

令和 5 年 5 月 6 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06870

研究課題名(和文)CT及びマイクロCTを用いた大腿骨の形態及び内部構造の観察による年齢推定法の検討

研究課題名(英文)Age Estimation using CT and Micro-CT observation of the morphology and internal structure of the femur.

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) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：三次元再構成画像では大腿骨頭窩表面の再現性が保てず、年齢推定への応用は困難であった。任意断面再構成画像を用いて先行研究に準じて独自に再設定した修正フェーズ分類を行ったところ、フェーズ0は男性19歳以下、女性25歳以下と比較的若年者に限られ、加齢に伴いフェーズが増加する傾向あったが、しかしフェーズ5が男性40歳代、女性20歳代と比較的低い年齢層でも観察され、また比較的低いフェーズ2が男女とも70歳代でも認められたことなどから、任意断面再構成画像上でのフェーズ分類による年齢推定法の確立は困難と判断した。工業用X線CTを用いて皮質骨を撮影し、オステオン様の構造が観察可能であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回の検討では新たなCT画像を用いて大腿骨頭窩を評価する年齢推定法の確立を目的としていたが、これは達成されなかった。近年、法人類学領域では従来行われていた骨の形態の肉眼的観察をCT三次元再構成画像で代替して評価する試みが複数報告されているが、三次元再構成画像に用いた再構成関数やその再現性について評価した報告は非常に少ない。本研究は三次元再構成画像で比較的繊細な構造を評価する際の問題点を明確に示した点で学術的意義があるものと考えられる。また、工業用X線CTを用いて骨皮質のオステオン様構造が観察可能なことを示し、今後の検討課題を明らかにしたものである。

研究成果の概要(英文)：The CT three-dimensional reconstructed images could not accurately reproduce the surface image of the femoral head fossa, and its application to age estimation was difficult. The modified phase classification was originally redefined based on previous studies using multi planar reconstruction (MPR) images. Phase 0 was limited to relatively young people (males aged under 19 and females aged under 25), and the number of phases tended to increase with age. Although the phase 5 was observed in males in their 40s and females in their 20s, and the relatively low phase 2 was observed in both males and females in their 70s, it was concluded that it would be difficult to establish an age estimation method based on phase classification on MPR images. Cortical bone was imaged using industrial X-ray CT, and osteon-like structures could be observed.

研究分野：法医学

キーワード：法医学 法人類学 年齢推定 大腿骨 CT

1. 研究開始当初の背景

身元不明遺体などの個人識別には年齢・性別・身長推定などによる **Biological profile** の作成に代表される法人類学的検討が必要である。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、法医学実務上重要である。一般に年齢推定は骨の成長や加齢に伴う変化の観察によってなされ、特に加齢に伴う変化には個人差が大きいため思春期以降の成人、特に中年以降の正確な年齢推定法は確立されていない。しかし実務上年齢推定が必要になるのは中年以降、比較的高齢者が多い状況があり、現在も持続している。

骨の形態的観察に基づく **Biological profile** の作成には、古くから様々な骨が検討されてきた。一般的に性別判定には頭蓋骨や骨盤骨が、年齢推定には若年者では歯牙の萌出状況が、成人では恥骨結合面が、身長推定には四肢の長幹骨が適しているとされてきたが、しかし部分遺体や遺体の損傷によって評価に適した部位が利用できない場合もあり、様々な骨を用いての法人類学的評価を検討する必要がある。大腿骨は大きな骨であり比較的残存しやすく、身長推定に有用な長幹骨であり、法人類学的に重要な骨の一つであったが、性別判定においても比較的高い正診率を持つことが示されてきた。大腿骨を用いた年齢推定が可能になれば、1つの骨で **Biological profile** の推定が可能になり、実務上も有用であると考えられる。骨形態の観察による年齢推定法としては、恥骨結合面の観察による **Suchey-Brooks 法 (S-B 法)** が最も信頼性が高いとされており、四肢骨の形態観察による年齢推定はほとんど報告がなかったが、日本国内では、**2000** 年代後半に大腿骨頭窩の観察による年齢推定が可能であり、**S-B 法** と同等程度の精度を持つ可能性があるとする報告が坂上らによりなされた。

