

大腰筋と腸骨筋の筋走行モデルに基づく腸腰筋認識の初期検討

神谷 直希[†] 周 向荣[‡] 村松 千左子[‡] 原 武史[‡] 加藤 博基^{†‡} 東 華岳^{‡‡}

横山 龍二郎[‡] 姜 慧研^{†‡‡} 松尾 政之^{‡‡‡} 藤田 広志[‡]

[†] 愛知県立大学情報科学部情報科学科 〒480-1198 愛知県長久手市茨ヶ廻間 1522-3

[‡] 岐阜大学大学院医学系研究科再生医科学専攻知能イメージ情報分野 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

^{†‡} 岐阜大学附属病院放射線科 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

^{‡‡} 産業医科大学医学部第1解剖学講座 〒807-8555 福岡県北九州市八幡西区医生ヶ丘 1-1

^{†‡‡} 中国東北大学ソフトウェア学部 中国瀋陽市

^{‡‡‡} 岐阜大学大学院医学系研究科放射線医学分野 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

E-mail: [†] n-kamiya@ist.aichi-pu.ac.jp

あらまし 超高齢社会の現在，骨格筋量の維持や強化が注目されている．本研究では，歩行や姿勢の維持に関係する腸腰筋を対象とする．腸腰筋は，大腰筋と腸骨筋で構成され，既に筆者らが個別に認識を実現した．ここでは，解剖学的に関連する2つの筋の同時認識を行い，互いの筋の走行モデルが認識に与える影響を自動認識実験により明らかにした．腸腰筋の認識精度は73.1%であった．複合認識により，部位間の接合部において認識精度の改善が確認された．今後は，医師との連携を強化し，筋の複合認識に必要な複合モデルに取り組む．

キーワード 大腰筋，腸骨筋，腸腰筋，筋走行モデル，CAD

Preliminary Study on Automated Recognition of Iliopsoas Muscle Based on Muscle Direction Model of Psoas Major and Iliac Muscle

Naoki KAMIYA[†] Xiangrong ZHOU[‡] Chisako MURAMATSU[‡] Takeshi HARA[‡]

Hiroki KATO^{†‡} Kagaku AZUMA^{†‡} Ryujiro YOKOYAMA[‡]

Huiyan JIANG^{†‡‡} Masayuki MATSUO^{‡‡‡} and Hiroshi Fujita[‡]

[†] Department of Information Science and Technology, School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University 1522-3 Ibaragabasama, Nagakute, Aichi, 480-1198 Japan

[‡] Department of Intelligent Image Information, Graduate School of Medicine, Gifu University 1-1 Yanagido, Gifu, 501-1194 Japan

^{†‡} Department of Radiology Service, Gifu University Hospital 1-1 Yanagido, Gifu, 501-1194 Japan

^{‡‡} Department of Anatomy, School of Medicine, University of Occupational and Environmental Health 1-1 Iseigaoka, Yahatanishi-ku, Kitakyushu, Fukuoka, 807-8555 Japan

^{†‡‡} Software College, Northeastern University, Shenyang, China

^{‡‡‡} Department of Radiology, Graduate School of Medicine, Gifu University 1-1 Yanagido, Gifu, 501-1194 Japan

E-mail: [†] n-kamiya@ist.aichi-pu.ac.jp

Abstract In the current super-aged society, strategies to maintain and strengthen the skeletal muscles have attracted attention. The focus of this study was the iliopsoas muscle in relation to walking ability and postural maintenance. The iliopsoas muscle is composed of the psoas major and iliac muscles. In this study, we simultaneously recognize these two muscles based on our previous method. We clarified the usefulness of the muscle direction model in the identification of each muscle. The recognition accuracy for the iliopsoas muscle was 73.1%. For complex recognition, the model improved recognition accuracy in the junction between each of the aforementioned muscles. In the future, a model for complex recognition of muscles needs to be developed.

Keywords Psoas major muscle, Iliopsoas muscle, Iliac Muscle, Muscle Direction Model, CAD

1. はじめに

わが国の高齢化率は、2014年に26.0%となり、増加を続けるが、総人口は2011年から4年連続で減少している [1]. このように、超高齢社会に突入している現状では、日常的に介護を必要としないで自立した生活ができる生存期間である健康寿命の延伸と生活の質(QoL)の向上が望まれる.

