

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

分担研究年度終了報告書

CT/FEM法による大腿骨の力学強度に関する研究

研究分担者 伊東 昌子 長崎大学放射線部准教授

研究要旨 CT/FEM法により、健常人40例（平均64歳、48-82歳、全例女性）の大腿骨の力学強度を解析した。立位の荷重条件では、平均4758N（3150～7000N）で大腿骨頸部骨折が発生し、転倒の条件で、平均1549N（1100～2450N）で主に大腿骨転子部骨折が発生した。大腿骨近位部が、上方からの荷重に比べて、大転子を支点とした側方からの荷重（＝転倒）に弱いことが示された。

研究分担者氏名・所属研究機関名及び所属研究機関における職名

（分担研究年度終了報告書の場合は、省略）

A. 研究目的

CT/FEM法は、骨力学試験のシミュレーション法であり、生体の骨強度を複数の条件下で予測解析できる利点を有する。私達は、健常人の大腿骨の、荷重方向による強度の違いを検討した。

B. 研究方法

健常人40例（平均64歳、48-82歳、全例女性）の股関節CTを撮影。大腿骨を抽出し、有限要素解析により、上方からの荷重（＝立位条件）と、大転子を支点とした側方からの荷重（＝転倒条件）における、大腿骨の力学強度を解析した。

C. 研究結果

立位条件の荷重では、平均4758N（3150～7000N）で、全例に大腿骨頸部骨折が発生し、転倒条件では、平均1549N（1100～2450N）で、38例に大腿骨転子部骨折が、2例に大腿骨頸部骨折が発生した。

つまり、大腿骨近位部は、上方からの荷重に比べて、大転子を支点とした側方からの荷重（＝転倒）に対して、約1/3の強度しかないことが予測された。

D. 健康危険情報

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

（分担研究年度終了報告書には記入せずに、総括研究年度終了報告書にまとめて記入）

E. 研究発表

1. 論文発表

Effect of minodronic acid hydrate on hip geometry in Japanese women with postmenopausal osteoporosis. J Bone Miner Metab 28(3), 334-341, 2010

Age-related changes in bone density, geometry and biomechanical properties of the proximal femur: CT-based 3D hip structure analysis in normal postmenopausal women Bone 48(3) 627-630, 2011

2. 学会発表

（発表誌名巻号・頁・発行年等も記入）

F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

分担研究年度終了報告書

定量的CTを用いた有限要素法による骨強度診断法の実用化に関する研究

研究代表者又は研究分担者 遠藤 直人 新潟大学整形外科教授

研究要旨

3次元有限要素法による椎体骨強度の解析では、荷重条件の設定が重要である。脊柱矢状面アライメントを解析した結果、加齢とともにC7椎体の前方変位が認められ、それに伴って椎体においても前方荷重がより増加すると予想された。この点を考慮した加重条件を設定することによって、骨強度評価にとどまらないさらに正確な骨折危険予測が可能となると考える。

研究分担者氏名・所属研究機関名及び所属研究機関における職名

（分担研究年度終了報告書の場合は、省略）

A. 研究目的

定量的CTを用いた有限要素法による骨強度診断法は、従来の骨量や骨密度の情報のみでなく、形状や構造に関する因子を加えることによってさらに精度の高い骨折リスク評価を可能とした。しかし、骨折リスクを評価するための荷重条件（単位面積あたりの荷重など）は一定であり、個体差は考慮されていない。脊柱には個人の固有のアライメントがあり、特に矢状面アライメントは椎体の荷重条件を規定する重要な因子である。本研究の目的は、矢状面アライメントの個体差と年齢による影響を明らかにすることである。

B. 研究方法

新潟大学整形外科に通院する脊椎疾患患者のうち骨折や明らかな脊柱変形を伴わず、立位脊柱X線と臥位CTが撮影可能であった36例を対象とした。X線側面像では胸椎後弯角、腰椎前弯角、C7 plump line (C7pl)、C7pl-L2距離、L2 tiltを計測した。CTでもL2 tiltを計測した。X線での各パラメータと年齢の相関、立位と臥位におけるL2 tiltの相関を検討した。倫理面では、治療上X線およびCT撮影が必要であることを説明し、同意を得た。三次元有限要素法に関するデータ収集に関しては倫理委員会の承認を得た。

C. 研究結果

C7plとC7pl-L2距離はいずれも年齢と正の相関を示した ($p < 0.05$ $r = 0.404$, $p < 0.05$ $r = 0.424$)。すなわち、加齢とともにC7が前方に変位していた。また立位脊柱でのL2 tiltは臥位CTでのL2 tiltと正の相関を示した ($p < 0.0001$ $r = 0.82$)。C7pl、C7pl-L2距離、L2 tiltともに標準偏差の値が大きく、個体差が大きかった。

以上より、脊柱の矢状面アライメントは個体差が大きいものの、年齢とともにC7椎体が前方に移動していた。このことから、生体内で各椎体にかかる荷重も矢状面アライメントによって大きく異なることが予想された。特に高齢者では荷重線が前方に変位するために椎体前方へのストレスが増加すると予想された。この点を考慮した加重条件を設定することによって、さらに正確な骨折危険予測が可能となる。

D. 健康危険情報

（分担研究年度終了報告書には記入せずに、総括研究年度終了報告書にまとめて記入）

E. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

（発表誌名巻号・頁・発行年等も記入）

F. 知的財産権の出願・登録状況

（予定を含む。）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業（分担）研究年度終了報告書

地域在住高齢者における低骨密度およびサルコペニア高齢者に関する研究

研究分担者 金憲経、鈴木隆雄 東京都健康長寿医療センター研究所

研究要旨 研究1：都市部在住70歳以上の男女831名を対象に、低骨密度高齢者の割合を調べたところ、男性11.4%、女性83.9%と女性で低骨密度者の出現率が高かった。低骨密度者は男女ともにBMIや下腿三頭筋囲の値が低く、筋力が弱く、骨粗鬆症の既往は高かった。今後、低骨密度者の筋力向上を目指すサービスの提供が課題であるとの知見を得た。

研究2：大都市部在住75歳以上の後期高齢女性1,399名を対象に基礎調査を行い、304（21.7%）をサルコペニアと判定した。サルコペニア高齢者は、年齢が高く、下腿三頭筋周囲、BMI、筋肉量は有意に低値を示したが、骨粗鬆症、骨折歴は有意に高い割合を示し、骨粗鬆症に伴う骨折危険性が高いことが示唆され、その予防策の早期構築が課題と浮かび上がった。

A. 研究目的

ヒトは、中年期を過ぎると様々な組織の機能が変化した結果、環境変化への適応能力の低下ないしは機能喪失が徐々に増してくる。その背景要因の一つに、体組成の構成要素である体脂肪、筋肉量、骨密度の変化が挙げられる。中でも、高齢期における骨格筋量の低下や骨密度の低下は身体的障害、骨粗鬆症、転倒・骨折、死亡率の上昇と強く関わっていることが多くの疫学調査で指摘されている。これらの背景を踏まえて、本研究では地域在住高齢者における低骨密度高齢者およびサルコペニア高齢者の身体機能、既往歴、老年症候群の有症状況などを詳細に分析することを目的とした。

