

令和 2 年 5 月 11 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17643

研究課題名(和文)CT画像を用いた椎体の形態解析による年齢推定法の検討

研究課題名(英文)Age estimation by vertebral body observation using CT images

研究代表者

千葉 文子 (Chiba, Fumiko)

千葉大学・大学院医学研究院・講師

研究者番号：90724972

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：CT画像を用いて胸椎及び腰椎を観察し、年齢推定の回帰式を検討した。最大骨棘から椎体辺縁に下ろした垂線の長さをもとに骨棘形成の程度(P)を0から5の6段階に分類し、各椎体のPの和をscore P、最大のPをmax Pとした。score Pを説明変数とした際の回帰式は男性で $y = 0.4124x + 31.169$ ($R^2 = 0.7417$)、女性で $y = 0.5152x + 31.809$ ($R^2 = 0.787$)で、max Pを説明変数とした時は男性で $y = 9.6855x + 21.334$ ($R^2 = 0.7869$)、女性で $y = 9.9613x + 23.424$ ($R^2 = 0.7849$)であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現代日本人の胸椎・腰椎の骨棘をCTで観察し年齢推定式を検討した。CTを用いた検討はこれまでになく新規性が高いと同時に、解剖前CTが普及している本邦の法医学実務においても有用性が期待できると考えられる。またmax Pによる回帰式は従来法と異なり最も骨棘が発達した1椎体の計測のみで年齢推定が可能である点は非常に簡便であると考えられる。さらに今回の検討では40歳代以上では骨棘形成の開始を認めるなど、推定式に加えて年齢推定の幅を狭めるためのカットオフ値としての有用性についても示唆された。

研究成果の概要(英文)：The thoracic and lumbar vertebrae were observed using CT images, and the regression equations for age estimation were examined using the osteophytes of thoracic and lumbar vertebra. The degree of osteophyte formation; P, was classified into six grades, from 0 to 5, based on the length of the perpendicular line from the maximum osteophyte down to the vertebral edge. A single regression analysis to determine age with the sum of P in each vertebral body (score P) and maximum P (max P) showed a relatively good correlation.

The regression equation when "score P" was the explanatory variable were $Y = 0.4124X + 31.169$ ($R^2 = 0.7417$) for males and $Y = 0.5152X + 31.809$ ($R^2 = 0.787$) for females, and when "max P" was the explanatory variable were $Y = 9.6855X + 21.334$ ($R^2 = 0.7869$) for males and $Y = 9.9613X + 23.424$ ($R^2 = 0.7849$) for females.

研究分野：法医学

キーワード：法医学 法人類学 年齢推定 椎骨 胸椎 腰椎 CT

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

骨の形態学的特徴からの年齢推定は個人識別に必要であり、コンピュータ断層撮影(CT)の普及に伴い、近年 CT 画像を用いた法人類学的検討による年齢推定の検討が報告されているが、成人、特に中年以降についてはいまだ確実な年齢推定法はない。本邦において、年齢推定は主に身元不明者の個人識別に利用され、身元不明者における未成年者の割合は低く成人の年齢推定が重要になってくる。若年者においては歯牙の萌出や歯根形成の観察による比較的正確な年齢推定が可能であるが、成人、特に中年以降の正確な年齢推定は現在も困難な状況にある。中年以降、老年期に顕著に見られる骨の形態的变化として骨棘の形成や圧迫骨折などの椎体の変形がよく知られており、椎体の変形に伴う脊柱の変化も多く観察されるが、しかし、文献的な検索では骨棘の形成等の椎体の変化による年齢推定の検討で、特に非若年者に関する研究は極めて少なく、日本人における検討は1 報告 (Watanabe S, Terazawa K. Leg Med(Tokyo). 2006;8:156-160.)のみであり、CT を用いた研究はこれまでになかった。

