

原著論文

思春期特発性脊柱側弯症に対する最新の保存療法
ーゲンシンゲン装具とシュロスベストプラクティス
プログラム（運動療法）ー

石原知以子
白石 洋介

投球動作中の肩甲骨の位置変化の推定

堀内 賢
川村 卓
松尾知之

自由論文

アコヤ真珠および貝殻の真珠層粉末における
ラット体脂肪減少効果の検討

近藤 千恵子

Health and Medical treatment Studies

Volume 9 April 2019

REFEREED ARTICLES

The Newest Conservative Treatment for
Adolescent Idiopathic Scoliosis
—Schroth Best Practice® Exercise and
Gensingen Brace™ by Dr. Weiss—

Chiiko Ishihara
Yosuke Shiraishi

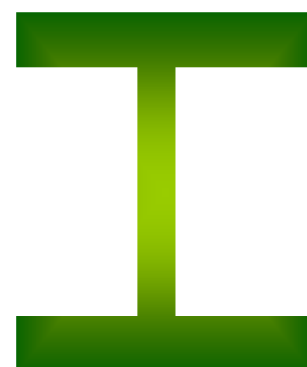
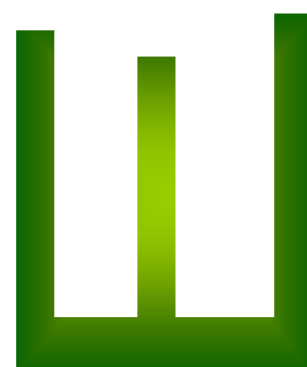
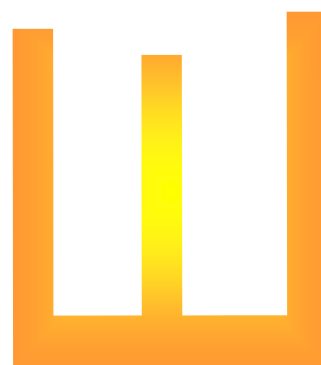
Estimation of scapula position during
baseball pitching

Ken Horiuchi
Takashi Kawamura
Tomoyuki Matsuo

NON-REFEREED ARTICLES

Administration of powdered *Pinctada fucata*
martensii pearl or *Pinctada maxima* nacre to
rats reduces their visceral fat amounts

Chieko KONDO



保健医療研究 第9号

目 次

原著論文

思春期特発性脊柱側弯症に対する最新の保存療法 ーゲンシンゲン装具とシュロスベストプラクティスプログラム(運動療法)ー 麴町白石接骨院 株)Schroth Best Practice Japan 麴町白石接骨院 株)Schroth Best Practice Japan	石原知以子 白石洋介	 1
投球動作中の肩甲骨の位置変化の推定 千葉・柏リハビリテーション学院 筑波大学 大阪大学	堀内 賢 川村 卓 松尾知之	 11

自由論文

アコヤ真珠および貝殻の真珠層粉末におけるラット体脂肪減少効果の検討 (株)銀座・トマト	近藤千恵子	 35
--	-------	----------

投稿規程等

日本保健医療学会誌投稿規程	 48
日本保健医療学会入会申込について	 51

思春期特発性脊柱側弯症に対する最新の保存療法

—ゲンシンゲン装具とシュロスベストプラクティスプログラム（運動療法）—

The Newest Conservative Treatment for Adolescent Idiopathic Scoliosis

—Schroth Best Practice® Exercise and Gensingen Brace™ by Dr. Weiss—

石原知以子¹⁾ ²⁾ 白石洋介¹⁾ ²⁾

Chiiko Ishihara¹⁾ Yosuke Shiraishi²⁾

¹⁾ 麴町白石接骨院 ²⁾ 株)Schroth Best Practice Japan

¹⁾Kojimachi Dr. Shiraishi's Japanese Osteopathy ²⁾Schroth Best Practice Japan inc.

