

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 27 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26870097

研究課題名(和文)CT画像を用いた頭蓋縫合及び恥骨結合の評価による年齢推定法の検討

研究課題名(英文)Age estimation by estimation of cranial suture and pubic symphysis using computed tomography

研究代表者

千葉 文子 (Chiba, Fumiko)

千葉大学・医学(系)研究科(研究院)・特任助教

研究者番号：90724972

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：死体の個人識別のために、年齢推定は重要であり、骨の観察は古くから年齢推定的手段として用いられてきた。しかし、骨の観察による年齢推定の確実な手段は、特に成人死体においては現在も確立されていない。法医学領域でCTの導入が進んでいるが、CT画像を用いた人類学的な骨の評価は現在研究が進められている分野である。本研究では、恥骨結合をCTで観察し、恥骨結合面の中央で、左右恥骨が平行になる部分が加齢に伴い増加する傾向にあることを示した。直線回帰分析による年齢推定式を求めたが、従来法より優れたものではなかった。また、通常の法医解剖では観察が困難である口蓋縫合の観察も試みた。

研究成果の概要(英文)：Age estimation is one of the most valuable methods used in the identification of human remains. Macroscopic assessment of bone has been used for age estimation, however, it also presents one of the greatest challenges particularly in the case of adult remains. Over the past few years, the use of computed tomography (CT) has been developed in forensic medicine, and there are several reports of forensic anthropological assessment by using CT images. In this study, we observed pubic symphysis and indicated that the pubic bone length of parallel division at the center of the pubic symphysis tend to increase with age at death. Linear regression analysis was performed to estimate age at death, however, it was not superior to traditional method. We also tried to observe palatine sutures, which are difficult to observe in regular forensic autopsy.

研究分野：法医学

キーワード：法医学 年齢推定 死後CT 恥骨結合

1. 研究開始当初の背景

(1) 法医学領域における個人識別

本邦における身元不明死体数は年間約 1,000 体であり、身元の判明率も他の先進国と比べて低い特徴がある。例えば、航空機事故等、乗客リストが存在し、対照とする個人が判明しており、さらにその個人(または血縁者)の DNA サンプルが入手可能な場合には、DNA 検査は確定診断の手段として非常に有用であるが、そうでない場合には年齢推定を含む、生物学的特徴の推定は個人識別に必要不可欠である。従って、法医学領域において個人識別は死因究明と同時に非常に重要な一分野であるということが出来る。骨は加齢に伴い形態的变化を来すことが知られており、歯牙と同様に古くから年齢推定の手段として利用されてきた。具体的には、骨端線の癒合の進行や、頭蓋縫合が加齢に従って閉鎖すること、恥骨結合面の形態的变化等の肉眼的観察によって評価されてきた。歯牙を用いた鑑定では、思春期以前の若年者については比較的正確な年齢推定が可能だが、思春期以降はその限りでない。従って、特に思春期以降の成人の場合においては、確実な年齢推定の手法は未だに確立されておらず、現在でも活発に研究が続けられている分野である。

(2) 法医学におけるコンピュータ断層撮影(CT)

臨床医学において CT は既に広く普及しているが、ここ数年で本邦の法医学領域においても CT の導入が進んでおり、死因究明の一手段として運用され始めている。非破壊検査であり、また気胸や気腫をはじめとする気体の評価や、骨折の評価に優れている等の様々な利点があり、今後死因診断に重要なツールとなる事が予想され、現在、既に一部の施設では日常的に死後 CT の撮影が行われている。一方、年齢推定や性別推定などの法人類学領域でも、CT、MRI、超音波検査など機器の発達に伴い、近年これらの画像検査を用いた年齢推定の研究が、主に古典的診断基準の再評価という形でなされ始めている[1-5]。

(3) CT を用いた人類学的骨評価

従来の肉眼解剖においては、骨の観察には筋肉や腱などの軟部組織の除去が必要不可欠であったが、これは時間と労力を要するものである。また、研究資料として評価・再検討を行うことを目的に、法医解剖に付された骨の保存を行うことには倫理的な問題も発生する。非破壊検査である CT を用いての骨の評価が可能であれば、骨の剖出に係る時間及びコストの削減が可能になる。さらに、骨そのものではなく、画像情報として管理するため、保存スペースを要せずに半永久的に保存することが可能になるため、データの収集、分析を格段に容易にすると予想される。そこで、申請者は頭蓋縫合の 1 つである矢状縫合を用いて、CT で評価が可能であるか検討し、結