高齢者が寝たきりとなる原因の一つに、転倒による骨折が挙げられる. 転倒の原因は様々であるが、転倒による不慮の事故は交通事故を上回るとされる [2]. また、転倒により外傷を受けたものは、受傷前に比べ、移動能力や要介護度が優位に悪化することも明らかとなっている [3]. そのため、わが国では、2000年より「21世紀における国民健康づくり運動(健康日本 21)」が厚生労働省(現厚生省)により策定された. そこでは、特に、骨格筋量の維持・増進が施策として盛り込まれている [4]. この施策は、2013年より健康日本 21(第2次)として改定され、現在も継続中である. このように、高齢社会の到来とともに骨格筋の重要度は高まり、健康維持の指標として、骨格筋量が注目されている [5].

本研究は腸腰筋を対象とする. 腸腰筋は大腰筋と腸骨筋で構成され、股関節の屈曲や体幹の屈曲に作用する. 大腰筋と腸骨筋の関連は高く、高齢者の歩行能力との関連が示されている [6]. 我々は、非造影の体幹部 CT 画像を対象とした骨格筋の部位別認識技術を開発してきた [7]. 特に、本研究の対象とする腸腰筋の構成要素である大腰筋と腸骨筋はそれぞれ形状モデルに基づく手法で認識を実現した [8-9]. これらは、それぞれの筋を個別にモデリングし、認識する手法であり、腸腰筋のように複数の筋で構成される筋については、その手法の特性が検討されていなかった. よって、ここでは、大腰筋と腸骨筋の2つの筋を同時に認識することで、どのような結果が得られるか明らかにする. 特に本研究の対象とする大腰筋と腸骨筋では、超音波を用いた筋厚と筋力の関係の計測が行われていたが、大腰筋と腸骨筋の筋力は有意な相関が認められないため、同時に筋厚測定が望まれている [10].

以上のように、本研究では、大腰筋と腸骨筋の筋走行モデルを利用し、腸腰筋の認識の初期検討を行う. 大腰筋と腸骨筋を同時に腸腰筋として認識することで、腸腰筋全体の面積、体積、形状等の定量的な解析が期待できる.

2. 方法

体幹部 CT 画像における筋の走行モデルに基づく腸腰筋の自動認識手法について述べる. 処理の流れを図 1 に示す. 本研究では、入力画像として、非造影の体幹部 CT 画像と体幹部 CT 画像から濃淡値により認識

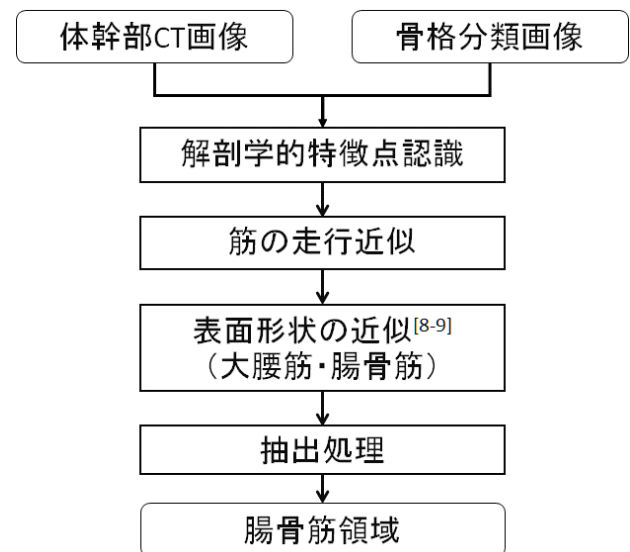


図 1 腸腰筋自動認識の流れ

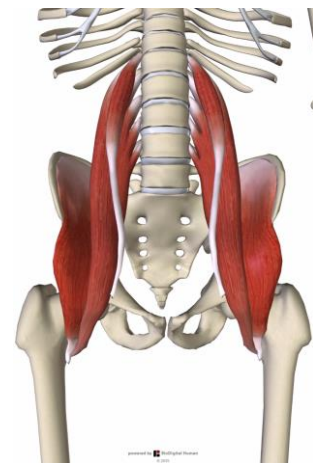


図 2 腸腰筋の定義 [13]

された骨格領域を自動的に分類した骨格分類画像 [11] を用いる. 本研究では、筆者らの提案した、2つの筋の自動認識法 [8-9] を同時に利用した場合の効果を考察する. そのため、処理手順は上記の文献と同様である. 図 2 に腸腰筋を構成する大腰筋と腸骨筋の解剖を示す [12]. 胸椎、腰椎より接続している筋が大腰筋、腸骨より接続している筋が腸骨筋である.

