肪ファントム10 cmから29 cmまで1 cm毎20種類とした。なお、計測にはDXA装置としてHologic社製Discovery Aを使用した。

2. 筋肉厚の算出法

計測で得られた各パラメータの値と水ファントム厚および脂肪ファントム厚の関係から筋肉（除脂肪）厚を算出する方法を考案した。

その方法は、以下のとおりである（**図1**）。

①t値の水等価厚と脂肪等価厚への換算
②①で得られた等価厚と水および脂肪のk×d0値との関係式を取得
③水と脂肪のk×D0値と被検者のk×d0値から除脂肪率を比例計算で算出
④水と脂肪の等価厚と③で得られた除脂肪率から被検者体厚を比例計算で算出
⑤④で得られた被検者体厚に③で得られた除脂肪率を乗算して除脂肪厚を算出

3. 算出法の評価

算出法の評価として除脂肪厚率について、インビトロとして脂肪含有ファントムを、インビボとして臨床データをそれぞれ使用して検討した。

脂肪含有ファントムは、水の厚さを15 cm一定として、脂肪の厚さ2.5 cm、5.0 cmおよび7.5 cmを付加した3種類とした。臨床データは、男性95例（年齢：62.5 ± 16.2歳）、女性612例（年齢：63.5 ± 12.3歳）の計707例を対象とした。

【結果および考察】

t値（x）と水等価厚および脂肪等価厚（y）との間には、極めて高い正の相関性を有する直線回帰式が得られた（水等価厚：$y = 1.1094x-0.2332$, $r^2 = 0.9998$、脂肪等価厚：$y = 1.2494x-0.2946$, $r^2 = 0.9999$）。この回帰式を用いて、t値（x）の水等価厚と脂肪等価厚への換算を行った。また、水および脂肪等価厚とそれぞれのk×d0値との間にも極めて高い正の相関性を有する2次回帰式が得られた。この両回帰式は局所筋肉量算出の基本データである。

算出法のインビトロでの評価では、真値との誤差はファントム厚については-1.3～2.3%であり、除脂肪厚では3.3～4.7%、除脂肪厚では2.9～5.8%と低値であった。他方、インビボでの評価では、大腿近位部の除脂肪厚率と肥満の指標であるBMI（body mass index, kg/m^2）との間に有意な負の相関性（男性：$r = -0.722$、女性：$r = -0.536$）が認められた。

これらの結果から、考案した算出法は更なる検討が必要ではあるが、使用可能なことが示唆された。

24-106

Dual-energy X-ray Absorptiometry（DXA）による筋肉量の評価 ―第2報 局所筋肉量算出法の臨床への応用―

○友光 達志[1)]、曽根 照喜[2)]、福永 仁夫[3)]
1）川崎医療短期大学 放射線技術科、2）川崎医科大学 放射線医学（核医学）、3）川崎医科大学

【目的】

大腿近位部の筋肉量は、第1報で報告した平均除脂肪厚に大腿骨近位部の骨量の計算領域を乗算することによって算出可能と考えられる。しかし、① 算出された筋肉厚が被検者体厚を超える症例が認められること、② 計算範囲内に骨が存在するため、平均除脂肪厚に計算領域を乗算した値を補正する必要があること、③ 算出された局所筋肉量とサルコペニア診療に用いられている補正四肢筋量との関係を明らかにすること、以上の3項目の検討が不可欠である。本研究では、これらの検討を行った。

【方法】

1番目と2番目の問題点については、DXA の計測部位と同じ大腿近位部の CT 像を取得し、CT 像から算出した筋肉量で我々が考案した方法で得られた筋肉量を較正することで解決を図った。

対象は、DXA による大腿骨近位部の骨量計測と、同部の CT 検査を施行した男性ボランティア9例（年齢：24.4 ± 4.9歳）と女性ボランティア21例（年齢：20.8 ± 1.1歳）の計30例である。また、使用機器として、CT 装置には PET/CT 装置（Discovery ST Elite, GE）の CT 装置を、データ処理には AZE 社の Virtual Place 雷神 Plus をそれぞれ使用した。