果として縫合の閉鎖の程度と年齢に正の相関関係がある事を示した[6]。CT による骨評価の利用可能性が示されたことを受け、本研究では、対象とする検討部位を増やし、年齢推定に利用可能であるか検討したいと考えた。

2. 研究の目的

(1) 恥骨結合の評価

骨盤骨は性差による形態的变化が最も大きく現れ、性別推定に非常に重要であり、同時に加齢性変化も来す年齢推定にも利用されるため、個人識別の観点から非常に重要な骨である。骨盤骨による年齢推定では、恥骨結合面の形態(凹凸や隆起等)を評価する Suchey-Brooks 法が比較的精度が高いとされており、現在でも広く使われている。今までに多列検出器 CT 画像を用い作製した三次元再構成画像で、骨表面の形態を評価する試みが報告されているが、三次元再構成画像は用いる画像処理ソフトの使用する関数の差により、得られる画像に差が生じると考えられる。一方で、二次元画像での評価については知る限りで報告がなかったため、二次元画像で骨の形態を評価することを目的とした。また、CT を用いて、骨盤の構造を非破壊的に観察することで、人体内における立体構造を保った状態での各部位の距離や角度の計測が可能となると考えられる。恥骨結合関節における骨表面の変化は、同時に線維軟骨のサイズや形態変化を伴う事が予想されるが、従来の肉眼観察では正確な観測は困難であり、今まで十分な検討はされてこなかった。今回、CT を用いる事により、軟部組織の観察、計測も同時に可能となると考えられる。従って、本研究においては CT 画像による恥骨結合の骨および軟部組織の形態の評価を行い、統計学的処理を用いて年齢推定に応用可能かどうか検討することを第一の目的とした。

(2) 口蓋縫合の評価

頭蓋骨は複数の骨からなり、加齢に応じて縫合が癒合することが知られている。推定範囲の誤差の問題から、頭蓋縫合単独で年齢推定を行うことは困難であるとされているが、重要な年齢推定法の一手段である。多列検出器 CT では、空間分解能の問題から三次元再構成画像で外板、内板の評価をするのは困難であるが、申請者は以前、矢状縫合を用いて縫合断面を観察し、閉鎖の程度を評価することが可能であることを示した[6]。本研究においては、切歯縫合や正中口蓋縫合、横口蓋縫合など、解剖学的位置より通常の司法解剖では肉眼的観察が困難な口蓋縫合の観察を行い、年齢推定に応用可能かどうか検討することを第二の目的とした。

(3) 本研究の学術的な特色

年齢推定は法医学の重要な鑑定事項である。骨評価による年齢推定が、CT 画像で肉眼観察と同程度以上に行うことが可能であれ

ば、将来的に時間、コストの両面を削減可能であり、評価基準を定めるための検討である本研究には学術的価値が高い。また、従来の軟部組織を除去する骨の肉眼観察では、恥骨結合の軟部組織部分の検討が不可能であり、CTを用いた検討は新規性が高く学術的価値が高い。また、CTによる非破壊的な観察は立体構造を保った観察を可能にするため、2種類以上の骨同士立体的位置関係の把握も可能となると考えられる点が特色と考えられる。

3. 研究の方法

(1) 事例、撮影方法

年齢及び性別が既知の日本人の司法解剖事例199例(男性95例、平均49.9歳、標準偏差25.3歳、女性104例、平均57.6歳、標準偏差22.5歳)を対象とし、解剖開始前に撮影する全身死後CT画像データを用いて検討した。除外基準として、評価対象となる骨、縫合、及び関節の形態変化を伴う事が予想される、骨折を含むすべての損傷、疾病、死後変化、及び先天異常を設定した。なお、選択する事例は、性別、年齢に偏りがないように調製した。16列CTを用い以下の撮影条件で撮影(コリメーション幅1.25mm、再構成間隔1.25mm、管電圧120kV、管電流200mA、ローテーションタイム1r/s)し、ワークステーションを用いて任意断面再構成画像を作成した。得られた画像は、ウインドウ幅1800HU、ウインドウレベル600HUで観察した。

(2) 恥骨結合面の観察

遺体を仰臥位の状態で撮影し、解剖学的な軸位断と冠状断で、恥骨結合面の中心を観察した。軸位断においては、恥骨結合上端と下端のスライスから等距離のスライスを中心とし、以下の図1(A)に示すパラメーターを計測した。