2. 研究の目的

脊柱を構成する椎体には骨棘の形成や圧迫骨折などの加齢性変化が現れることは広く知られているが、椎体を利用した年齢推定の方法は、現在確立され広く用いられる方法はない。一方で、法医学実務においては椎体に著明な骨棘の形成を認めた場合には高齢であることが予測される場面が多く存在するものの、これを裏付ける文献的証拠が不十分であることから主観的な印象による評価に止まらざるをえない。椎体骨の形態的变化の検討は、特に本邦で需要の高い中年以降の年齢推定に寄与する可能性があり、実務的にも重要性の高い課題である。年齢推定や性別判定などの法人類学的評価には、人種間の差を考慮する必要があるが、日本人における椎体の検討は今まで一報告しかない(Watanabe S, Terazawa K. Leg Med(Tokyo). 2006;8:156-160.)。また、評価には解剖時の脊椎前面からの肉眼的観察と触診を用いているが、椎体骨全体の評価はなされていない。個々の椎体の剖出は、脊椎の破壊を伴い、また人体の柱となる脊柱は各種靭帯により強く結合されており、多数の症例における椎体の評価が困難であるという背景が考えられる。本研究では CT 画像情報を用いることで椎体全体の観察・評価を行い、年齢推定に応用可能かどうか検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 予備的検討

個々の椎骨の形態的变化

年齢性別既知の男女各 30 事例について、加齢性変化を来しやすいとされる下部胸椎から上部腰椎(第 9 腰椎から第 2 腰椎)を用いて予備的検討を行った。

二次元再構成画像上での椎体加齢性変化の評価項目の検討のために、以下の計測を行い、散布図を書き、単回帰分析を行った。

< 予備的検討項目 >

* 椎体上下面に平行な面では以下の項目を検討した。

- ・ 椎体前後径(mm)
- ・ 左右最大径(mm)
- ・ 骨棘形成を認めた際は最大突出部から椎体辺縁に下ろした垂線の長さ(p)(mm)
- ・ 椎体辺縁の骨棘形成範囲の目視評価分類

(形成なし; 0, 25%未満; 1, 25%以上 50%未満; 2, 50%以上 75%未満; 3, 75%以上; 4)

* 椎体下面に平行な面を軸位断とした際の冠状断では以下の項目を検討した。

- ・ 椎体上下面それぞれでの左右最大径(mm)
- ・ 左右最短径(mm)

* 椎体下面に平行な面を軸位断とした際の矢状断では以下の項目を検討した。

- ・ 椎体上下面それぞれの最大前後径(mm)
- ・ 椎体前後の最短径(mm)
- ・ 椎体前方(A)、中央(C)、後方(P)それぞれの上下径(mm)

更に、A、C、P を用いて圧迫骨折の有無を判定した。

$A/P < 0.75$ 、 $C/A < 0.8$ または $C/P < 0.8$ 、A、C、P が上下椎体と比較し 20%以上減少のいずれかを満たすものを圧迫骨折とし、圧迫骨折があるものを $F = 1$ 、ないものを $F = 0$ とし、各椎体における F の和を score F とした。

また、冠状断及び矢状断では以下も評価した。

・ 上下に隣接する椎体が骨棘同士で癒合するブリッジングの有無(B)について、ないものを $B = 0$ 、高度に進展を認め上下椎体の骨棘が接するが癒合が完成していないものを $B = 1$ 、骨性の癒合が完成しているものを $B = 2$ とし、各椎体における B の和を score B とした。

骨棘形成を含む椎体の形態変化により、椎体の前後径や左右径、さらに前後径と左右径の比や、左右径や前後径の最大値と最小値の比に変化をきたすことが当初予想されたが、検討の結果いずれも年齢と有意な相関を認めず、年齢推定に有用ではないことが示唆された。

一方、骨棘長(p)を用いた計測では、各椎体の p の和を scoreP とすると年齢と比較的良好な相関が得られたものの、p の検査者間誤差が有意に大きく rTEM が 10% を超える値となり、再現性の確保が困難であった。圧迫骨折を評価した score F、ブリッジングを評価した score B については score P には劣るものの比較的良好な相関が示唆された。

各椎骨の相互の位置関係の評価

一方、個々の椎骨の三次元的形態を評価するための予備的段階として、CT 再構成画面上で椎骨の抽出を試みた。骨棘が形成され、また、圧迫骨折が形成される椎体部を評価するために椎弓部を除去しての評価を試みたが、CT 三次元画像上で椎弓と椎体を手動で分離し、なおかつ再現性を保つことは困難であった。さらに、高度の骨棘形成を伴う椎体は互いに骨性に癒合を認めていることもあり、個々の椎骨を分離して三次元画像上での評価を行うことは予備的検討の時点で困難と判断した。

(2) 本検討

2009 年 12 月から 2018 年 8 月の間に当教室で法医解剖を実施した 20 歳以上の日本人 250 事例について検討した。内訳は男性 125 例 (20 歳から 95 歳、平均 51 ± 22 歳) 女性 125 例 (20 歳から 91 歳、平均 52 ± 21 歳) であった。除外基準として、高度死後変化、焼損、骨の観察に影響をきたしうる既知の先天奇形や疾病、骨折を伴う外傷を設定した。