B. 研究方法

低骨密度高齢者の特徴を調べるために、地域在住70歳以上の男女831名を対象に包括的健康健診を行い、聞き取り調査、体力および骨密度を測定した。骨密度はDTX-200を用いて、非利き腕の前腕部を計測し、YAMの70%（0.333）以下を低骨密度と判定した。

一方、サルコペニア高齢者の特徴を検討するために、75歳以上の後期高齢女性1,399名を対象に基礎調査を行い、筋肉量の低下、筋力あるいは歩行機能の衰え、BMI低下の選定基準を設定し、サルコペニアと判定された304名と正常者1,095名の調査項目を比較した。

本研究は東京都健康長寿医療センター研究所の倫理委員会の承諾を得た上で、対象者には個

別的に研究の目的、データの活用法などについて説明し、自筆の同意を得た。

C. 研究結果

低骨密度と判定された者は男性11.4%、女性83.9%であった。低骨密度者は男女ともに、BMIや下腿三頭筋周囲の値が低く、筋力（握力、膝伸展力）は有意に劣る傾向が観察された。さらに、骨粗鬆症既往者の割合は有意に高かった。

一方、サルコペニア群は、年齢が高く、下腿三頭筋周囲、BMI、筋肉量は有意に低値を示した。聞き取り調査項目においては、健康度自己評価、定期的な運動習慣を持っている者の割合は低かったが、外出頻度が少ない者の割合は高値を示した。一方、既往歴においては、貧血症、骨粗鬆症、骨折歴は有意に高い割合を示したが、高血圧症、高脂血症は正常群より低い割合を示した。

D. 健康危険情報

該当せず

E. 研究発表

1. 論文発表

Suzuki T, Kwon J, Kim H et al.: Low serum 25-hydroxyvitamin D levels associated with falls among Japanese community-dwelling elderly. J Bone Miner Res 23: 1309-1317, 2008.

金憲経, 鈴木隆雄: 転倒経験者に対する転倒予防戦略-運動中心プログラムの効果検証-. *Geriatric Medicine* 47(6): 751-754, 2009.

新開省二, 金憲経, 渡辺直紀, 李相侖, 齋藤京子, 鈴木隆雄: 虚弱高齢者を対象とした運動 vs 運動+栄養介入 (大豆ペプチド) の効果に関する無作為化比較試験. *栄養学雑誌*67(2): 76-83, 2009.

金憲経, 他: 地域在住高齢者におけるサルコペニア改善のための運動、アミノ酸補充の効果. *アミノ酸研究* 4: 55-57, 2010.

金憲経: サルコペニアとロコモティブシンドローム. *Prog Med* 30: 53-57, 2010.

Kim H, et al: The effects of multidimensional exercise on functional decline, urinary incontinence, and fear of falling in community-dwelling elderly women with multiple symptoms of geriatric syndrome: A randomized controlled and 6-month follow-up trial. *Arch Gerontol Geriatr* 52: 99-105, 2011.

金憲経: 転倒予防のための運動介入の効果と課題. *日老医誌* 48: 39-41, 2011.

2. 学会発表

金憲経, 鈴木隆雄, 吉田英世: 都市部在住高齢者における転倒経験者の転倒予防を目的とした介入プログラムの効果検証. *日本公衆衛生雑誌*55・48 2・2008.

金憲経, 吉田英世, 他5人: 都市部在住の転倒経験高齢女性における運動中心介入への不参加者の特性および転倒率. 第68回日本公衆衛生学会

総会, 奈良, 10.21-23, 2009.

金憲経: 老年症候群の徴候改善を目的とした取組における体力評価の意義. 日本体育学会第60回大会, 広島, 8.26-28, 2009

Kim H: Sarcopenia Prevention Strategy. 2nd Asian International Seminar for Geriatrics and Gerontology, Taipei, Taiwan, 8.4, 2010.

Kim H, et al: Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling Japanese sarcopenic women: A randomized controlled trial. AGS Annual Meeting, Orlando, USA, 5.12-15, 2010.

金憲経, 齋藤京子, 吉田英世, 他4人: 運動、アミノ酸摂取による介入が地域在住サルコペニア高齢者の身体組成及び体力に及ぼす影響. 第52回日本老年医学会学術集会総会, 神戸, 6.24-26, 2010.

金憲経, 齋藤京子, 吉田英世, 他3人: 地域在住サルコペニア高齢者の体組成と体力改善を目的とした運動、栄養介入の効果検証. 第69回日本公衆衛生学会総会, 東京, 10.27-29, 2010.

F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

該当せず

2. 実用新案登録

該当せず

3. その他

該当せず

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

分担研究年度終了報告書

定量的CTを用いた有限要素法による2型糖尿病患者の椎体骨折に関する検討

分担研究者 杉本利嗣 島根大学医学部内科学講座内科学第一 教授
 協力研究者 山本昌弘 島根大学医学部内科学講座内科学第一 助教

研究要旨

メタ解析ならびに我々の研究により、2型糖尿病では骨密度非依存的に骨折危険度が高く、その骨強度は材質特性の骨質低下の影響を受ける。今回2型糖尿病患者に定量的CTを用いた有限要素法により算出した骨強度指標を椎体骨折において検討したところ、既報の原発性骨粗鬆症患者と異なり、椎体骨折の有無で骨強度指標に差を認めなかった。このことは2型糖尿病患者の骨材質特性が原発性骨粗鬆症患者と同一ではないことを間接的に示しており、本法の実用化にむけて、2型糖尿病患者の材質特性値を用意する必要があることが示唆された。

A. 研究目的

メタ解析により2型糖尿病(T2DM)ではDXA法による骨密度が対照群よりも高値であるにもかかわらず大腿骨頸部骨折の相対危険度が高いことが明らかにされた。我々の検討により、2型糖尿病は骨密度とは独立した椎体骨折の危険因子であり、その骨強度の低下は骨密度では説明ができないことを見いだした(JBMR 2009)。我々はこの骨折の増加が、骨コラーゲンの材質特性の劣化と関係する終末糖化物質(AGEs)であるPentosidineの血中濃度の増加と有意な関係があることを見いだした(JCEM 2008)。さらにAGEsを認識する受容体(RAGE)にAGEsが結合することを阻害するおとり受容体(内因性分泌型RAGE (esRAGE))がAGEsに比して相対的に低下すると、骨密度とは独立して椎体骨折の相対危険度が増加することを明らかにした(Diabetes Care 2009)。

これら一連の結果は、T2DMの骨強度は骨材質特性劣化の骨質の影響を強く受けることを意味しており、その強度評価にはDXA法とは異なる新たな計測法を必要としている。

定量的CTを用いた有限要素法は、対象となる患者毎に個人の骨密度ならびに骨の構造特性を反映させた骨強度評価手法であり現在の標準的な骨密度測定のための骨強度評価法よりも高精度に骨粗鬆症診断が可能な評価法である。しかしこの強度指標は原発性骨粗鬆症患者の「骨材質特性」を有すると仮定して、