一方、骨内部構造の観察による年齢推定法については、これまで主に組織切片による皮質骨の観察や、断面における肉眼的な骨髓腔の観察が検討されてきたが、断面の肉眼的評価は実用的でないとする報告もあり、決まった評価は得られていなかった。また、加齢に伴い骨密度の減少や骨梁構造の破綻が生じることは広く知られているものの、これらを用いた死亡時年齢推定法の検討はされていなかった。

2. 研究の目的

年齢・性別・身長推定などの法人類学的検討には様々な骨が用いられるが、大腿骨は比較的残存しやすく身長推定や性別判定に有用な、法医学実務上重要な骨の一つである。しかし、大腿骨の形態的評価による年齢推定の報告はほとんどされてこなかった。大腿骨を含む四肢骨の加齢性の形態的变化については、骨幹部の径の拡大や髄腔の拡張などが加齢に伴って出現する傾向にあるとの報告が複数あるが、年齢推定に応用した英文報告は今までになく、晒骨を用いた大腿骨頭窩の観察によるフェーズ分類が有用だとする和文報告や学会議事録が少数あるのみであった(坂上, 日本法医学雑誌. **2007;61:95**, 山田ら, 法医学の実際と研究. **2009;52;11-16**)。これによれば年齢推定で一般に最も有用とされる恥骨結合面による評価法 (**S-B 法**) と同等程度の精度を持つ可能性があるとする一方で、評価には熟練者の教育による習熟が必要であることや、肉眼観察のための軟部組織除去作業による損壊の影響を受けるとの限界が提示されている。しかし、同部位を用いた海外での報告は文献検索の結果認められず、年齢推定への応用可能性は示唆されるも実務上応用可能な水準に達しているとは言い難い状況であった。

現在、撮像技術の発達により高解像度の画像情報を得ることが可能になり、骨の表面や骨梁など

骨の微細構造が立体構造も含めて評価可能になってきていることから年齢推定への応用可能性があると考えられるが、これを検討した報告は今までにない。**CT** 画像を用いることで、非破壊的な観察が可能になると同時に、骨頭窩の形態を連続する断面像で観察することで、骨頭窩縁の骨隆起の程度など、より定量的で再現性の高い評価を行える可能性があると考えられた。さらに、従来の **CT** 画像では解像度の問題で評価は不可能であった、骨梁や骨皮質のオステオンの観察が高解像度のマイクロ **CT** を用いることにより観察・評価できる可能性も考えられた。

本研究では、司法解剖時に得られた死後 **CT** 画像や採取した大腿骨片のマイクロ **CT** 画像を用いて、大腿骨頭窩の形態及び大腿骨の内部微細構造を検討し、大腿骨の画像情報が年齢推定に応用可能性があるかどうか検討することを目的とした。

3 . 研究の方法

法医解剖前に全身を撮影された死後 **CT** データを用いた。年齢性別が既知の事例を選択し、高度死後変化や大腿骨の損傷や手術歴を伴う事例を除外した。

先行研究(坂上, 日本法医学雑誌. 2007;61:95)の大腿骨頭窩のフェーズ分類 (**P1**~**P5**)に準拠した分類が **CT** 画像上可能かどうか検討した。先行研究の分類では大腿骨頭窩の形状や、骨頭窩辺縁の形態を骨隆起の程度に従って **line**, **ridge**, **stout ridge** の 3 種に分類し、辺縁の骨隆起の程度や周囲の **nodule** 状の骨隆起の観察が用いられた。三次元再構成画像と任意断面再構成画像の両方で検討するために、骨頭窩辺縁に注目した以下の修正分類(**mP**)を設定した。**mP1**: 大腿骨頭に明瞭な窩は形成せず、辺縁に線状の隆起である **line** がないか、あっても不連続な部分がある / **mP2**: 大腿骨頭窩辺縁が連続した **line** として観察され、幅 **0.5 mm** の隆起である **ridge** は認めない / **mP3**: 大腿骨頭窩辺縁 に一部 **ridge** を認めるが、幅 **1 mm** 以上の **stout ridge** は認めない / **mP4**: 全ての大腿骨頭窩辺縁に **ridge** を認め、一部に **stout ridge** を認める / **mP5**: 大腿骨頭窩辺縁に **stout ridge** を認め、また、骨性の結節 **nodule** を認める。または **nodule** 同士の癒合により窩全体が隆起する、または骨吸収により大腿骨頭窩が多孔質として観察される、のいずれか。また、微細構造評価の予備検討として、より高い分解能を持つ工業用 **X** 線 **CT** を撮影し、皮質骨を観察した。研究計画当初は海綿骨の構造評価を目的としていたが、撮影可能なサイズへのトリミングが困難であったため海綿骨は研究対象から除外した。