全例で解剖前に全身死後 CT を撮影した。撮影機器は 16 列 MDCT (Eclis; Hitachi, Ltd., Tokyo, Japan) を用い、コリメーション 1.25 mm、再構成間隔 1.25 mm で撮影した。ワークステーション (Synapse Vincent; Fujifilm Medical, Tokyo, Japan) を用い、任意断面再構成画像を作成し、ハードフィルターを用いてウィンドウレベル 450 HU、ウィンドウ幅 1500 HU で、胸椎及び腰椎について観察した。

< 評価項目 >

各椎体の上下面をそれぞれ椎体面に平行な任意断面で観察し、最も突出する骨棘から椎体辺縁に下ろした垂線の長さ(p)を計測し、以下のようにカテゴリー分類した。

P = 0	骨棘の形成を認めない。
P = 1	骨棘形成の開始を認めるが、骨棘最大突出部から下ろした垂線の長さ(p)が 2 mm 未満
P = 2	2 mm $p < 4$ mm
P = 3	4 mm $p < 6$ mm
P = 4	6 mm $p < 8$ mm
P = 5	8 mm p

胸椎及び腰椎の P の和を score P、最大の P を max P、最小の P を min P とした。

予備検討と同様に各椎体の B の和を score B、各椎体の F の和を score F とし、観察した椎体での最大の B を max B とした。

ランダムに抽出した 30 例を用いて検査者間誤差を検討した。P、B、F の 係数はそれぞれ 0.9946 (椎体上面) 及び 0.9920 (椎体下面)、0.9541、0.9333 と 0.9 を上回る値であった。

これらの評価項目についてそれぞれ年齢を y 軸に取った散布図を書いた。

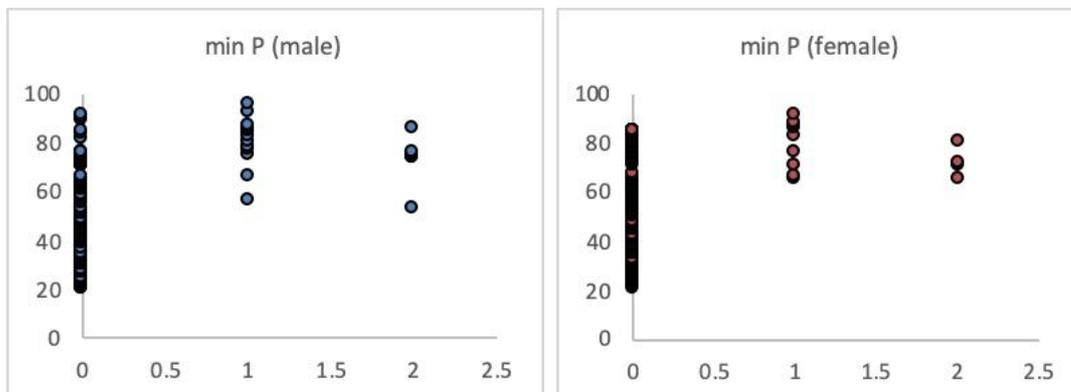
Score P, max P, min P, score B, score F については年齢を目的とする単回帰分析を行った。統計処理は Microsoft excel を用い、 $p < 0.05$ を有意とした。

4. 研究成果

(1) 散布図に基づく検討

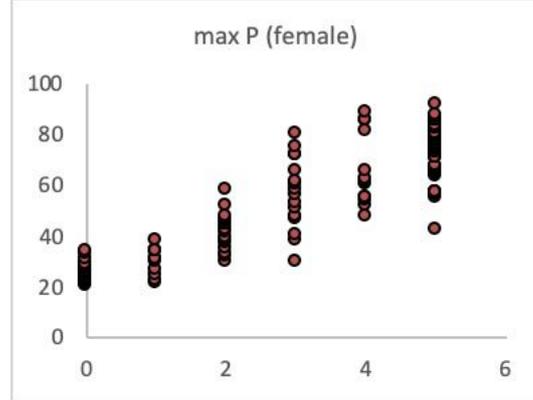
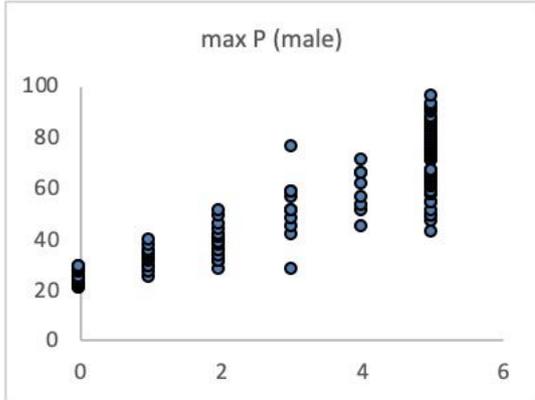
・ min P