<Abstract>

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) occurs around the ages of 10–16 years old and is seen in nearly 10 percent of girls during this susceptible period. It generally progresses rapidly in the age of rapid growth. The treatments employed in Japan are 1) observation, 2) bracing, and 3) surgery only. The choice of treatment is determined by the spinal curvature on frontal radiographs called the Cobb angle (degree of curvature of the spine). In medical terms, observation means only taking radiographs once every several months and measuring the Cobb angle. Thus, even if discovered early with a small Cobb angle in school health checks, no kind of active treatment for the purpose of prevention or improvement is done until the Cobb angle becomes 25°, when a brace is considered to be necessary. Even if the curvature progresses and treatment with a brace is started, the braces prescribed in Japan are used for the purpose of maintaining the current status. Thus, improvement in the angle of curvature cannot be expected. Surgery (spinal fusion) is recommended when the curvature progresses to 45° or more, but current knowledge about patients' postoperative complications is lacking. We previously made several reports at this conference on the conservative treatment of AIS. This time we report on patients at our clinic treated with a combination of the most recent Schroth method of scoliosis rehabilitation, Schroth Best Practice® and the Gensingen Brace™, both are developed by Dr. Hans Rudolf Weiss. Simple specific exercise for the curvature is easy to perform in daily life, and the latest braces for the purpose of improving Cobb angle are not only highly

effective, but much smaller, and lighter than the prevalent braces in Japan, and which improve the quality of life of children with AIS.

1. 研究の背景と目的

思春期特発性脊柱側弯症 AIS は、好発期（10～16 歳位）の女子では 1 割近くにみられる疾病である。一般的に、成長が著しい年齢で急激に進行する。我が国における治療法は、1）経過観察、2）装具、3）手術のみとされている。治療法の選択は Cobb（コブ）角（脊柱の弯曲角度）という X-P 前額面上での弯曲の角度で決定される¹⁾。医科でいうところの経過観察とは、数か月に一度、X-P 検査をして Cobb 角の計測をするだけのことを意味している。即ち、学校健診で Cobb 角が少ない状態で早期に発見されでも、装具が必要とされるコブ角 25° になるまでは、予防や改善を目的とした積極的な治療は何ら行われていない。弯曲が進行して装具療法が開始されても、国内で処方される装具は現状維持を目的としたもので弯曲角度の改善は期待できない。45° 以上に進行すると手術（脊柱固定術）が勧められる¹⁾が、患者は術後の合併症等についてはあまり知らされないのが実情である。我々はこれまで本学会で AIS の保存療法についていくつかの報告をしてきた^{2) 4) 5)}。今回はドイツの Dr. Hans Rudolf Weiss によって開発されたシュロス法¹¹⁾の最新の運動療法シュロスベストプラクティス(Schroth Best Practice®)とゲンシンゲン装具(GBW: Gensingen Brace by Dr.Weiss™)を併用して治療している当院での症例を報告する。側弯症に特化した簡単な運動療法は日常生活に取り入れやすく、コブ角改善を目的とした最新の装具は効果が高い上に、日本で普及している装具に比べ、はるかに小さくて軽く、AIS の子供達の QOL を高めていることを伝えたい。

2. 研究方法

思春期特発性脊柱側弯症の患者 10 名（女児 8 名、男児 2 名、年齢 10～16 歳、平均 13 ± 1.93 歳、治療期間 3 ヶ月以上）に対し、脊柱側弯症に特化した運動療法 Schroth Best Practice®（図 1～5）と装具療法 Gensingen Brace™（図 6）を実施し、脊柱 X-P（立位正面像でのコブ角）と ATR（体幹の傾斜角）（図 20）により効果を評価した¹⁾。各症例の装具装着前の背部外観写真と X-P、並びに装具装着時の背部外観写真と X-P を図 10～19 で示した。

Schroth Best Practice®と Gensingen Brace™に関する写真や図は、それらの著作権を有する Hans-Rudolf Weiss より転載許可を得た。

本研究は文部科学省・厚生労働省発行（平成 26 年 12 月 22 日付、平成 29 年 12 月 22 日一部改正）の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に基づいて行われ、使用した写真、X-P は、患者と家族の自由意志を損なうことのないようにして掲載許可を取り、

患者個人が特定されないように配慮した。

2. 1 実施した運動療法と装具療法

2. 1. 1 運動療法: シュロスベストプラクティス Schroth Best Practice®

Schroth Method (シュロス法) は、Katharina Schroth によって 1921 年にドイツで始められた側弯症の運動療法である⁹⁾。娘の Christa に継承され、世界で最も高く評価されている。Christa の息子でシュロスファミリーの 3 代目である Dr.Hans R.Weiss は、運動が複雑で要する時間も長く、子供たちが継続するには難しかったシュロス法を、シンプルで日常生活の中で自然に行えるような、エビデンスに基づくプログラムへと改良し、Schroth Best Practice® (以下、SBP) を開発した¹¹⁾。