較正方法として、まず CT 画像の1断面について骨量計測時の Global ROI（計算領域）に対応する領域を設定し、その範囲に含まれる骨を除外した面積を求めた。次に、骨を除外した領域において、脂肪の Hounsfield unit に基づいてウィンドウを設定して脂肪面積を得た。この処理を Global ROI の縦軸の長さについて繰り返し、それぞれで得られた値を積算することによって Global ROI 領域の骨を除外した体積および脂肪体積を取得した。そして、同領域の除脂肪体積は、骨を除外した体積から脂肪体積を減算することで求めた。最後に、除脂肪体積の較正は、我々が考案した方法で得られた除脂肪体積と CT 画像から得られた除脂肪体積の回帰式を求めることによった。

3番目の問題点については、DXA 装置による大腿骨近位部と全身を同時に計測したデータを用いて検討した。対象は、男性5例（年齢：63.4 ± 10.9歳）、女性62例（年齢：68.9 ± 8.3歳）の計67症例である。

サルコペニア診療に用いられている補正四肢筋量は、DXA で計測され四肢の除脂肪量を（kg単位）を被検者の身長（m 単位）の自乗で除した値と定義されている。そこで、これに従って全身計測のデータから補正四肢筋量を算出した。他方、大腿近位部については、前述した方法で較正された大腿近位部筋肉量を全身と同様に被検者の身長の自乗で除した値を補正大腿近位部筋量とした。そして、両者の回帰式を算出し、その回帰式を用いて基準値と cut-off 値に対応する大腿近位部筋量を取得した。ここで、現状では日本人の補正四肢筋量の基準値と cut-off 値は定められていないため、Sanada K らが報告している値を代用した。

【結果および考察】

CT 像を用いた検討の結果、我々が考案した方法による大腿近位部筋量（x）と CT 像から算出されたそれ（y）との間に 相関性に優れた較正式（$y = 0.9507x - 0.4323$, $r = 0.927$）が得られた。これにより、較正 された補正大腿近位部筋肉量（kg）の算出が可能となった。

DXA による全身の体組成計測のデータを用いた検討では、補正四肢筋量（x）と補正大腿近位部筋量（y,）との間に相関性に優れた換算式（$y = 0.0379x + 0.0946$, $r = 0.710$）が得られた。換算された補正大腿近位部筋量の基準値と Cut-off 値は、男性ではそれぞれ0.423と0.355 kg/m^{2}であり、女性では0.351と0.301 kg/m^{2}であった。

結論として、今回の1報および2報の検討により、サルコペニア診療に必要な補正四肢筋量筋量に相当する値を局所の骨密度測定に表示されるパラメータ（k, do, t）から算出する方法が確立できたと考える。

24-107 放射線計測への応用を目指した太陽電池の諸特性

○笈田 将皇[1)]、中田 一弥[2)]、高須賀 良介[3)]、青山 英樹[4)]
1）岡山大学大学院保健学研究科、2）財団法人 神奈川科学技術アカデミー、
3）独立行政法人国立病院機構 岡山医療センター放射線部、4）岡山大学病院医療技術部

【背景】太陽電池は、結晶系（単結晶、多結晶）、非結晶系（アモルファス）Si 半導体を利用されている。放射線計測分野では Si 半導体を中心に電離放射線の測定に応用されていることが知られる。また、有機系太陽電池は安価で、フレキシブル加工が可能である。

【目的】太陽電池の半導体利用に着目し、放射線に対する応答特性に関して基礎的な検討を行うことを目的とする。

【方法】太陽電池の基礎特性としてソーラーシミュレータ（YSS-T150A、YAMASHITA DENSO 社製）を用いて単結晶 Si 太陽電池（ソーラーパネル ＃0906005B 最大出力：0.69W 最大動作電力：3V 最大動作電流：210mA 短絡電流：230mA 開放電圧：3.6V 120 × 60 ㎜）、a-Si 太陽電池（SANYO 製、16V、10mA）、有機系太陽電池（自作）の I-V 特性を測定し、エネルギー変換効率を求めた。