男女とも最大で 2 であった。0 の値を取る最大の年齢は男性で 91 歳、女性で 85 歳であった。



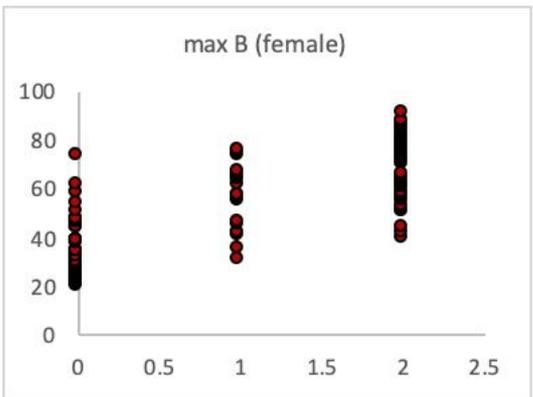
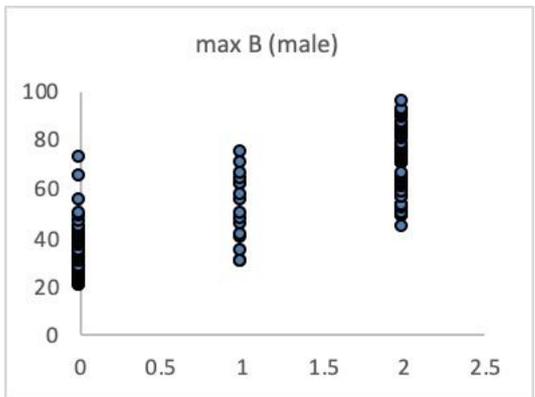
・ max P

- 0 : 最大は男性で 28 歳、女性で 34 歳であった。
- 1 : 最小は男性で 24 歳、女性で 21 歳、最大は男性で 39 歳、女性で 38 歳であった。
- 2 : 最小は男性で 27 歳、女性で 29 歳、最大は男性で 50 歳、女性で 58 歳であった。
- 3 : 最小は男性で 27 歳、女性で 38 歳、最大は男性で 58 歳、女性で 80 歳であった。
- 4 : 最小は男性で 44 歳、女性で 47 歳、最大は男性で 70 歳、女性で 88 歳であった。
- 5 : 最小は男性で 48 歳、女性で 55 歳であった。



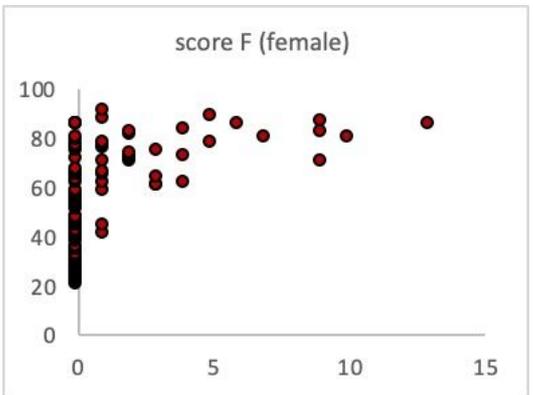
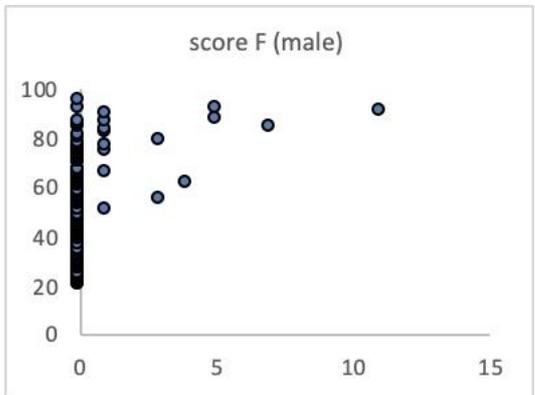
・ max B