まず、骨格筋は解剖学的に起始・停止の2箇所に着目するため、それらを解剖学的位置特徴として、計算機上では、ランドマーク(Landmark: LM)として自動的に認識する. 次に、得られた LM を接続し、筋の走行を近似する筋走行モデルを得る. そして、この筋走行モデルに対し、筋の輪郭を表現する筋の表面形状モデルを当てはめる. 最後に、筋走行モデルと形状モデルより得られる位置・濃淡、形状情報を用い、筋領域の精密抽出を行う. 以下にそれぞれの詳細を述べる.

表 1 腸腰筋の解剖学的起始・停止と計算機上の LM 位置

大腰筋	解剖学上の定義	計算機上の LM 位置
起始	第 12 胸椎	←
	第 1 腰椎	第 1 腰椎肋骨突起
	第 2 腰椎	第 2 腰椎肋骨突起
	第 3 腰椎	第 3 腰椎肋骨突起
	第 4 腰椎	第 4 腰椎肋骨突起
停止	大腿骨小転子	筋裂孔の重心
腸骨筋	解剖学上の定義	計算機上の LM 位置
起始	腸骨の外唇	腸骨外唇上 1 点
停止	大腿骨小転子	←

2.1. 解剖学的特徴点の認識

腸腰筋の解剖学的起始・停止の定義 [13]と対応する計算機上の LM の認識位置を表 1 に示す。他の骨格筋と同様に、腸腰筋を構成する大腰筋と腸骨筋には起始・停止となる骨格筋の付着部位が解剖学的に定義されている。ここでは、計算機上における解剖学的特徴点を LM として定義し、表 1 に示す LM を左右それぞれ認識する。起始・停止の定義および図 2 より明らかなように、大腰筋と腸骨筋は停止が共通であり、ともに別の筋であるが、腸腰筋として 1 つと捉えられることも理解できる。それぞれの LM は、入力画像である骨格分類画像を用い、LM の認識対象となる骨格を認識選択し、その骨格上から自動的に認識を行う [8-9]。

2.2. 筋の走行近似

筋の走行近似では、前節で認識した起始・停止の LM を互いに接続し、計算機上で骨格筋の走行を模擬する芯線として利用する。大腰筋は起始の 5 点と停止を結ぶため、5 本の芯線が得られる。腸骨筋は特徴的な走行を有するため、起始・停止間を曲線近似により結ぶ。ここでは、前節で認識された起始・停止の LM に加え、腸骨筋中部に筋線維の湾曲の特徴を表現する新たな特徴点を設定し、この 3 点をスプライン曲線により曲線補間し、線維の模擬走行曲線を得る [9]。

図 3 に腸腰筋の筋走行モデルを示す。同(a)は前面より表示、同(b)は左前面より表示した。図 2 の腸腰筋の解剖学的定義図と比較し、2 つの筋の走行がともに近似表現されていることが分かる。

2.3. 表面形状の近似と抽出処理

ここでは、従来法 [8-9]と同様に、それぞれの筋のモデルを前節で求めた筋の走行モデル上に作成する。図 4 に図 3 と同一症例における腸腰筋の 2 つのモデルを

