

原著

CT 解析による本邦成人仙腸関節の形態

潘 宣超 高山 景範 柴田 靖章 伊藤 博元

日本医科大学整形外科教室

Morphologic Analysis of Japanese Adult Sacroiliac Joint Using Computed Tomographic Images

Xuanchao Pan, Akinori Takayama, Yasuaki Shibata and Hiromoto Ito

Department of Orthopaedic Surgery, Nippon Medical School

Abstract

Purpose: To study the relationship of angles in adult sacroiliac joints (SJ) with laterality, age, gender, degeneration, childbearing in different locations.

Methods: The study was performed in 92 healthy Japanese adult volunteers (46 males and 46 females, aged 21 ~ 86 years) who had no low back complaints. Axial computed tomographic (CT) images were obtained using an X-VIGOR apparatus (Toshiba Medical Inc. Japan). The angle measurements were taken directly using soft NIH Image 1.61 (Scion Inc. USA). We examined possible factors. Statistical evaluation was calculated using t-test by soft SPSS (SPSS Inc. Japan).

Results: Our findings indicated that SJ angles had no relationships with laterality, gender. But from upper part to lower part, the average of SJ angle was $7.61^{\circ} \pm 8.7^{\circ}$; $5.16^{\circ} \pm 7.3^{\circ}$; $-0.85^{\circ} \pm 7.3^{\circ}$ respectively in the left and $6.56^{\circ} \pm 9.4^{\circ}$; $4.10^{\circ} \pm 7.2^{\circ}$; $-2.30^{\circ} \pm 7.0^{\circ}$ in the right. The difference is significant between lower part and upper-middle part ($P < 0.05$).

Conclusion: Our results provided new anatomic and morphological data for better understandings of SJ in the clinic work. (J Nippon Med Sch 2003; 70: 416-421)

Key words: Japanese adult, sacroiliac joint, computed tomography, angle

緒言

仙腸関節は体幹からの荷重を下肢に伝達する滑膜関節で、骨盤環の要をなし、起立位で生活する人類にとって重要な機能を有している。その生体力学的構造上の不合理を補うために周囲の強固な靭帯結合によって支持されているが、仙腸関節への負荷ないし異常が腰仙部に強い機械的ストレス刺激となり、臨床上演義の腰痛発生の一因をなすと考えられている。しかし、仙腸関節に関する研究はこれまで系統解剖学、組織病理学、生体力学的な研究が多く¹⁻⁵、その臨床形態学に関

する知見は極めて少ない。

我々は仙腸関節の形態解明を目的として、Computed tomography (CT) を用いて本邦成人仙腸関節面の角度を計測した。また、その計測値に影響を与えらると思われる因子について統計学的検討を行った。

研究対象及び方法

1. 対象

対象は感染、外傷、rheumatoid arthritis (RA) などの基礎疾患がなく、腰仙部に愁訴のない本邦成人ボランティア 92 例 184 関節である。性別は男性 46 例、

Correspondence to Xuanchao Pan, Department of Orthopaedic Surgery, Nippon Medical School, 1-1-5, Sendagi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8603, Japan

E-mail: panxuanchao@nms.ac.jp

Journal Website (<http://www.nms.ac.jp/jnms/>)

Table 1 The distribution of age and gender on study subjects (n = 92)

| Age (years) | < 30 | 30 ~ 39 | 40 ~ 49 | 50 ~ 59 | 60 ~ 69 | 70 | Total |
|---------------|------|---------|---------|---------|---------|----|-------|
| Male | 6 | 9 | 9 | 9 | 6 | 7 | 46 |
| Female | 7 | 5 | 5 | 9 | 12 | 8 | 46 |