図 1 Physio-logic®



図 2 ADL(activities of daily living)



- 1) Physio-logic exercises for the correction of the sagittal plane (図 1)

脊柱の矢状面 (sagittal plane)、特に腰椎前弯が最も重要であることを指導する。

- 2) ADL in standing, sitting and walking for the correction of the frontal plane (図 2)

立つ、座る、歩くなど、日常生活中での姿勢を指導する。矢状面に加え前額面の矯正も加味する。

- 3) 3D made easy (easy 3D specific correction exercises) (図 3)

立位における 3D (矢状面, 前額面, 水平面)での姿勢矯正を呼吸法と共に習熟させる。

図 3 3D made easy



図 4 Power Schroth



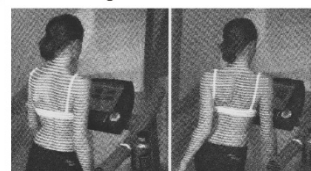
- 4) New Power Schroth (advanced 3D specific correction exercises) (図 4)

肋木やエクササイズボールなどを用いて、力強い呼吸を行わせつつ、より積極的な運動をさせる。

- 5) Rehabilitation walk (図 5)

1)で矢状面、特に腰部 (上位) の前弯が重要であることを体得させた cat walk から更に進んで、左右非対称の歩行において 3D での姿勢矯正を指導する。

図5 Walking



2. 1. 2 装具療法: ゲンシンゲン装具 Gensingen Brace™

ゲンシンゲン装具 (以下、GBW) は、Chêneau (シェヌー) 装具を基に改良された最新の装具である¹²⁾。左右非対称で、3次元的に矯正し、コブ角(前額面)だけでなく生理的な前後弯(矢状面)での改善も目的とした装具である。日常の呼吸の動きにより、脊柱を矯正が必要な方向に誘導することができる上に、小さく、軽く(金属支柱がない)、着け心地がよく、装着していても目立たない(図6)¹⁰⁾。

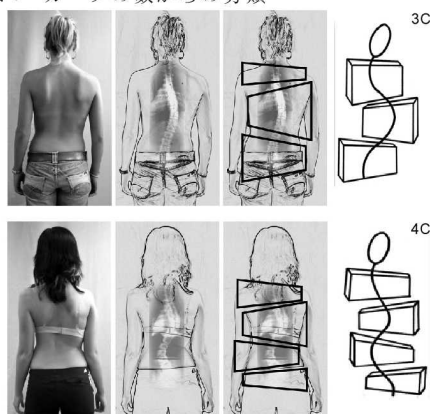
Dr. Hans R. Weiss は脊柱の X-P 正面像を基に、側弯症のカーブの一つ一つをブロックとして捉え、その数から 3 カーブ (3C) と 4 カーブ (4C) に大別し (図 7)、さらに 3CH (3-curve with

図6



ゲンシンゲン装具 Gensingen Brace by Dr. Weiss (GBW)

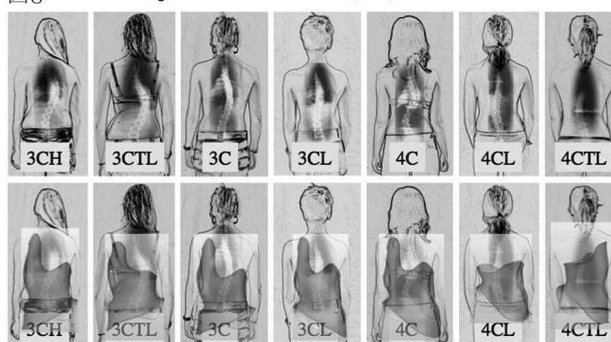
図 7 カーブの数からの分類



カーブが3つある場合 3C、カーブが4つある場合を 4C として一つ一つをブロックとして捉え、それぞれのカーブの回旋方向も示している。 3C; 3カーブ 4C; 4カーブ