算出されたものであり、前述のように骨材質特性劣化の存在するT2DMにおいて有用であるかは明らかではない。

昨年度の本研究事業研究において閉経後T2DM女性では椎体骨折の有無で有限要素法による骨強度指標に差を認めなかった。本年度はT2DM男性において検討した。

B. 研究方法

腎機能が基準範囲内の閉経後女性31名、ならびに50歳以上のT2DM男性69名において、既報に従い(Imai K et al Osteoporos Int 20:801-10, 2009)原発性骨粗鬆症患者と同等の材質特性を有すると仮定して、有限要素法を用いて骨折を生じる加重量(椎体骨折強度指数)を計算し、椎体骨折の有無で比較した。(倫理面への配慮)

本研究は、糖尿病診療上必要に応じて通常被曝線量内で撮影されたCT画像を、患者の同意を得て二次利用して行うよう計画立案した。本研究は島根大学医学部附属病院内の倫理委員会の承認を得て遂行した。

C. 研究結果

Baselineにおいて閉経後T2DM女性および男性の椎体骨折強度指数は、 4333.9 ± 1365.1 N、 5597.8 ± 2089.5 Nと女性が女性より高値であった。

続いて椎体骨折強度指数と関係する因子を単相間により探索を行った。女性では有意に年齢と負に相関し($r = -0.45$, $p = 0.01$)、BMI ($r = 0.38$, $p = 0.04$)や腰椎、大腿骨頸部および橈骨遠位端の骨密度

と正相関を認めた(各 $r = 0.51$, $p < 0.01$; $r = 0.45$, $p < 0.01$; $r = 0.41$, $p = 0.03$)。男性では有意に年齢と負に相関し($r = -0.27$, $p = 0.03$)、腰椎、大腿骨頸部および橈骨遠位端の骨密度と正相関を認め(各 $r = 0.57$, $p < 0.01$; $r = 0.45$, $p < 0.01$; $r = 0.51$, $p < 0.01$)、男女差を認めなかった。

椎体骨折の有無で椎体骨折強度指数を比較すると、女性では椎体骨折あり群($n = 24$)と無し群($n = 7$)間に統計学的有意差を認めなかった(4706.3 ± 1451.2 N vs. 4137.5 ± 1304.9 N)。男性の椎体骨折あり群($n = 29$)と無し群($n = 40$)間においても有意差を認めなかった(5396.5 ± 1984.0 N vs. 5743.8 ± 2175.0 N)。また男女とも骨密度を含むその他の指標は、我々の既報研究成果と同様に椎体骨折有無間で有意差を認めなかった。以上の結果より、原発性骨粗鬆症における本法の既報と異なり、T2DMでは性別に関わらず椎体骨折強度指数で既存椎体骨折の判別は困難であった。

本研究事業の研究により、T2DMの椎体骨折の有無では椎体骨折強度指数に差がないことが明らかとなった。この指標は原発性骨粗鬆症患者と同等の骨材質特性を有すると仮定して算出することから、T2DM患者の骨の材質特性は原発性骨粗鬆症患者のものと同じではないことが示唆された。

本研究事業の研究により、T2DMでは骨材質特性劣化の骨質低下が存在していることが示唆された。有限要素法による骨強度診断法の実用化において、T2DMでは骨材質特性が異なることから、T2DM患者の骨材質特性値を別実験で求め、本法が実臨床を反映しうることを確認することが必要と考えられた。

E. 研究発表

1. 論文発表

1. Low serum level of the endogenous secretory receptor for advanced glycation end-products (esRAGE) is a risk factor for prevalent vertebral fractures independent of bone mineral density in patients with type 2 diabetes. Yamamoto M, Yamaguchi T, Yamauchi M, Sugimoto T. Diabetes Care 32(12) 2263-2268, 2009
- 2.

Kanazawa I, Yamaguchi T, Yano S, Yamamoto M, Yamauchi M, Kurioka S, Sugimoto T; Baseline

atherosclerosis parameter could assess the risk of bone loss during pioglitazone treatment in type 2 diabetes mellitus. Osteoporos Int 21(12):2013-8, 2010

3. Kanazawa I, Yamaguchi T, Yamamoto M, Sugimoto T: Relationship between treatments with insulin and oral hypoglycemic agents versus the presence of vertebral fractures in type 2 diabetes mellitus. J Bone Miner Metab. 28(5):554-60, 2010
4. Kanazawa I, Yamaguchi T, Yamauchi M, Yamamoto M, Kurioka S, Yano S, Sugimoto T: Serum undercarboxylated osteocalcin was inversely associated with plasma glucose level and fat mass in type 2 diabetes mellitus. Osteoporos Int 22(1):187-94, 2011
5. 山本昌弘, 杉本利嗣: 【糖尿病診療2010】 糖尿病合併症と専門医との連携 慢性合併症 その他 骨病変. 日本医師会雑誌 139特別2: S302-S303, 2010
6. 山本昌弘, 杉本利嗣: 【糖尿病性細小血管症(第2版) 発症・進展制御の最前線】 その他話題の糖尿病合併症 骨粗鬆症. 日本臨牀68増刊9:652-655, 2010
7. 山本昌弘: 生活習慣病の骨折リスクと骨質 THE BONE 24(3): 265-268, 2010
2. 学会発表
1. 山本昌弘, 山口徹, 山内美香, 杉本利嗣: 2型糖尿病における可溶性終末糖化物質受容体(esRAGE)は、骨密度と独立した椎体骨折の危険因子である. 第11回日本骨粗鬆症学会
2. Yamamoto M, Yamaguchi T, Yamauchi M, Yano S, Kiyoko Nawata, Sugimoto T: Decreased PTH secretion is associated with low bone formation and vertebral fracture risk in postmenopausal women with type 2 diabetes. American Society for Bone and Mineral Research 32nd Annual Meeting, Toronto, October 2010

3. Yamamoto M, Yamaguchi T, Yamauchi M, Nawata K, Sugimoto T: Decreased PTH secretion is associated with low bone formation and vertebral fracture risk in postmenopausal women with type 2 diabetes. the Annual Meeting of the Korean Society of Osteoporosis, Seoul, South Korea, December 7, 2010
 4. 山本昌弘、山口徹、名和田清子、山内美香、杉本利嗣：閉経後2型糖尿病女性の低PTH分泌に伴う低骨形成状態は、骨密度とは独立した椎体骨折の危険因子である。第12回日本骨粗鬆症学会。大阪、2010年10月
- F. 知的財産権の出願・登録状況
(予定を含む。)
1. 特許取得 なし。
 2. 実用新案登録 なし。
 3. その他 なし。