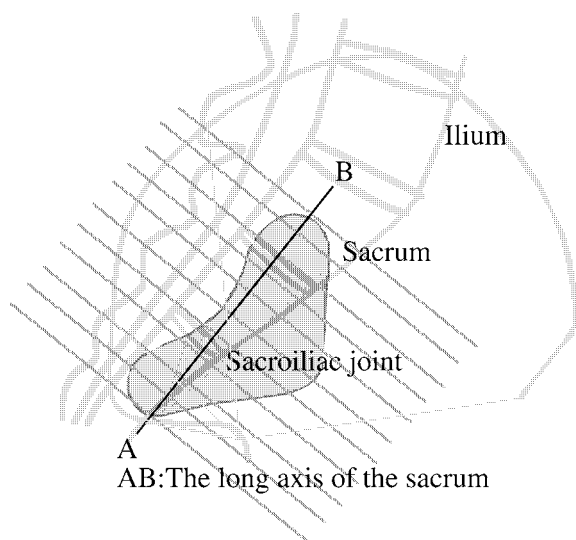


Fig. 1 The method of CT scans of pelvis. The scans were taken nearly perpendicular to the long axis of the sacrum by scout view with a slice thickness of 5 mm.

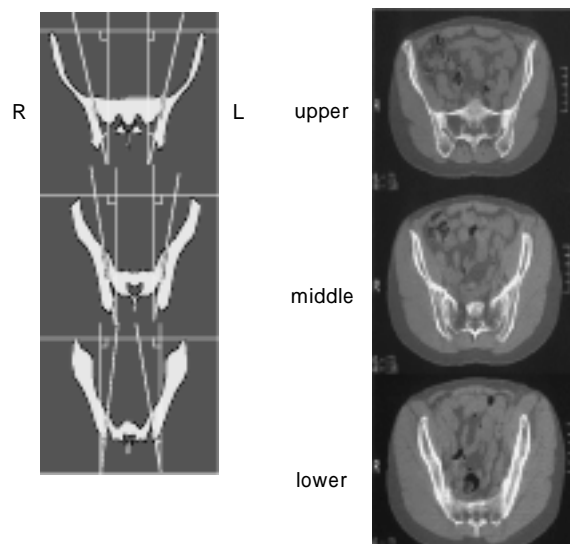


Fig. 2 The measurement of SJ angle in different locations (from upper part to lower part)

女性 46 例で、年齢は 21 ~ 86 歳 (平均 51.0 歳) である。対象の内訳は 20 代 13 人、30 代 14 人、40 代 14 人、50 代 18 人、60 代 18 人、70 歳以上 15 人で、選定には年齢、性別が均等になるように配慮した (Table 1)。

2. 方法

(1) CT 撮影

使用した機種は東芝社製 CT X-VIGOR で、撮影時の体位は仰臥位とし、仙骨長軸に対し垂直となるようにガントリーに 20 ~ 25 ° の傾きをつけ、スライス厚 5 mm で 12 ~ 15 スライス骨盤 CT 横断像を連続撮影した (Fig. 1)。

(2) 仙腸関節の角度の計測

骨盤 CT 横断像から仙腸関節を上部、中部、下部と均等に 3 分割し、各部分の最も上位のスライスの画像を仙腸関節上部、中部、下部とした。選択した各部位のスライスは腸骨の前方両端に線を結ぶ線分の垂線と仙腸関節のなす角度を左右各々ソフト NIH Image 1.61 (Scion Inc. USA) にて計測した (Fig. 2)。矢状面に対し外側を正 (プラス)、内側を負 (マイナス) として表記した。

(3) 仙腸関節の角度に影響を与えると予想される因子の検討

仙腸関節上部、中部、下部の各部位における計測値を左右差、年齢、性別、変性、出産との関連性について検討した。統計処理には解析ソフト SPSS (SPSS Inc. Japan) を使用し t-test を行い、P < 0.05 を有意差ありとした。