- 0 : 最大は男性で 72 歳、女性で 74 歳であった。
- 1 : 最小は男性で 30 歳、女性で 21 歳、最大は男性で 75 歳、女性で 76 歳であった。
- 2 : 最小は男性で 44 歳、女性で 29 歳であった。



・ score F

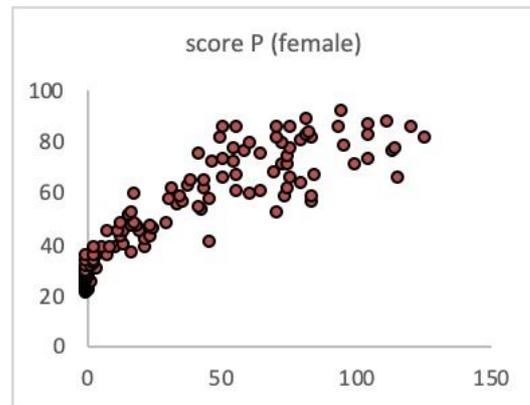
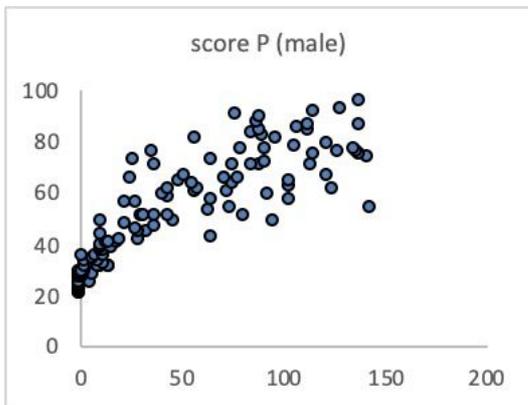
- 0 の値を取る最大の年齢は男性で 95 歳、女性で 85 歳であった。



(2) 単回帰分析

単回帰分析の結果、score P と max P が年齢と比較的良く相関し、 R^2 は男性では max P が、女性では score P がわずかに高い結果となった。男女とも score B より max B の方が R^2 が高い結果が得られた。min P、score F は男女ともに年齢との相関の程度は低かった。

説明変数	性別	回帰式	R ²	p 値
score P	男性	$y = 0.4124x + 31.169$	0.7417	$p < 0.01$
	女性	$y = 0.5152x + 31.809$	0.787	$p < 0.01$
max P	男性	$y = 9.6855x + 21.334$	0.7869	$p < 0.01$
	女性	$y = 9.9613x + 23.424$	0.7849	$p < 0.01$
min P	男性	$y = 20.175x + 46.821$	0.2213	$p < 0.01$
	女性	$y = 17.591x + 49.72$	0.1242	$p < 0.01$
score B	男性	$y = 1.7831x + 38.332$	0.582	$p < 0.01$
	女性	$y = 2.0416x + 39.699$	0.5915	$p < 0.01$
max B	男性	$y = 19.028x + 31.981$	0.6704	$p < 0.01$
	女性	$y = 18.539x + 34.018$	0.6501	$p < 0.01$
score F	男性	$y = 5.6172x + 48.789$	0.1314	$p < 0.01$
	女性	$y = 4.6374x + 47.586$	0.2468	$p < 0.01$



(3) 主な成果

現代日本人の胸椎・腰椎の骨棘を CT で観察し、年齢推定式を検討した。

CT を用いた検討はこれまでになく、新規性が高いと同時に、解剖前 CT が普及している本邦の法医学解剖実務においても有用性が期待できると考えられる。

また、max P による回帰式は従来法と異なり、最も発達した骨棘について 1 椎体の計測のみで年齢推定が可能である点は非常に簡便であると考えられる。

min P の検討からは骨棘形成がない椎体を持つ (min P = 0) 80 歳以上の高齢者がいた。

score F の検討からは圧迫骨折がない (score F = 0) 80 歳以上の高齢者がいることが示された。

max P の検討では以下の傾向があった。

- ・ 骨棘形成の開始を全く認めない (max P = 0) 40 歳代のものはいなかった
- ・ 明瞭な骨棘の形成 (max P = 2) は男女とも 20 歳代後半で認められた
- ・ 高度の骨棘の形成 (max P = 5) は 40 歳代後半頃から認められた

これらの結果については指標は直接的な年齢推定を行うものではなく、また、事例数の問題からカットオフ値としてそのまま利用することは難しいものの、今までに同様の報告はなく、年齢推定の幅を狭めるのに有用な情報であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----