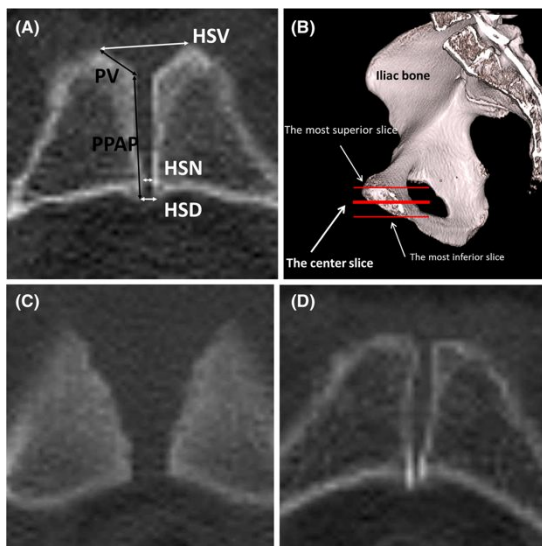


図1.(A)軸位断画像。

PPAP, 恥骨結合の前後方向における平行部分の長さ; PV, 恥骨結合の腹側部分の長さ; HSV, 腹側端における軟部組織の水平方向の長さ; HSN, 最狭部における軟部組織の水平

方向の長さ; HSD, 背側端における軟部組織の水平方向の長さ。

(B)軸位断を示す三次元画像例。

(C)若年者の例(14歳女性)。

(D)高齢者の例(79歳女性)。

冠状断においては恥骨結合前端と後端のスライスから等距離のスライスを中心とし、以下の図2(A)に示すパラメーターを計測した。

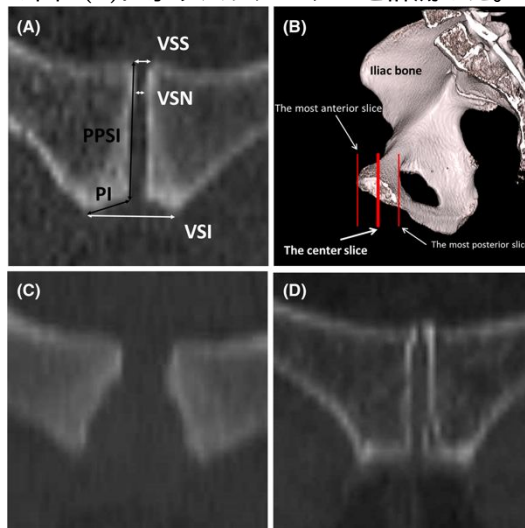


図2.(A)冠状断画像。

PPSI, 恥骨結合の上下方向における平行部分の長さ; PI, 恥骨結合の足側部分の長さ; VSS, 上端における軟部組織の垂直方向の長さ; VSN, 最狭部における軟部組織の垂直方向の長さ; VSI, 下端における軟部組織の垂直方向の長さ。

(B)冠状断を示す三次元画像例。

(C)若年者の例(14歳女性)。

(D)高齢者の例(79歳女性)。

(3) 統計処理

計測したパラメーターと死亡時年齢の相関の程度を調べるためにピアソンの積率相関係数を計算し、決定係数を求めた。相関係数を比較するのにフィッシャーのZ検定を用いた。最も強い相関を示したパラメーターについて直線回帰分析を行った。非正規分布を示すデータの比較のために、マンホイットニーU検定とウィルコクソン検定を用いた。また、各パラメーターの測定値の検査者内誤差と検査者間誤差を測定した。

P値0.05未満を統計学的に有意とした。

統計学的処理には統計ソフトRを用いた。

(4) 口蓋縫合の観察

遺体の頭頸部を以下の条件で撮影(コリメーション幅0.625mm、再構成間隔0.625mm、管電圧120kV、管電流200mA、ローテーションタイム1r/s)し、ワークステーションを用いて任意断面再構成画像を作成した。得られた画像はウインドウ幅1800HU、ウインドウレベル600HUで観察した。切歯縫合、横口蓋縫合、正中口蓋縫合を、それぞれ同一のスライスで表示するよう角度を調整した。

4. 研究成果

(1) 恥骨結合の評価

恥骨結合における、恥骨の平行部分

(PPAP, PPSI)の長さは死亡時年齢と正の相関を認め(図3、表1)、平行でない部の恥骨の長さ、軟部組織の厚さは年齢と負の相関を認めた(図4、表1)。加齢により、恥骨結合面において、骨が平行となる部分の長さが増加し、軟部組織の幅が減少する傾向にあることが示された。PPSIが最もよい相関を示したため、線形回帰分析を行った。