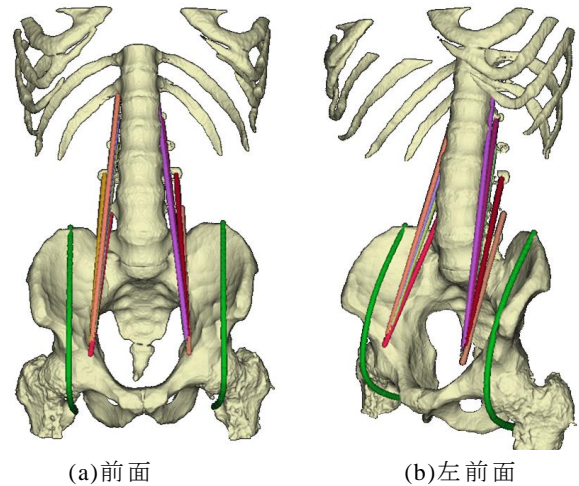


図 3 腸腰筋の筋走行モデル

示す。同(a)が前面から、同(b)は左側面からの表示である。この領域を初期領域とし、領域拡張法によりそれぞれの筋の領域を得る。

3. 実験と結果

本研究では、512×512[pixel]、スライス枚数 802-1104[slice]で構成される非造影体幹部 CT 画像 10 症例を用いる。いずれも骨格筋領域に所見の無い症例である。医師の指導により作成した画像を正解画像とし、Jaccard の類似係数を用い、一致率により評価を行った。

平均一致率、再現率、適合率はそれぞれ 73.1%であった。図 5 に認識結果の一例を示す。同(b), (d)より、大腰筋と腸骨筋のみの領域では、従来法同様に認識ができていた。また、同(c)より、大腰筋と腸骨筋が接続する部位においては、腸腰筋領域として正しく認識されていることが分かる。

4. 考察

腸腰筋の認識結果の平均一致率は 73.1%となり、比

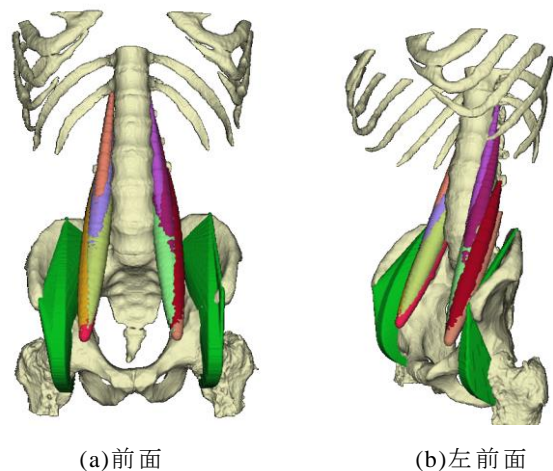


図 4 腸腰筋の形状モデル

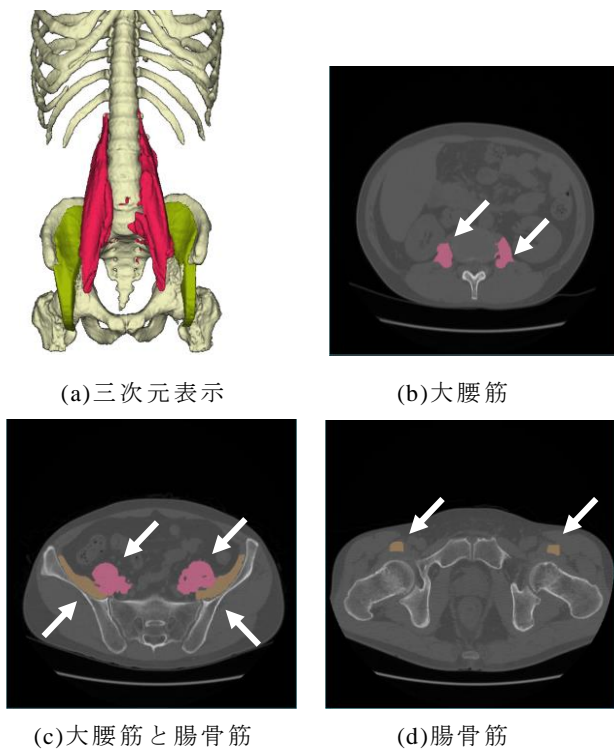


図5 腸腰筋の認識結果

較的良好な結果を得た。特に、筋走行モデル上に配置された2つの形状モデルが接する部分(図5(c))においても、2つの筋の同時認識による一致率の低下は発生しておらず、良好に認識を実現した。一方、認識率低下の原因は従来法における未抽出・過抽出部位に存在しており、具体的には、大腰筋と腸骨筋の下部に存在している。これは、今回は、大腰筋の形状モデルを従来法と同様にしているため、LMが筋裂孔の重心となっていることに起因すると考えられる。そのため、腸骨筋の停止位置で使用した大腿骨小転子を大腰筋の停止のLMとすることで、大腰筋と腸骨筋の下部領域の接合部においても図5(c)同様に認識精度の向上が可能と考えられる。いずれにしても、筋の走行モデルを使用した筋の認識は筋の走行を正しくモデリングできており、骨格筋の認識には、筋のLM、走行および形状モデルの3つの要素が重要と考える。