(4) 仙腸関節の変性に関する評価

仙腸関節の変性の評価は CT 画像による柴田⁶ の分類を用いて、変性なし群、軽度変性群、高度変性群に分類した。評価項目は 5 項目で、① Joint Space Narrowing (以下 JSN): 正常値 2 ~ 5 mm、② Sclerosis : 関節軟骨下骨の骨硬化像、③ Osteophyte : 関節周囲の骨棘、④ Cyst : 関節面に接した骨透亮像、⑤ Erosion : 軟骨下骨に達する骨破壊像である。

1) 変性なし群: いずれの評価項目においても変性をみとめないもの。

2) 軽度変性群: JSN のみの変性を認めるもの。または Sclerosis (硬化像)、Osteophyte を認めるが、その領域が関節面の 1/3 未満のもの。

3) 高度変性群: Erosion を認めるもの。または Sclerosis (硬化像)、Osteophyte を認めるが、その領域が

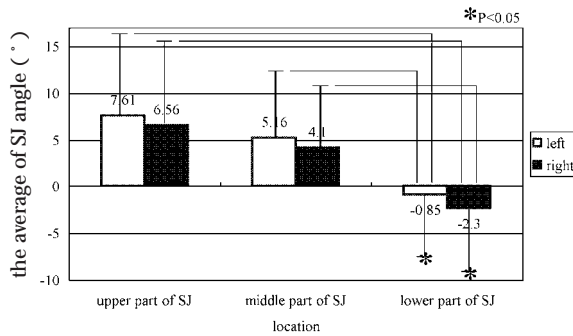


Fig. 3 The relationship between angles and laterality in different locations

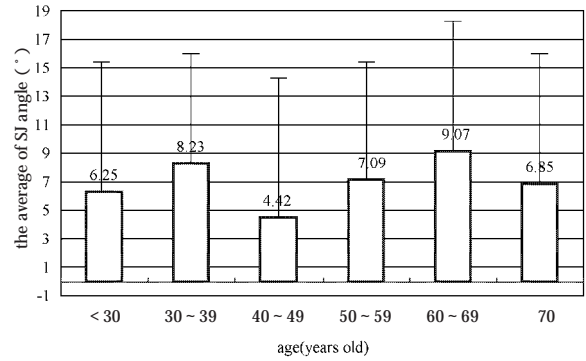


Fig. 4 The relationship between angles and age in the upper part of SJ

関節面の 1/3 以上のもの .

結果

1. 矢状面に対する仙腸関節角度の平均値は上部で左側 : $7.61 \pm 8.7^\circ$ 右側 : $6.56 \pm 9.4^\circ$, 中部で左側 : $5.16 \pm 7.3^\circ$ 右側 : $4.10 \pm 7.2^\circ$, 下部で左側 : $-0.85 \pm 7.3^\circ$ 右側 : $-2.30 \pm 7.0^\circ$. 下部は左右とも負の値を示し, 上部及び中部に対し有意差を認めた ($P < 0.05$) (Fig. 3).

2. 左右差についてはその平均値は全ての部位において左右差を認めなかった (Fig. 3).

3. 各部位角度の平均値と年齢では上部において (<30歳 : $6.25 \pm 8.8^\circ$; 30~39歳 : $8.23 \pm 8.0^\circ$; 40~49歳 : $4.42 \pm 10.0^\circ$; 50~59歳 : $7.09 \pm 8.7^\circ$; 60~69歳 : $9.07 \pm 9.3^\circ$; 70歳 : $6.85 \pm 9.4^\circ$) 各年齢層の間に有意差を認めなかった (Fig. 4). 中部において (<30歳 : $6.70 \pm 5.8^\circ$; 30~39歳 : $1.12 \pm 7.6^\circ$; 40~49歳 : $5.45 \pm 7.9^\circ$; 50~59歳 : $5.26 \pm 7.6^\circ$; 60~69歳 : $4.12 \pm 6.3^\circ$; 70歳 : $5.22 \pm 7.3^\circ$) 30歳代の平均値 $1.12 \pm 7.6^\circ$ と他の年齢層の間に有意差を認めた ($P < 0.05$) (Fig. 5). 下部では (<30歳 : $-1.11 \pm 6.3^\circ$; 30~39歳 : $-1.09 \pm 7.0^\circ$; 40~49歳 : $-1.48 \pm 7.9^\circ$; 50~59歳 : $-3.23 \pm 9.0^\circ$; 60~69歳 : $-1.88 \pm 6.2^\circ$; 70歳 : $-0.17 \pm 6.1^\circ$) 各年齢層の間に有意差を認めなかった (Fig. 6).