-00-

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
分担研究年度終了報告書

骨粗鬆症および関節リウマチの骨強度に関する研究

分担研究者 萩野 浩 鳥取大学医学部保健学科教授
研究協力者 土海 敏幸 鳥取大学医学部運動器医学分野
研究協力者 松本浩実 鳥取大学大学院医学系研究科

研究要旨 研究1:有限要素法(CT/FEM)を用いて関節リウマチ(RA)と閉経後骨粗鬆症(PO)の椎体骨強度を解析した。RAはPOより年齢が低く、骨密度が大きい、腰椎骨強度では有意差を認めなかった。POと比較してRAの腰椎では骨密度分布が異なる可能性があることが示された。研究2:RAの軸椎垂直性脱臼(VS)の進行における骨粗鬆症の関連を明らかとすることを目的に、頸椎のX線像とCT撮像を行い、冠状断再構成CT画像において、環椎・軸椎外側塊の高さ、関節面の関節症性変化の評価、歯突起の骨欠損の有無を計測した。その結果、VS+症例はVS-群に比較して、環椎・軸椎外側塊の高さは低下し、関節面のなす角は小さくなり、VSの進行とともに環椎・軸椎の体積は減少した。VSの進行の本態は、環椎・軸椎の外側塊の圧潰であって、環椎外側塊のfacetのなす角は小さくなることが判明した。また、軸椎垂直性脱臼の進行において、骨粗鬆症が関与する可能性が示された。研究3:椎体圧迫骨折後の後期高齢者に対して座位姿勢で表面筋電図を用いて背筋活動を計測し、筋電図の解析項目と骨強度との関係を調査した。その結果、骨強度が低下しているほど背筋の姿勢反応が遅く、筋力も弱いことが明らかとなり、背筋力の向上が椎体骨量の増加に貢献する可能性があることが推察された。

A. 研究目的

研究I. 閉経後骨粗鬆症と関節リウマチの腰椎椎体骨強度の検討

関節リウマチ(RA)の骨折リスクは健常者の約2倍と報告されている。これは骨密度より算出された値よりも高値である。そこで、有限要素法(CT/FEM)を用いてRAと閉経後骨粗鬆症(PO)の椎体骨強度を解析することを目的とした。

研究II. 関節リウマチにおける上位頸椎病変におよぼす骨強度の検討

関節リウマチ(RA)における軸椎垂直性脱臼

(VS)の危険因子として、年齢、罹病期間、性(女)、RA病型、ステロイド使用の有無などが報告されている。これらは骨粗鬆症の危険因子と重複するものが多い。VSの進行における骨粗鬆症の関連を明らかとすることを目的とした。

研究III. 腰椎骨強度と背筋筋活動性の関連性の検討

椎体圧迫骨折後の後期高齢者に対して座位姿勢にて簡便な課題を行わせ、表面筋電図を用いて背筋活動を計測し、筋電図の解析項目と骨量との関係を調査することを目的とした。

B. 研究方法

研究Ⅰ 関節リウマチと閉経後骨粗鬆症の腰椎椎体骨強度の検討

RA34人、P011人の第2腰椎のCTを撮像し、CT/FEMを用いて骨強度解析を行った。女性のみを対象とし、続発性骨粗鬆症（45歳以下の早期閉経例）、腰椎・大腿骨の手術症例は除外した。

WHOから発表されている骨折リスク評価ツール（FRAX[®]）を用いて10年間の骨折リスクを算出した。

RA群はステロイド（PSL）使用の有無に応じて2群に分けて、PSLの有無による骨強度についても解析した。

研究Ⅱ

RA63人、P029人に対して頸椎のX線像とCT撮像を行い、冠状断再構成CT画像において、環椎・軸椎外側塊の高さ、関節面の関節症性変化の評価、歯突起の骨欠損の有無を計測した。女性のみを対象とし、頸椎・腰椎・大腿骨手術症例は除外した。

全例でQDR4500を用いて大腿骨と腰椎の骨密度測定を行った。さらに腰椎CT撮影を行い、CT/FEMを用いて、L2椎体の骨強度を算出した。

RA患者は頸椎X線像に基づいてA群（不安定性なし）、B群（AAS+、VS-）、C群（VS+）の3群に分けた。

またCT前額断層像から、以下のパラメータを計測した（図Ⅱ-1）。環椎外側塊高（C1-LMH）：C1外側塊最大前後径での外側塊下縁から変曲点までの距離、軸椎外側塊高（C2-LMH）：前額断（歯突起長最大面）における椎体下縁から外側塊と歯突起の変曲点までの距離、C1-Facet Angle（C1-FA）：環椎の後頭環椎関節面と外側環軸関節面のなす角、C2-Facet Angle（C2-FA）：軸椎の外側環軸関節面と歯突起低面のなす角。

研究Ⅲ

7名の椎体骨折後の高齢者（平均年齢83.9±7.6歳、76歳～93歳、身長148.4±7.5cm、体重42.4±7.3kg、BMI 28.5±4.4 kg/m²）を対象にした。骨折部位はL2が4人、Th7が1人、Th12が1人であった（表Ⅲ-1）。

骨量（単純X線）：骨萎縮度分類を用いて、第3腰椎の骨萎縮度を単純レントゲン写真にて評価した。

表面筋電図測定：表面筋電計にて対象者の背筋の筋活動を計測した。表面筋電計はEMGマスター（メディエリアサポート企業組合製）を使用し、電極は使い捨て電極（GE マルケット社製ブルーセンサ）を用いた。まず被験者に股関節、膝関節90度になるように背もたれなしの端座位をとらせた。その後、検査者の口頭合図と同時に、素早く右手を肩前方屈曲60度まで挙上させた。その時の三角筋、背筋（中部胸椎、胸腰椎移行部）の筋活動を計測した。

運動時の筋電図は送信機内臓の無線筋電計から、サンプリング周波数1msecにてパーソナルコンピュータに接続された受信機に送信され、A/D変換されたのちパーソナルコンピュータ内の筋電図解析ソフト「EMG モニタリングプログラム Km-Mercury」にて解析し、三角筋、背筋（中部胸椎、胸腰椎移行部）における1msecごとの筋電位を計測した。三角筋の筋活動が開始した時間を基準とし、その前後125msecの中部胸椎の筋活動を分析対象とし、25msecごと10区画に分け、それぞれの平均振幅を求めた（図Ⅲ-1）。次に三角筋筋活動開始時間を基準にした各対象者の背筋筋活動の反応時間を導き出した（図Ⅲ-2）。

さらに背筋筋活動は活動単位時間当たり（125msecごと）の全波整流筋電位平均値、平均周波数、トータルパワー（パワースペクトル総面積）を算出し、筋活動中の波形の安定した3秒間を分析対象とした。

骨折タイプとグレード:Gennantらによる分類(SQ)を用いて、対象者の椎体骨折のタイプおよびグレードを分類した。

円背率:円背はMilneの方法に準じ座位にて測定した(図III-3)。50cmの自在曲線定規を用い、第7頸椎から第4腰椎棘突起までの背部の彎曲をなぞり、その形状を紙上にトレースした。トレースした彎曲のC7からL4を結ぶ直線L(cm)、直線Lから彎曲の頂点までの距離をH(cm)としその割合を円背指数とした($H/L \times 100$)。