回帰式による推定年齢の95%予測区間は、男女で±38.1歳、男性で±34.3歳、女性で±36.2歳であった。

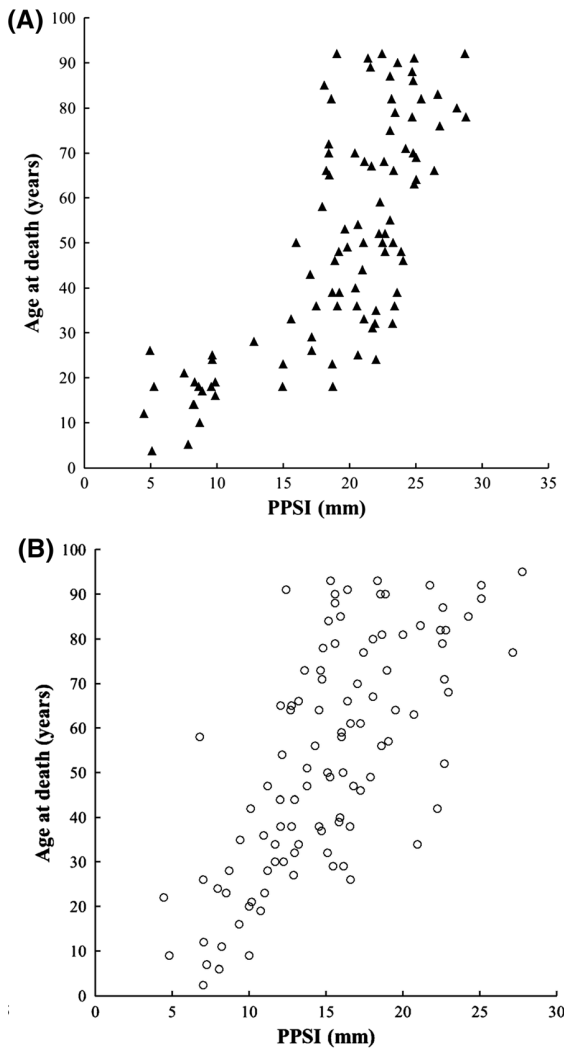


図3. 恥骨結合の上下方向における平行部分の長さ(PPSI)と死亡時年齢の散布図。(A)男性、(B)女性

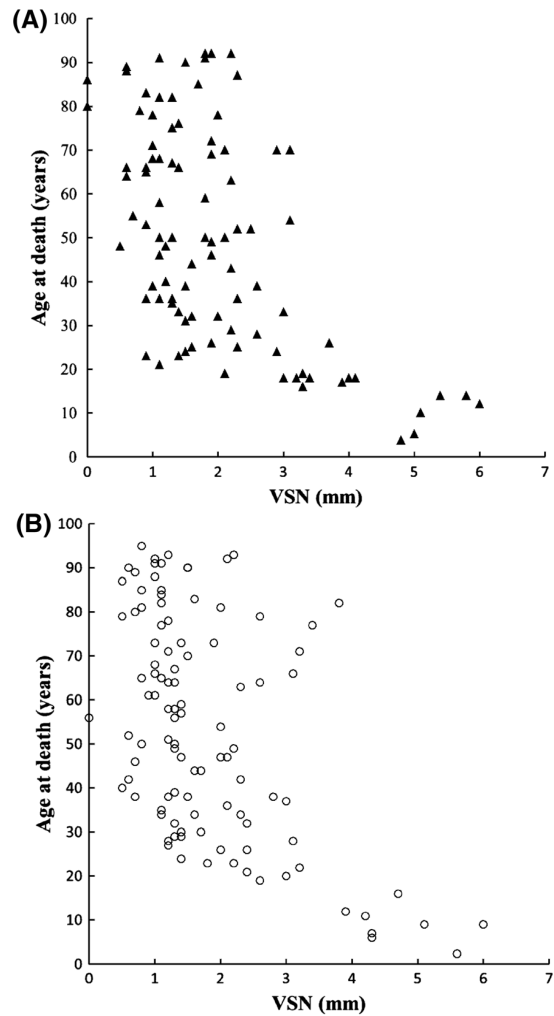


図4. 最狭部における軟部組織の垂直方向の厚さ(VSN)と死亡時年齢の散布図。(A)男性、(B)女性

各パラメーターの相関係数及び決定係数は以下の通りであった。相関係数のP値は全て0.001未満であった。また、計測値の検査者内誤差及び検査者間誤差は有意なものではなかった。