4. 各部位角度の平均値と性別では上部 (男 : $7.80 \pm 10.0^\circ$ 女 : $6.37 \pm 8.0^\circ$), 中部 (男 : $4.10 \pm 6.7^\circ$ 女 : $5.17 \pm 7.7^\circ$), 下部 (男 : $-0.44 \pm 8.0^\circ$ 女 : $-2.71 \pm 6.1^\circ$) であり, 各部位において男女間に有意差を認めなかった .

5. 仙腸関節角度の平均値と変性では上部において変性なし群 (28例) は $4.52 \pm 8.1^\circ$, 軽度変性群 (100例) は $8.28 \pm 9.4^\circ$, 高度変性群 (56例) は $6.23 \pm 8.7^\circ$

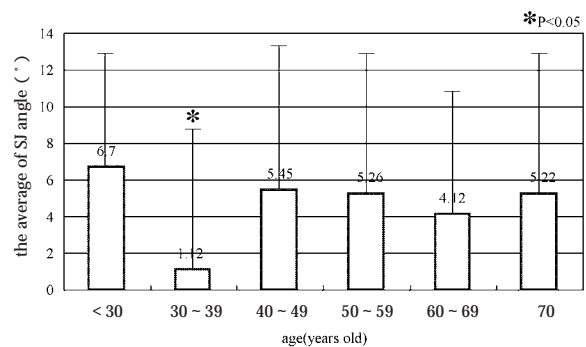


Fig. 5 The relationship between angles and age in the middle part of SJ

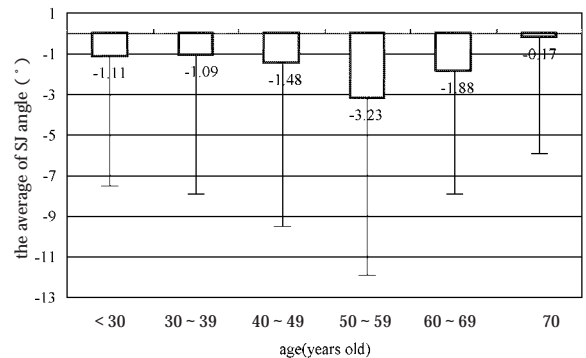


Fig. 6 The relationship between angles and age in the lower part of SJ

であり, 各群の間に有意差を認めなかった (Fig. 7). 中部において変性なし群 (28例) は $3.86 \pm 6.3^\circ$, 軽度変性群 (100例) は $5.39 \pm 6.8^\circ$, 高度変性群 (56例) は $3.67 \pm 8.3^\circ$ であり, 各群の間に有意差を認めなかった (Fig. 8). 下部において変性なし群 (28例) は $0.12 \pm 5.7^\circ$, 軽度変性群 (100例) は $-1.37 \pm 7.6^\circ$, 高度変性群 (56例) は $-2.78 \pm 7.1^\circ$ であり, 変性な