VAS:痛みの測定法として患者に痛みの程度を(想像できる)最大の痛みを1、痛みなしを10として指でさしてもらって記録した。

生化学データ:各対象者の血液データよりALPおよびCaを調査した。

統計学的分析:骨量と身体特性及び筋電図分析項目(時間、積分、周波数、平均振幅)との相関関係を分析するためにスピアマンの順位相関および、偏相関分析を用いた。三角筋の活動開始前後の背筋筋活動25msecごと10区間の平均振幅の比較に反復測定一元配置分散分析を用いた。さらに対象者を骨萎縮度分類によりⅢ度未満、Ⅲ度以上に群分けし、各変数の平均の比較を行うためにT検定を行った。

(倫理面での配慮)

本研究は当院の倫理委員会の承認を得たのちに開始し、患者よりインフォームドコンセントを取得できた患者のみを対象とした。

C. 研究結果

研究 I

年齢はRA:平均62.3歳、PO:平均72.7歳であり、POが有意に高く、腰椎骨密度はRA:0.833g/cm²、PO:0.701g/cm²であり、RAが有意に高かった(表I-1)。身長、体重、BMIでは有意差を認めなかった。平均骨折荷重はRA:

4399.1N、PO:3647Nであり、有意差を認めなかった。

RA群をステロイド使用の有無に応じて2群に分けて解析したが、身長、体重、BMI、骨密度、腰椎骨強度に有意差を認めなかった(表I-2)。

腰椎骨折荷重は年齢と負の相関を($r=-0.361$ 、 $p=0.015$)、腰椎骨密度と正の相関を($r=0.346$ 、 $p=0.025$)認めた(表I-3)。

研究 II

VS+群は、年齢は高く、罹病期間は長かった。VS+群は身長・体重ともに有意に低値だった(表II-1、2)。RAの2群ではDASに有意差を認めなかった。

環椎・軸椎の外側塊の高さ(C1-LMH、C2-LMH)、環椎の関節面のなす角(C1-FA)はVS+群は低値であった(表II-3)。VSの進行(R-J)とC2-LMH、C1-LMH、C1-FAとそれぞれ正の相関を示した(表II-4)。

環椎の体積(V-C1)はC1-LMH、軸椎の体積(V-C2)と正の相関を示した(表II-5)。

腰椎椎体骨強度は年齢・DASと負の相関を示し、RJ値、C2外側塊の高さと正の相関を示した(表II-6)。すなわち、高齢者やRA病勢の強い患者では、骨強度は低く、椎体骨強度の高い患者では、VSの進行が進んでいないことがわかる。

研究 III

表III-2に骨量と身体特性の関係を示す。骨量とBMIの間において $r=-0.85$ と有意な負の相関関係を示した($p<0.05$)。その他の項目に統計学的有意差は無かった。

表III-3に年齢、BMIを制御変数とした骨量と筋電図解析各項目との偏相関分析の結果を示す。骨量と反応時間との間に $r=-0.99$ と負の相関関係が見られ有意傾向にあった($p=0.084$)。

図Ⅲ-4に三角筋の活動開始前後の背筋筋活動 25msec ごと 10 区間の平均振幅の推移を示す。三角筋の活動と同時に平均振幅は上昇したが各群間に有意差は無かった。

表Ⅲ-4に骨萎縮度分類Ⅲ度未満群、Ⅲ度以上群の各変数平均値の比較を示す。Ⅲ度以上群は中部胸椎における背筋積分値が 139.2mv・sec とⅢ度未満群 53.3mv・sec に比べ有意に高値であった ($p<0.05$)。またトータルパワー値においてもⅢ度以上群は中部胸椎における値が 118.2cm² とⅢ度未満群 21.0cm² に比べ有意に高値であった ($p<0.05$)。

D. 考察

研究 I

RA の腰椎病変は滑膜関節である椎間関節以外に椎間板周囲にも起こると病理学的に証明されている。椎体には骨硬化像が出現しており、PO と比較して RA の腰椎では骨密度分布が異なる可能性がある。嚢胞性病変を来している症例では、構造的に強度が低下する可能性がある。

RA では、骨質の低下が骨折リスクを上昇させると報告されており、RA の材料特性を用いた腰椎骨強度解析が必要と考える。

研究 II

RA では上位頸椎の不安定性が増強するほど、後頭環椎関節と外側環軸関節の関節症性変化が強くなり、歯突起の骨欠損の割合が増加した。RA 軸椎垂直性脱臼の症例では、環軸椎外側塊の高さが低下した。また RA 上位頸椎の不安定性が増強するにつれ骨密度 (腰椎・大腿骨) が低下する傾向を認めた。軸椎垂直性脱臼の進行において、骨粗鬆症が関与する可能性があることが明らかとなった。

研究 III

骨量と対象者身体特性との関係では BMI が有意な負の相関関係を示し、骨萎縮が高度である程、BMI が低値であった。一般的に骨量は運動や荷重によって増加し、臥床や骨への荷重がかからない状態では低下することからも、やせ傾向にあるもの程、骨萎縮が進んでいることが考えられる。

筋電図解析の結果では、三角筋の活動開始前後における 25msec ごとの背筋平均振幅各群間に統計学的な有意差が無かったものの、年齢と BMI で補正した偏相関分析では骨萎縮が高度である程、背筋の反応時間が遅かった。この結果は、背筋の姿勢反応の遅延と骨萎縮が関係している可能性を示唆した。日常生活動作における予測的姿勢制御の低下が骨量の低下や椎体骨折へ導いた可能性もあり、今後の調査、研究が必要である。

骨量をⅢ度未満、Ⅲ度以上に分けて検討した結果、背筋 (中部胸椎) の積分値とトータルパワーに有意差があり、Ⅲ度以上群は高値であった。骨強度が低下しているⅢ度以上群は、非常に背筋力に余裕がなく、背筋力が低下している状態と考えられる。本研究から、骨量と背筋の関係において、周囲筋の収縮が骨量に影響を与えることや背筋力の向上が椎体骨量の増加に貢献する可能性があることが推察された。

E. 結論

1. RA と PO について、CT/FEM を用いて腰椎椎体骨強度の解析をした。RA は PO より年齢が低く、骨密度が大きい。腰椎骨強度では有意差を認めなかった。PO と比較して RA の腰椎では骨密度分布が異なる可能性がある。

2. VS+症例は VS-群に比較して、環椎・軸椎外側塊の高さは低下し、関節面のなす角は小さくなる。また VS の進行とともに環椎・軸椎の体積は減少した。VS の進行の本態は、環椎・軸椎の外側塊の圧潰であって、環椎外側塊の facet のなす角は小さくなる。また、軸椎垂直性脱臼の