5. まとめ

本研究では、体幹部CT画像における腸腰筋の解析を目的とした、大腰筋と腸骨筋の同時自動認識を行った。大腰筋と腸骨筋の筋走行モデルを利用し、腸腰筋領域の認識を行った。大腰筋と腸骨筋の2つの筋が接する部分においても筋走行モデルと筋走行モデル上の形状モデルは有効に機能した。このことから、骨格筋認識において、LMと筋走行モデルが認識の初期の初

期手順として妥当であると考えられる。

今後は、大腰筋の停止LMを腸骨筋の停止LMと統合し、形状モデルを再構築することによる認識精度の変化について検証する。また、得られた腸腰筋領域内における大腰筋と腸骨筋領域の関係から、筋相互の機能解析へ発展させる予定である

謝辞

本研究の一部は、文部科学省研究費補助金(新学術領域研究26108005)およびJSPS科研費(若手研究(B)15K21588)により行われました。

文献

- [1] 内閣府, 平成27年度版高齢社会白書, 2015.
- [2] 大高洋平, “高齢者の転倒予防の現状と課題,” 日本転倒予防学会誌, vol.1, no.3, pp.11-20, 2015.
- [3] 饗場郁子, 齋藤由扶子, 吉岡勝, 松尾秀徳, 藤村晴俊, 乾俊夫, 川井充, 飛田宗重, 千田圭二, 金子真理子, 松田直美, 玉腰暁子, “要介護者における転倒による重篤な外傷の発生頻度および特徴～医療・介護を要する在宅患者の転倒に関する多施設共同前向き研究(J-FALLS)～,” 日本転倒予防学会誌, vol.2, no.1, pp.19-33, 2015.
- [4] 厚生労働省, “21世紀における国民健康づくり運動(健康日本21),” 2014.
- [5] 下方浩史, 安藤富士子, “日常生活機能と骨格筋量、筋力との関連,” 日本老年医学会誌, vol.49, no.2, pp.195-198, 2012.
- [6] 小口理恵, 牧迫飛雄馬, 加藤仁志, 石井芽久美, 古名丈人, 島田裕之, 地域在住高齢者における運動内容と身体組成、運動機能の関連について, 理学療法科学, vol.23, no.6, pp.705-710, 2008.
- [7] 神谷直希, “体幹部非造影CT画像における骨格筋の全自動認識—現状と将来像—,” 医用画像情報学会誌, vol.31, no.2, pp.32-35, Aug.2014.
- [8] N. Kamiya, X. Zhou, H. Chen, C. Muramatsu, T. Hara, R. Yokoyama, M. Kanematsu, H. Hoshi, and H. Fujita, “Automated segmentation of psoas major muscle in X-ray CT images by use of a shape model: Preliminary study,” Radiological Physics and Technology, vol.5, no.1, pp.5-14, Jan.2012.
- [9] 神谷直希, 安藤嘉基, 周向榮, 陳華岳, 村松千左子, 原武史, 藤田広志, “体幹部CT画像における筋線維の走行に基づく腸骨筋の自動認識法の開発,” 信学技報(MI2014-65)(2015-03), vol.114, no.482, pp.63-66, 2015.
- [10] 小栢進也, 池添冬芽, 市橋則明, “超音波法を用いた股関節屈筋群の筋厚測定信頼性および筋厚と筋力との関係,” 第46回日本理学療法学会大会, EaOI1043, 2011.
- [11] X. Zhou, T. Hayashi, M. Han, H. Chen, T. Hara, H. Fujita, R. Yokoyama, M. Kanematsu, and H. Hoshi, “Automated segmentation and recognition of the bone structure in non-contrast torso CT images using implicit anatomical knowledge”, Proc. SPIE, 7259, 72593S. doi:10.1117/12.812945,2009.
- [12] BioDigital, Inc, BioDigital Human, human.biodigital.com, Dec.2015.
- [13] Tja Books, Human Anatomy, 2009.