次に、放射線応答（時間応答、出力応答）に関する検討として、単結晶 Si 太陽電池を利用し、診断用 X 線撮影装置（RADIOTEX UD150B-40、島津社製）により、X 線を照射し、デジタルマルチメータ（PC510a、SANWA 製）およびオシロスコープ（GDS-2062、GW INSTEK 社製）により最大開放電圧および最大短絡電流を計測した。照射条件は SCD を一定距離とし、時間応答では管電圧 40kV、管電流を 100mA として、照射時間を 5 ～ 800ms まで変化させ、出力応答では管電流 100mA、照射時間 125ms として、管電圧を 40 ～ 150kV、SCD を 50 ㎝～ 200 ㎝まで変化させた。

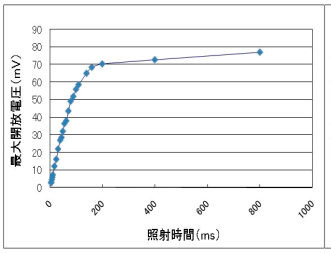
続いて、単結晶 Si 太陽電池の増感紙有無による間接効果に関する検討として、3 種類の増感紙（G4、BX-Ⅲ、BF-Ⅲ、富士フィルム社製）を用いて、それぞれ発光面を太陽電池パネル面に一致させ、SCD100 ㎝、管電圧 50kV、管電流 100mA、照射時間 500ms として照射した。

最後に有機系太陽電池の放射線耐性を調べるため、それぞれの素子に対して管電圧 100kV、管電流 100mA、照射時間 32ms として繰り返し照射を行い、空気カーマ換算で 0.3Gy、1.0Gy、3.2Gy を照射した。

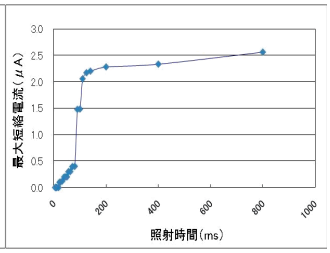
【結果】ソーラーシミュレータにより、単結晶 Si 太陽電池、a-Si 太陽電池、色素増感太陽電池の変換効率はそれぞれ、13.1%、7.7%、7.2% であった。最大開放電圧は a-Si、有機系、単結晶 Si の順に高かった。最大短絡電流は単結晶 Si、有機系、a-Si の順に高かった。

続いて、単結晶 Si 太陽電池の時間応答特性は、最大開放電圧、最大短絡電流ともに 200ms まで単調な立ち上がり領域が存在し、平衡に達することが明らかとなった。出力応答特性は、空気カーマ率が増加するほど出力が増加し、10mGy/s 程度まで高い直線性を示すことが明らかとなった。増感紙の有無による応答変化は、G4、BX-Ⅲ、BF-Ⅲでそれぞれ 141%、72%、19% 出力向上が図られることが明らかとなった。

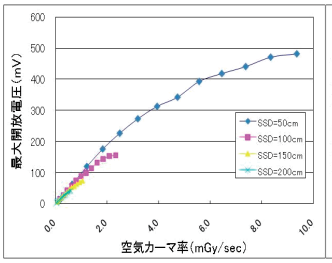
有機系太陽電池の放射線耐性については、照射した線量が多くなるにつれて一定の割合（2Gy/%）で変換効率が低下することが明らかとなった。



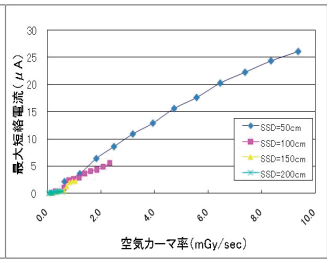
最大開放電圧と照射時間の関係



最大短絡電流と照射時間の関係



最大開放電圧と放射線量の関係



最大短絡電流と放射線量の関係

【結語】診断用 X 線に対する単結晶 Si 太陽電池の応答特性を中心に、a-Si、有機系太陽電池について調べた結果、X 線計測では、立ち上がり特性、線量率依存性があることが示唆された。増感紙の使用により検出効率の改善が可能であり、有機系太陽電池は変換効率から線量の推計が可能であった。更に詳しい特性評価を行い、安価で利用できる放射線検出器としての応用開発を目指したいと考える。

【参考文献】

1） 濱川圭弘『太陽電池』2004 コロナ社
2） 山田興一、小見山宏『太陽光発電工学』2002 日経 BP 社

24-108 演題取り下げ