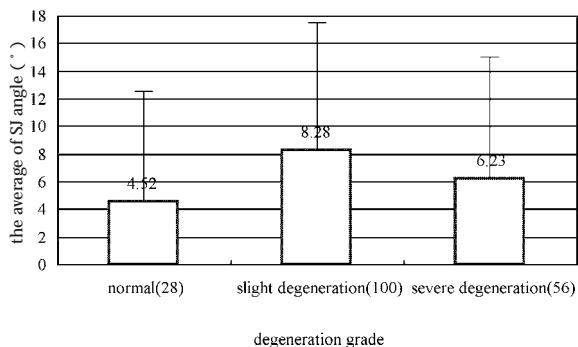


Fig. 7 The relationship between angles and degeneration in the upper part of SJ

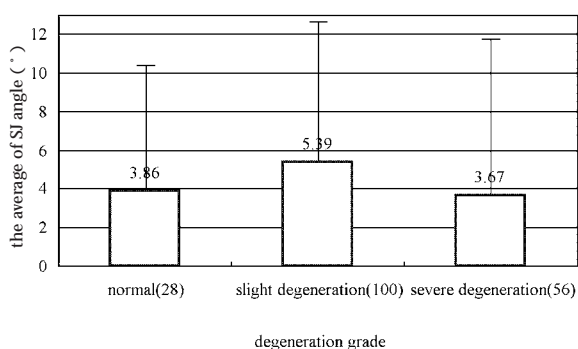


Fig. 8 The relationship between angles and degeneration in the middle part of SJ

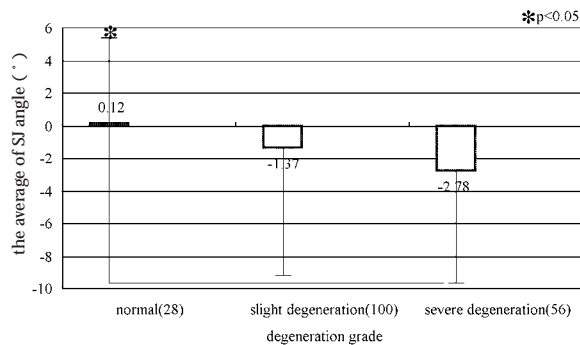


Fig. 9 The relationship between angles and degeneration in the lower part of SJ

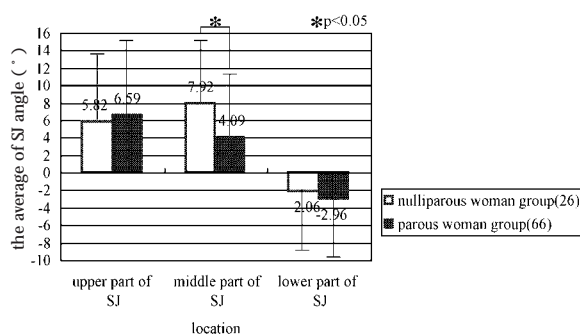


Fig. 10 The relationship between angles and child-bearing in the different locations

し群と高度変性群の間に有意差を認めた (P < 0.05) (Fig. 9).

6 . 仙腸関節角度の平均値と分娩では上部において分娩なし群 (26 例) 5.82 ° ± 8.1 ° , 分娩あり群 (66 例) 6.59 ° ± 8.0 ° , 中部において分娩なし群 (26 例) 7.92 ° ± 7.7 ° , 分娩あり群 (66 例) 4.09 ° ± 7.5 ° , 下部において分娩なし群 (26 例) - 2.06 ° ± 6.2 ° , 分娩あり群 (66 例) - 2.96 ° ± 6.0 ° であった . 中部においては分娩なし群と分娩あり群の間に有意差を認めた (P < 0.05) (Fig. 10).

考 察

仙腸関節は体幹の荷重を下肢に伝達する機能をもつ滑膜関節で前仙腸靭帯と後方の強靭な骨間仙腸靭帯 , 後仙腸靭帯で構成される . 形態解剖学的には仙腸関節面は第 1 仙椎 (S1) ~ 第 3 仙椎 (S3) からなり , その形状は前方凸の耳介様あるいはブーメラン様である⁷ . 仙腸関節の形態は , 生下時には矢状面に対し平坦であるが , 環境や生活様式などの物理的要因に応じ

て形成され , 成人では関節面の凹凸 , 傾斜や捻れが認められる . しかし , 過去の形態に関する報告は仙骨の晒し骨 , あるいは屍体骨盤標本での , 肉眼的 , 単純 X 線による計測で , CT 画像による生体仙腸関節の臨床形態学に関する知見は極めて少ない^{8,9} .