進行において、骨粗鬆症が関与する可能性があることが明らかとなった。

3. 椎体圧迫骨折患者において骨強度が低下しているほど背筋の姿勢反応が遅く、筋力も弱い。背筋力の向上が椎体骨量の増加に貢献する可能性があることが推察された。

G. 研究発表

論文発表

- 1) Ogoshi T, Hagino H, : Influence of glucocorticoid on bone in 3-, 6-, and 12-month-old rats as determined by bone mass and histomorphometry, *Mod Rheumatol* 18(6):552-561, 2008
- 2) 萩野 浩:DXAによる骨粗鬆症の診断, *機器・試薬* 13(3):223-228, 2008
- 3) 松田明子, 萩野 浩: 骨粗鬆症の運動療法とエビデンス, *CLINICAL CALCIUM* 18(10): 1404-1409, 2008
- 4) 伊藤靖代, 萩野 浩: 大腿骨近位部骨折予防の最新知見, *臨床老年看護* 15(6): 15-22, 2008
- 5) Hagino H, et al: Sequential Change in Quality of Life for Patients with Incident Clinical Fractures: a Prospective Study *Osteoporos Int* 20(5): 695-702, 2009
- 6) Hagino H, et al :Recent Trend in the Incidence and Lifetime Risk of Hip Fracture in Tottori, Japan, *Osteoporos Int* 20(4): 543-548, 2009
- 7) Yamamoto T, Otani T, Hagino H, et al: Measurement of human trabecular bone by novel ultrasonic bone densitometry based on fast and slow waves, *Osteoporos Int* 20(7): 1215-1224, 2009
- 8) 萩野 浩:転倒による骨折, *日医雑誌* 137(11): 2287-2290, 2009
- 9) 萩野 浩:高齢者の転倒の現状と問題点, *ねむりと医療* 2(1): 1-4, 2009
- 10) 萩野 浩: ビタミンDと骨質および骨折予防効果, *骨粗鬆症治療* 8(4): 314-318, 2009
- 11) Nagira K, Hagino H, et al: Insufficiency fracture at the distal diaphysis of the radius after synovectomy combined with the Sauvé-Kapandji procedure in a patient with rheumatoid arthritis, *Mod Rheumatol* 25(5): 511-513, 2010
- 12) 萩野 浩: 骨粗鬆症(大腿骨近位部骨折, 脊椎骨折), *Modern Physician* 30(4): 513-518, 2010
- 13) 萩野 浩: 骨粗鬆症, 重症心身障害の療育 5(1): 9-14, 2010
- 14) 萩野 浩: 転倒予防, *Hip Protector*, *綜合臨床* 59(4): 616-622, 2010
- 15) 萩野 浩, 大塚美樹: 高齢者と骨粗鬆症・脆弱性骨折, *臨床と研究* 87(7): 923-927, 2010
- 16) 萩野 浩: 大腿骨近位部骨折後の薬物療法, *CLINICAL CALCIUM* 20(9): 1394-1400, 2010
- 17) 萩野 浩, 大塚美樹: F R A Xの作成の背景・有用性について, *CLINICAL CALCIUM* 20(10): 1564-1566, 2010
- 18) 萩野 浩: 骨粗鬆症とロコモティブシンドローム, *Prog Med* 30(12):3025-3029, 2010
- 19) 萩野 浩: 骨粗鬆症, 脆弱性骨折の疫学, *整形外科臨床バサージュ* 4, 骨粗鬆症のトータルマネジメント, 6-16 2010, 中村耕三, 遠藤直人編, 中山書店, 東京
- 20) 萩野 浩:薬物治療における骨密度と骨

- 質の評価, THE BONE 25(1): 45-49, 2011
- 21) 萩野 浩: 原発性骨粗鬆症の治療, 医学
のあゆみ 236(5): 489-493, 2011

表 I-1 患者背景と骨折荷重・FRAX

	RA	PO	p 値
N	34	11	-
年齢(歳)	62.3 (36~77)	72.7 (59~84)	0.001
閉経年齢(歳)	49.6 (45~53)	48.6 (45~53)	0.385
身長(cm)	153.3 (141.6~165.5)	149.2 (140.2~155.4)	0.399
体重(kg)	52.9 (38.5~71.6)	48.6 (39.6~58.0)	0.339
BMI	22.6 (17.2~33.8)	21.9 (16.9~25.0)	0.666
ステロイド使用例	18例	-	-
DXA 腰椎(g/cm ²)	0.833 (0.618~1.132)	0.701 (0.526~0.867)	0.030
大腿骨頸部(g/cm ²)	0.676 (0.481~0.909)	0.644 (0.486~0.841)	0.335
骨折荷重(N)	4399.1 (400~9400)	3646.7 (1700~5292)	0.380
FRAX® 椎体骨折 (%)	17.2 (5.6~35)	15.6 (6.8~27)	0.798
大腿骨骨折 (%)	5.6 (0.6~16)	5.2 (1.2~12)	0.648

BMI ; body mass index, DXA; dual X-ray energy absorptometry
(Mann-Whitney's U test 有意差あり ; p < 0.05)

表 I-2 RA 患者における PSL 内服の有無による

	RA PSL+	RA PSL-	p 値
N	18	16	-
年齢(歳)	63.2 (36~77)	61.1 (36~75)	0.525
閉経年齢(歳)	50.2 (47~53)	50.8 (45~52)	0.586
罹病期間(月)	81.4 (4~228)	78.5 (2~251)	0.587
身長(cm)	1531.1 (142.1~163.2)	156.1 (141.6~165.5)	0.007
体重(kg)	52.0 (38.5~71.6)	54.1 (43.7~70.2)	0.587
BMI	22.8 (17.2~33.8)	22.2 (17.9~28.2)	0.587
DAS28-ESW	4.13 (1.85~6.77)	3.54 (1.67~7.31)	0.169
DXA 腰椎(g/cm ²)	0.828 (0.618~1.132)	0.840 (0.619~1.073)	0.587
大腿骨頸部(g/cm ²)	0.685 (0.520~0.909)	0.666 (0.481~0.779)	0.587
骨折荷重(N)	4399.1 (400~9400)	3646.7 (1700~5292)	0.984
FRAX® 椎体骨折 (%)	18.5 (8.1~35)	15.8 (5.6~29)	0.999
大腿骨骨折 (%)	5.6 (0.7~16)	5.6 (0.6~13)	0.999

BMI ; body mass index, DXA; dual X-ray energy absorptometry
(Mann-Whitney's U test 有意差あり ; p < 0.05)

表 I-3 椎体骨強度と骨折危険度

	骨折荷重	年齢	DXA 腰椎	DXA 大腿骨	FRAX [®] 椎体	FRAX [®] 大腿骨
骨折荷重	—	-0.361 (0.015)	0.346 (0.025)	0.244 (0.123)	-0.294 (0.070)	-0.231 (0.158)
年齢		—	-0.419 (0.006)	-0.174 (0.277)	0.510 (0.001)	0.412 (0.009)
DXA 腰椎			—	0.668 (0.000)	-0.402 (0.014)	-0.487 (0.002)
DXA 大腿骨				—	-0.527 (0.001)	-0.696 (0.000)
FRAX [®] 椎体					—	0.935 (0.000)

(相関係数[p 値] Spearman's rank correlation coefficient)