4 . 研究成果

男性 **199** 例 (**11-99** 歳、平均 **51.27** 歳、標準偏差 **21.43** 歳)、女性 **177** 例 (**11-101** 歳、平均 **46.7** 歳、標準偏差 **22.98** 歳) の画像を収集した。使用した **CT** は **16** 列 (**Eclos**、日立、東京、日本) 及び **64** 列 (**Supria Grande**、フジフィルムヘルスケア株式会社、東京、日本) の多列検出器型 **CT** で、撮影条件はコリメーション **1.25 mm**、管電圧 **120 k V**、管電流は **200 mA** (**Eclos**) 及び **250 m A** (**Supria Grande**) で撮影した。撮影した画像はワークステーション (**SYNAPSE VINCENT**、フジフィルム、東京、日本) を用いて観察した。

三次元再構成画像の観察は、ワークステーション既存テンプレートのうち、骨表面が描出される一般フォルダの骨_001、四肢フォルダの四肢_002 に加え、手動で調整し保存した **Template1**、**Template2** を用いて比較検討した。骨表面の形態観察が最もしやすかった四肢_002 においても、三次元再構成画像状では著明な **ridge** が観察され **mP4** や **mP5** と分類された事例について任意断面再構成画像を用いて確認したところ、分類が一致する場合もあるものの大腿骨頭窩の辺縁が明らかな隆起として観察されない **mP1** である事例が多発し、最終的に三次元再構成画像で安定した骨表面の観察は困難と判断された。

任意断面再構成画像については、骨頭窩を中心とした同心円状に、再構成間隔を 2° で再構成し、**1** 事例につき **90** 枚を観察した。その結果、辺縁の連続性を評価する **line** や **ridge** の評価は任意断面再構成画像では困難であった。そこで連続性の評価を排し、修正分類をさらに調整し、以下の分類を用いて検討した。**mP0'**：骨頭窩の辺縁がなだらかで、明らかな隆起を伴う断面がない / **mP1'**：**line** の形成があるが、幅 **2 mm** の隆起である **ridge** を持つ断面がない / **mP2'**：幅 **2 mm** の隆起である **ridge** がある / **mP3'**：幅 **4 mm** 以上の隆起である **stout ridge** がある / **mP4'**：大腿骨頭窩辺縁に骨性の結節 **nodule** を認める / **mP5'**：骨性の結節 **nodule** により骨頭窩が隆起する。また、任意断面再構成画像では骨吸収により大腿骨骨頭窩の皮質骨の大半が欠損して観察される従来分類の **P5** の一部に分類されるものを **mP6'** と再分類した。その結果、加齢に伴いフェーズ分類が増加する傾向が男女ともに観察された。**mP0'** が観察されたのは男性で **11** 歳から **19** 歳、女性で **11** 歳から **25** 歳と比較的若年者に認められるものであった。しかし **mP5'** と高いフェーズが男性 **40** 歳代、女性 **20** 歳代と比較的低い年齢層でも観察され、また **mP2'** と比較的低いフェーズが男女とも **70** 歳代でも認められたこと、さらに同一個体内においても左右の大腿骨頭で **mP2'** と **mP5'** と異なる分類になる事例が散見されたことから、任意断面再構成画像上でのフェーズ分類による年齢推定法の確立は困難と判断した。任意断面再構成画像での観察では海綿骨の性状や、従来年齢推定に用いられてきた骨髓腔の高さは評価困難であった。一方で、大腿骨頭窩の直下の性状である骨皮質の肥厚や菲薄化、嚢胞様の空洞形成など、従来観察されていなかった部分の評価が可能である可能性が示唆され、今後の検討課題になりうると考えられた。

工業用 **X** 線 **CT** を用いて皮質骨を撮影し、オステオン様の構造が観察可能であった。組織学的に同一構造を観察しているかどうかの評価は、同一検体での切片作成が困難であったため評価不能であった。

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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------