仙腸関節の解剖形態は複雑で , その傾き , 大きさ , 及び左右差など個体による多様性が認められる . しかし , 晒し骨の計測法は再現性の問題があり , 単純 X 線では捻れを伴う複雑な関節面の描出が容易ではなく , X 線の入射角の影響が無視できないと思われる . 一方 , CT による計測法はガントリー角の調整により骨盤傾斜の影響がない様に配慮が可能で , 仙腸関節腔が明瞭に描出されるため関節の変性評価もできる利点をもつ .

Solonen は 30 個の仙骨標本の関節面の角度を第 1 , 第 2 , 第 3 仙椎で計測し第 1 , 第 2 仙椎は各々 43 ° , 24 ° 前方に開くのに対し , 第 3 仙椎では 13 ° 後方に開くと報告している⁸ . この数値は , 著者らの各部位における左右の計測値を合計した数値に相当すると考えられるが , 我々の CT 計測値に比べて前方の開きが大きいと思われる . 大場⁷ は本邦屍体標本 24 体 48 仙腸関節

の傾きを単純 X 線画像にて計測した。頭部は前方に 12.4° 、尾部は 9.9° 後方に傾斜すると述べているが、対象は高齢層（平均 76.3 歳）の屍体であり、加齢の要素が少なからず影響を与えていると思われる。我々は 20 歳以降の成人ボランティア 92 人を対象とし、年代と性別が均等になるように配慮しており、成人仙腸関節の形態を最も反映しているものと考えられる。その結果、各部位の平均値は上部で左側： $7.61^\circ \pm 8.7^\circ$ 右側： $6.56^\circ \pm 9.4^\circ$ 、中部で左側： $5.16^\circ \pm 7.3^\circ$ 右側： $4.10^\circ \pm 7.2^\circ$ 、下部で左側： $-0.85^\circ \pm 7.3^\circ$ 右側： $-2.30^\circ \pm 7.0^\circ$ で上部は大場の計測値と近似していた。また、中部と下部の間に有意差を認め、仙腸関節中部と下部の間には捻れが存在し、骨盤環の要として縦方向の負荷に対する骨性支持に関与しているものと考えられた。

仙腸関節形態の左右差について大場は同一個体における差は左右で最大 17° であった⁹。その差は関節面の形状の違いにもより、成長期における個人の環境、生活様式の違いによる物理的要因が影響を与えていると推測している。我々の検索では同一個体の左右差は最大 26° であったが、統計的に左右差を認めなかった。しかし、同一個体での左右差が存在する事実は今後仙腸関節に由来する腰痛の病因を解明する上で、興味深いと思われた。

仙腸関節の加齢と形態については伊志嶺¹、Bowen⁹、MacDonald¹⁰、Stewart¹¹ は 20 歳代軟骨表面の変性、30 歳代で軟骨深層の変性と骨棘の形成、40 歳代で軟骨下骨まで変性が認められ、その後、経年的に変性が進行し、軟骨性の癒合が見られるようになる⁹と述べている。一方、柴田は仙腸関節も他の荷重関節と同様に 20 歳代より加齢変化がみられたと報告している⁹。今回の検討では各部位角度の平均値と年齢では中部において 30 歳代の平均値 $1.12^\circ \pm 7.6^\circ$ と他の年齢層（<30 歳： $6.70^\circ \pm 5.8^\circ$ ；40~49 歳： $5.45^\circ \pm 7.9^\circ$ ；50~59 歳： $5.26^\circ \pm 7.6^\circ$ ；60~69 歳： $4.12^\circ \pm 6.3^\circ$ ；70 歳： $5.22^\circ \pm 7.3^\circ$ ）の間に有意差を認めた（ $P < 0.05$ ）。仙腸関節の 30 代で軟骨深層の変性と関連が示唆されるが、さらなる検討を要すると思われる。