表 II-1 患者背景

	A群	B群	C群	D群
n(例)	28	26	9	29
年齢(歳)	66.8±11.3	60.6±13.4	71.2±5.3	73.0±5.3
閉経症例(例)	25	22	9	29
身長(cm)	151.0±8.3	151.8±5.7	142.2±3.6	149.1±7.8
体重(kg)	50.1±5.8	49.0±7.3	44.8±7.9	48.8±7.8
BMI	22.1±3.2	21.3±3.2	22.2±4.1	21.9±3.1
骨密度(g/cm ²)腰椎	0.853±0.148	0.832±0.129	0.799±0.183	0.682±0.073
大腿骨	0.690±0.113	0.639±0.112	0.543±0.165	0.626±0.087
ADI (前屈) (mm)	2.36±0.87	5.58±2.35	3.30±1.43	1.74±0.62
ADI (後屈) (mm)	1.25±1.04	2.05±1.52	1.58±1.26	0.77±0.95
R-J(mm)	36.29±5.09	36.78±3.63	25.73±3.68	35.72±5.21
病型(MED : LED)	10:18	10:16	5:4	□
ステロイド使用例	12/28	14/26	5/9	□
RA罹病期間 (月)	194.4±173.0	153.3±104.9	262.0±166.4	□
DAS(点)	4.29±1.33	4.01±1.62	3.65±1.42	□

A群 : AAS-,VS-, B群 ; AAS+, VS-, C群 ; VS+, D群 ; PO、BMI ; Body mass index、
ADI ; Atlantodental interval、R-J ; Redlund-Johnell、
MED ; multiple erosive disease,LED; less erosive disease、
DAS; disease activity score

表Ⅱ-2 患者背景

	VS(+)群	VS(-)群	OP群
n(例)	10	70	28
年齢(歳)	69.9±6.7	63.3±12.5	72.6±6.0
閉経症例(例)	25	22	9
身長(cm)	142.2±3.7	152.3±7.0	149.3±7.5
体重(kg)	43.4±6.8	51.4±7.9	49.0±7.6
BMI	21.5±3.6	22.2±3.6	22.0±3.0
骨密度(g/cm ²)腰椎	0.768±0.146	0.879±0.234	0.692±0.101
大腿骨	0.590±0.156	0.670±0.109	0.646±0.085
ADI (前屈) (mm)	3.90±2.03	3.71±2.17	1.80±0.87
ADI (後屈) (mm)	1.64±1.34	1.83±2.44	0.47±0.79
R-J(mm)	25.76±3.83	37.04±4.03	36.74±5.07
病型(MED : LED)	5:5	47:23	-
ステロイド使用例	7/3	38/32	-
RA罹病期間 (月)	91.7±122.5	72.4±96.6	-
DAS(点)	3.68±1.16	4.02±1.31	-

BMI ; body mass index, ADI;atlantodental interval, R-J;Redlund-Johnell, DAS;disease activity score

表Ⅱ-3 解剖学的パラメータ

	VS+	VS-	骨粗鬆症
C2LMH(rt)	9.76±3.81	12.86±3.14	12.57±0.19
C2LMH(lt)	9.44±4.30	12.62±3.09	12.44±0.12
C1LMH(rt)	7.11±2.69	9.71±1.89	11.39±2.12
C1LMH(lt)	7.51±1.84	9.39±1.71	11.33±2.79
C2-BH	29.67±1.54	32.23±2.46	31.54±2.00
C1 FA(rt)	41.7±15.7	54.8±9.0	59.0±8.5
C1FA(lt)	49.7±5.4	55.6±8.4	56.2±12.9
C2FA(rt)	20.8±6.2	21.3±4.6	22.4±4.3
C2FA(lt)	21.3±5.4	21.1±4.6	22.3±4.0

LMH : 外側塊の高さ、BH ; 齒突起の高さ、FA ; 外側塊関節面のなす角

表Ⅱ-4 解剖学的パラメータとVSの進行の関連

	Correlation coefficient	p value
Redlund-Johnell vs. C1-LMH (rt)	0.525	0.0001
C1-LMH (lt)	0.287	0.0134
C2-LMH (rt)	0.401	0.0030
C2-LMH (lt)	0.414	0.0002
C1-FA (rt)	0.473	<0.0001
C1-FA (lt)	0.320	0.0056
C1-FA (rt) vs. C1-LMH (rt)	0.272	0.0186
C1-FA (lt) vs. C1-LMH (lt)	0.167	0.0146

Spearman's rank correlation coefficient 有意差あり ; p<0.05

表Ⅱ－５．骨体積とVS進行との関連

	Correlation coefficient	p value
Redlund-Johnnell vs. V-C1	0.499	0.0578
V-C2	0.425	0.1328
V-C1-2	0.418	0.0466
V-C1 vs. V-C2	0.913	<0.0001
V-C1-2	0.972	<0.0001
C1-LMH (rt)	0.533	0.0489
C1-LMH (lt)	0.586	0.0260

Spearman's rank correlation coefficient 有意差あり ; p<0.05

表Ⅱ－６ 腰椎椎体骨強度と各パラメータの関連

v.s. 骨折荷重	Correlation Coefficient	P Value
年齢	-0.390	0.023
RA罹病期間	-0.23	0.897
CRP	-0.151	0.395
DAS-ESR	-0.403	0.018
Redlund-Johnnell value	0.469	0.006
C1-LMH(rt)	-0.109	0.554
C1-LMH(lt)	-0.124	0.499
C1-FA(rt)	0.162	0.376
C1-FA(lt)	0.078	0.670
C2-LMH(rt)	0.378	0.028
C2-LMH(lt)	0.450	0.008
DXA 腰椎	0.285	0.114
DXA 大腿骨	0.256	0.171

CRP;C-reactive protein, DAS;disease activity score, ESR; erythrocyte sediment ratio, LMH;lateral mass height, FA;facet angle, DXA;dual energy X-ray absorptiometry
Spearman's rank correlation coefficient 有意差あり ; p<0.05

表Ⅲ－１ 対象者基本情報

症例	年齢	身長(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	骨折部位	^a 骨折type	^b grade	^c 円背指数(%)
1	76	142	37.0	26.1	L2	2	2	7.8
2	93	138	32.9	23.8	T12	1	3	20.8
3	87	148	42.0	28.4	L2	3	1	13.8
4	74	162	44.0	27.2	T7	2	3	12.8
5	93	150	37.9	25.3	L1	2	3	12.0
6	84	150	49.0	32.7	L2	1	3	9.2
7	80	149	54.0	36.2	L2	2	2	13.8

a Semiquantitative Technique fracture type (0:normal 1:wedge deformity 2:biconcave deformity 3:crush deformity)

b Semiquantitative Technique fracture grade (0:normal 1:mild 2:moderate 3:severe)

c Milne 's method were used (ratio of spinal curve)