	相関係数			決定係数		
	総	男	女	総	男	女
PPAP	0.40	0.57	0.22	0.16	0.32	0.05
PV	-0.53	-0.54	-0.51	0.28	0.29	0.26
HSV	-0.43	-0.45	-0.41	0.18	0.20	0.17
HSN	-0.47	-0.45	-0.48	0.22	0.20	0.23
HSD	-0.32	-0.32	-0.28	0.088	0.10	0.08
PPSI	0.66	0.74	0.70	0.43	0.55	0.50
PI	-0.45	-0.48	-0.43	0.20	0.23	0.18
VSS	-0.48	-0.52	-0.45	0.23	0.27	0.20
VSN	-0.56	-0.59	-0.53	0.32	0.35	0.28
VSI	-0.30	-0.45	-0.23	0.09	0.20	0.05

表1.

(2) 口蓋縫合の評価

CT再構成画像を用いることで、通常の司法解剖では描出困難な口蓋縫合を観察することに成功した。

口蓋を構成する骨は比較的薄いことから、任意断面再構成画像で縫合を観察するのにある程度の習熟が必要であった。これに加えて、再現性のある縫合閉鎖の程度の評価基準の設定が研究期間内に完成できなかったため、統計学的評価を行う段階には至らなかった。評価方法の確立と、死亡時年齢との関連性の評価は今後の課題である。

<引用文献>

Wade A, Nelson A, Garvin G, Holdsworth DW, Preliminary radiological assessment of age-related change in the trabecular structure of the human os pubis, *J Forensic Sci*, vol.56, 2011, 312-319

Aboshi H, Takahashi T, Komuro T, Age estimation using microfocus X-ray computed tomography of lower premolars, *Forensic Sci Int* vol. 200, 2010, 35-40

Bassed RB, Briggs C, Drummer OH, Analysis of time of closure of the sphenoccipital synchondrosis using computed tomography, *Forensic Sci Int*, vol.200, 2010, 161-164

Moskovitch G1, Dedouit F, Braga J, Rougé D, Rousseau H, Telmon N, Multislice computed tomography of the first rib: a useful technique for bone age assessment, *J Forensic Sci*, vol.55, 2010, 865-870

Dedouit F, Bindel S, Gainza D, Blanc A, Joffre F, Rougé D, Telmon N, Application of the Iscan method to two- and three-dimensional imaging of the sternal end of the right fourth rib, *J Forensic Sci*, vol.53, 2008, 288-295

Chiba F, Makino Y, Motomura A, Inokuchi G, Torimitsu S, Ishii N, Sakuma A, Nagasawa S, Saitoh H, Yajima D, Hayakawa M, Odo Y, Suzuki Y, Iwase H, Age estimation by multidetector CT images of the sagittal suture, *Int J Legal Med*, vol.127, 2013, 1005-1011

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2件)

千葉 文子、榎野 陽介、本村 あゆみ、猪口 剛、鳥光 優、石井 名実子、久保 祐子、安部 寛子、咲間 彩香、永澤 明佳、斉藤 久子、矢島 大介、早川 睦、三浦 みゆき、岩瀬 博太郎、Age estimation by quantitative features of pubic symphysis using multidetector computed tomography, *International Journal of Legal Medicine*,

査読有、vol. 128, 2014, pp. 667-673.

千葉 文子、榎野 陽介、本村 あゆみ、猪口 剛、鳥光 優、石井 名実子、咲間 彩香、永澤 明佳、斉藤 久子、矢島 大介、早川 睦、大土 由里子、鈴木 洋一、岩瀬 博太郎、Age estimation by multidetector CT images of the sagittal suture, *International Journal of Legal Medicine*, 査読有、vol. 127, 2013, pp. 1005-1011.

[学会発表](計 4件)

Age estimation by quantitative features of the pubic symphysis. The 9th International Symposium on Advances in Legal Medicine (ISALM). Fukuoka International Congress Center (Fukuoka, Fukuoka), 2014, June, 16-20

Age estimation by quantitative features of the pubic symphysis. 第98次日本法医学会学術全国集会、福岡国際会議場(福岡・福岡)、2014年6月16日～20日

Age estimation by multidetector CT images of pubic symphysis. 第67回日本人類学会大会、国立科学博物館 筑波研究施設(筑波・茨城)2013年11月1日～4日

Age estimation by cross-section CT images of sagittal suture. 第96次日本法医学会学術全国集、アクトシティ浜松(静岡・浜松)2012年6月7日～9日

6. 研究組織

(1)研究代表者

千葉 文子 (CHIBA, Fumiko)

千葉大学 大学院医学研究院 特任助教

研究者番号：90724972