性別と仙腸関節の形態について務台と大場の調査は耳状面の長径では男性が長く、幅径では男女差はなかったと報告した^{9,12}。Weisl は関節軟骨表面の計測を行い、仙骨側は腸骨側に対し約 1 mm 細長く、男女差は認めないと述べている¹³。著者は各部位仙腸関節角度を計測し、性別の関連性について検討した。各部位において男女間に統計学有意差は認めなかった。

仙腸関節の変性について大場は仙腸関節の中央前部

が最も変性が高度であったと述べている⁹。三浦は新鮮ヒト屍体仙腸関節の骨梁軟線 X 線像による画像解析から、腸骨側の上部、中部で荷重支持能力が高く、関節内圧も中部で最も高い傾向があると述べている³。高山は解剖標本の赤外線応力画像から骨盤中間位では仙骨上部、中部から仙腸関節付近と腸骨中央部、臼蓋周囲に圧縮力の集中を認めている²。柴田の検討では sclerosis（硬化）の発現は腸骨側関節中央前方で、osteophyte は前方関節面の上方から中央部にかけて発現頻度が高い⁶。我々は仙腸関節角度の平均値と変性の関連性について検討し、下部において変性なし群（28 例）は $0.12^\circ \pm 5.7^\circ$ 、軽度変性群（100 例）は $-1.37^\circ \pm 7.6^\circ$ 、高度変性群（56 例）は $-2.78^\circ \pm 7.1^\circ$ であり、変性なし群と高度変性群の間に有意差を認め（ $P < 0.05$ ）、仙腸関節下部関節面の内側への捻れが強い方が変性は高度となる傾向がみられた。

分娩と仙腸関節について Garagiola は 14 例に分娩直後の骨盤の CT 撮影を行い、7% に仙腸関節の離開が、42% に仙腸関節内のガスを認めたとしており、分娩による仙腸関節への影響を指摘している¹⁴。また経産婦に好発する硬化性腸骨炎は出産時の腸骨軟骨下骨への小外傷に対する修復過程とされ、分娩の仙腸関節への過剰な応力を示している。著者の結果では中部においては分娩なし群（26 例） $7.92^\circ \pm 7.7^\circ$ と分娩あり群（66 例） $4.09^\circ \pm 7.5^\circ$ との間に有意差を認め（ $P < 0.05$ ）、中部に応力が集中するものと思われた。

結 語

本邦成人 92 例 184 関節の CT 画像を用いて成人仙腸関節の角度を計測し、形態の解析を行った。

1. 仙腸関節の水平面での角度の平均値は上部で左側： $7.61^\circ \pm 8.7^\circ$ 右側： $6.56^\circ \pm 9.4^\circ$ 、中部で左側： $5.16^\circ \pm 7.3^\circ$ 右側： $4.10^\circ \pm 7.2^\circ$ 、下部で左側： $-0.85^\circ \pm 7.3^\circ$ 右側： $-2.30^\circ \pm 7.0^\circ$ で、中部と下部の間に捻れが認められた。

2. 仙腸関節上部、中部、下部の平均値は全ての部位で左右差を認めなかった。

3. 各部位角度の平均値と年齢では中部において 30 歳代（30~39 歳）の平均値 $1.12^\circ \pm 7.6^\circ$ と他の年齢層（<30 歳： $6.70^\circ \pm 5.8^\circ$ ；40~49 歳： $5.45^\circ \pm 7.9^\circ$ ；50~59 歳： $5.26^\circ \pm 7.6^\circ$ ；60~69 歳： $4.12^\circ \pm 6.3^\circ$ ；70 歳： $5.22^\circ \pm 7.3^\circ$ ）の間に有意差を認めた（ $P < 0.05$ ）。