表Ⅲ-2 骨量と身体特性の関係

	相関係数(r)	
年齢	0.27	
身長	0.03	
体重	-0.66	
BMI	-0.85	*
骨折グレード	0.47	
円背率	0.19	
VAS	0.34	
Ca	0.00	
ALP	-0.28	

mean ±SD vs 骨量

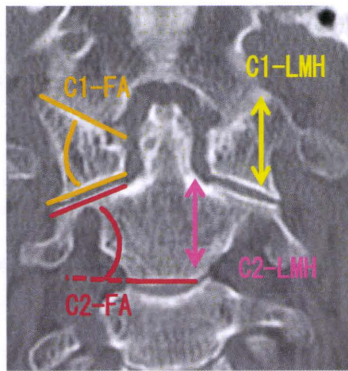
表Ⅲ-3 骨量と背筋筋電図解析項目の関係

		相関係数(r)
積分値	中部胸椎	0.47
	胸腰椎移行部	-0.66
周波数	中部胸椎	-0.74
	胸腰椎移行部	0.08
パワースペクトル面積	中部胸椎	0.82
	胸腰椎移行部	-0.48
反応時間		-0.99 †

mean ±SD vs 骨量
† p=0.084

表Ⅲ-4 骨萎縮度分類別における変数比較

		<3	>=3	
年齢		81±4.7	86±10.9	
身長(cm)		147±3.5	150±12.0	
体重(Kg)		45.5±7.5	38.3±5.5	
BMI(Kg/m ²)		30.8±4.5	25.4±1.7	
Ca		9.4±0.7	9.3±1.2	
ALP		299.7±101.7	235.3±77.1	
背筋筋電図				
積分値(mv·sec)	中部胸椎	53.3±43.8	139.2±22.1	*
	胸腰椎移行部	3.9±3.7	6.3±6.0	
周波数(Hz)	中部胸椎	92.9±16.8	104.4±2.9	
	胸腰椎移行部	83.7±56.2	101.7±22.2	
パワースペクトル面積(cm ²)	中部胸椎	21.0±23.0	118.2±42.9	*
	胸腰椎移行部	0.4±0.4	0.7±0.7	
反応時間(msec)		73.0±58.3	90.3±36.8	



● 環椎外側塊高(C1-LMH)

C1外側塊最大前後径での外側塊下縁から変曲点までの距離。

● 軸椎外側塊高(C2-LMH)

前額断（歯突起長最大面）における椎体下縁から外側塊と歯突起の変曲点までの距離。

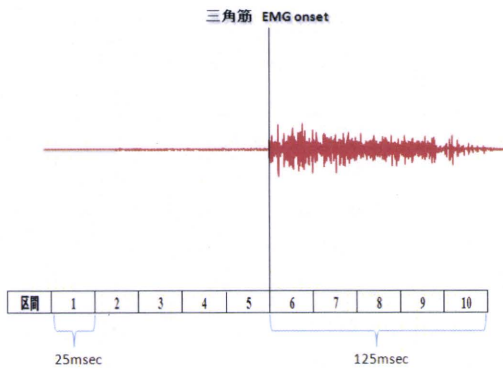
● C1-Facet Angle(C1-FA)

環椎の後頭環椎関節面と外側環軸関節面のなす角

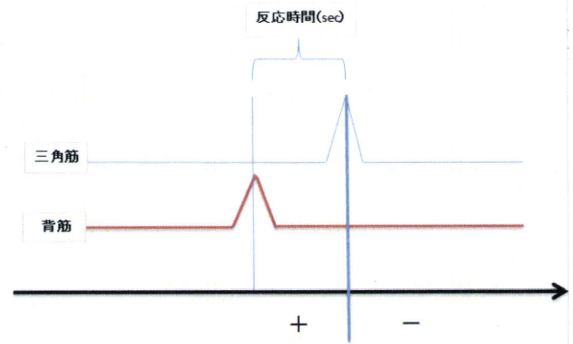
● C2-Facet Angle(C2-FA)

軸椎の外側環軸関節面と歯突起低面のなす角

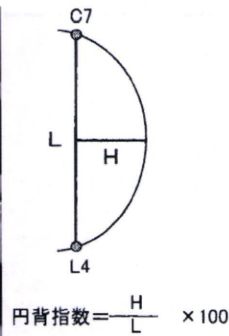
図Ⅱ－1 前額断断層像による計測



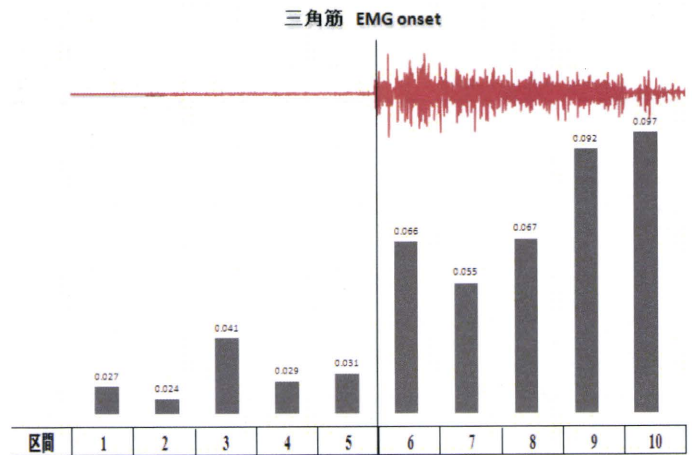
図Ⅲ－1 背筋筋活動反応時間の導出方法
三角筋活動開始を基準にし、基準より前は+msec、後に起こった場合は-msecとした



図Ⅲ－2 三角筋活動開始前後における背筋活動平均振幅 10 区間



図Ⅲ－3 円背指数算出方法



図Ⅲ－4 三角筋活動開始前後における背筋活動の推移

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
定量的CTを用いた有限要素法による骨強度診断法の実用化に関する研究

（分担）研究年度終了報告書

研究者分担者 林 直人

東京大学医学部附属病院コンピュータ画像診断学／予防医学講座 特任准教授

研究要旨 検診受診者CTの骨密度データをのべ4200例収集し、骨強度診断法の解析できる正常者のデータベースを作成した。自動検出してセグメンテーションを行うプログラムを考案し、さらに臨床現場において利用できる画像解析用の共通プラットフォームを開発して試験運用を開始した。

A. 研究目的

1) 定量的CTを用いた有限要素法による骨強度診断法の解析できる正常者のデータベースを作成するために検診受診者CTによる骨密度データの収集すること。

2) 椎体を自動検出するプログラムを開発するために、サンプルCTデータを用いてセグメンテーションを行うための画像処理技術の研究を行うこと。

自動的に同定して抽出するプログラムを開発する。さらにこのプログラムをはじめとする様々な画像解析プログラムを実行できる共通プラットフォーム構築する。

（倫理面での配慮）

検診自体を研究として倫理申請し、受診者からは文書による承諾書を取得している。

B. 研究方法

1) 東大病院コンピュータ画像診断学／予防医学検診部門において、検診受診者のPET/CTの撮像の際に骨量ファントムを腰～股関節部に置いて撮像して、解析用のCTデータの収集を行う。同時に超音波法による骨量定量のデータも収集する。

2) 全身CTのデータから椎体レベルを

C. 研究結果

1) 2010年12月時点で延べ4200例の骨量データを収集した。この間に撮像の工夫として腰椎の分析に要する高解像度データを作成しかつ股関節の分析に必要な撮像範囲がカバーできるようにした。さらに骨量ファントム設置方法の工夫により撮像アーチファクトを低減することに成功した。