4. 各部位角度の平均値と性別では上部（男： $7.80^\circ \pm 10.0^\circ$ 女： $6.37^\circ \pm 8.0^\circ$ ）、中部（男： $4.10^\circ \pm 6.7^\circ$ 女： $5.17^\circ \pm 7.7^\circ$ ）、下部（男： $-0.44^\circ \pm 8.0^\circ$ 女： $-2.71^\circ \pm$

6.1°)であり,各部位において男女間に有意差を認めなかった。

5. 仙腸関節角度の平均値と変性では下部において変性なし群(28例) $0.12^\circ \pm 5.7^\circ$ と高度変性群(56例) $-2.78^\circ \pm 7.1^\circ$ の間に有意差を認め ($P < 0.05$), 仙腸関節下部の捻れが強いほど変性は高度であった。

6. 仙腸関節角度の平均値と分娩では中部において分娩なし群(26例) $7.92^\circ \pm 7.7^\circ$ と分娩あり群(66例) $4.09^\circ \pm 7.5^\circ$ の間に有意差を認め ($P < 0.05$), 分娩による応力の集中が示唆された。

稿を終るにあたり,ご協力下さいました,日本医科大学付属病院整形外科学教室医員各位にお礼申し上げます。

文 献

1. 伊志嶺隆: 仙腸関節の病理組織学的加齢変化. 日本整形外科学会雑誌 1989; 63: 1074-1084.
2. 高山景範: ヒト仙腸関節の応力および動きに関する研究. 日本医科大学雑誌 1990; 57: 476-485.
3. 三浦啓志: 仙腸関節の生力学的特性. 日本整形外科学会雑誌 1987; 61: 1093-1105.
4. Sashin D: A critical analysis of the anatomy and the pathological changes of the sacroiliac joints. J Bone Joint Surg 1930; 12: 891-910.
5. Bowen V, Cassidy JD: Macroscopic and microscopic anatomy of the sacroiliac joint from embryonic life until the eighth decade. Spine 1981; 6: 620-628.
6. Shibata Y, Shirai Y, Miyamoto M: The aging process in the sacroiliac joint: helical computed tomography analysis. J Orthop Sci 2002; 7: 12-8.
7. Bernard TN Jr, Cassidy JD: The sacroiliac-joint. Syndrome-Pathology diagnosis and management in the adult spine: Principles and Practice, New York Raven Press, 1991, pp. 2103-2107.
8. Solonen KA: The sacroiliac joint in the light of anatomical, roentgenological and clinical studies. Acta Orthop Scand (Suppl) 1957; 27: 1-127.
9. 大場俊二, 吉川文雄, 白井康正: 本邦老人仙腸関節の形態学的研究及びその関節軟骨面の肉眼的組織学的観察. 日整会誌 1985; 59: 675-689.
10. MacDonald GR, Hunt TE: Sacro-iliac joints: observations on the gross and histological changes in the various age groups. Can Med Assoc J 1952; 66: 157-163.
11. Stewart TD: Pathologic changes in aging sacroiliac joints. Clin Orthop 1984; 74: 221-240.
12. 務台 実: 仙腸関節の形態学的研究. 金沢医大解剖業績 1938; 30: 61-138.
13. Weisl, H: The articular surfaces of the sacroiliac joint and their relation to the movements of the sacrum. Acta Anat 1951; 22: 1-14.
14. Garagiola DM, Tarver RD, Gibson L, et al: Anatomic changes in the pelvis after uncomplicated vaginal delivery: a CT study on 14 women. Am J Roentgenol 1989; 153: 1239-1241.

(受付: 2003年4月3日)

(受理: 2003年6月25日)