図8

Augmented Lehnert-Schroth (ALS) Classification

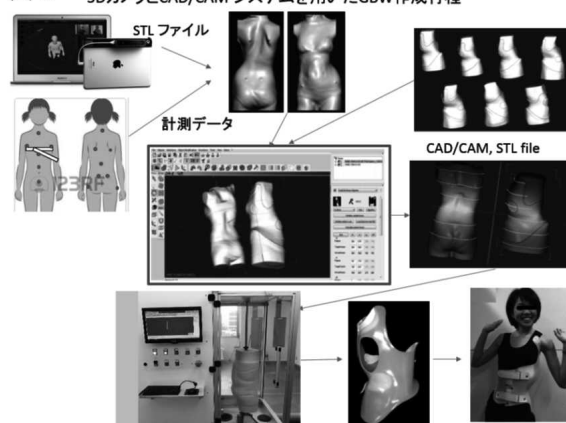


hip prominence), 3CTL (3-curve with hip prominence thoracolumbar), 3C (3-curve balanced), 3CL (3-curve with long lumbar countercurve), 4C (4-curve double), 4CL (4-curve single lumbar), 4CTL (4-curve single thoracolumbar) に区分し、ALS (Augmented Lehnert-Schroth) 分類 (図 8) として用いている。GBW の作成も、SBP の運動指導もこの分類を基に行われる⁹⁾。

装具の作成は CAD/CAM (computer-aided design / computer-aided manufacturing) システムを用いて行われる。図 9 は作成の過程を示している。このようなデジタル化により、患者がドイツまで行かなくても、個々の患者に適した GBW を我が国でも輸入できるようになった。

図 9

3DカメラとCAD/CAMシステムを用いたGBW作成行程



3. 症例

各症例の初検時の外観と X-P、ゲンシンゲン装具(GBW)装着時の X-P と外観を図 10～19 に示している。左から、上は GBW 装着前の背部外観写真、下は前屈写真（前方もしくは後方から）、GBW 装具を作製する前の X-P、GBW 装着時の X-P、GBW 装具を装着しての外観写真、である。症例 2 は先天性形態形成不全によるものであるため右下に腰椎の 3D-CT 像を加えてある。症例 8, 9 は男性である。全例、背部に X-P 上の弯曲に一致した高さの左右差が認められ（前屈写真）、構築性側弯症であることを示している。指導した運動（SBP）を自宅で正しくしているかのチェックを兼ねて、1～2 回/月で通院させた。各症例の GBW 装具作成前の Cobb 角は表 1 に、ATR は表 2 に示した。

図10

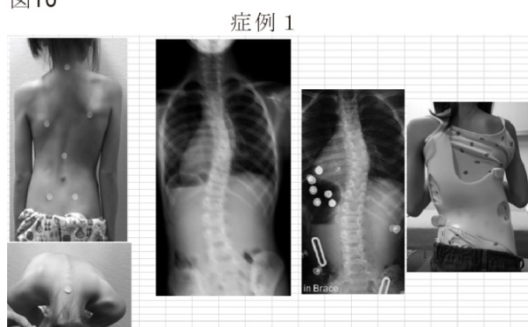


図11

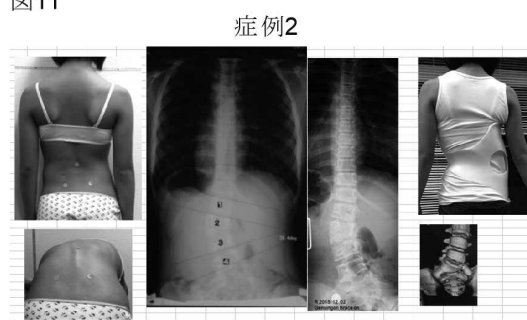


図12

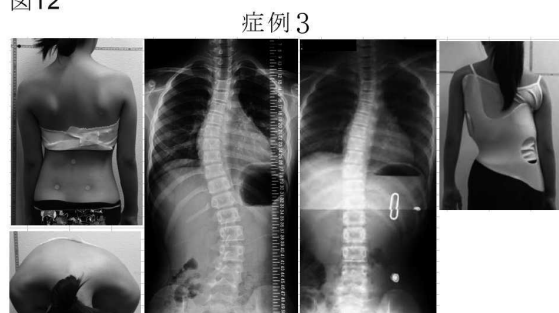


図13

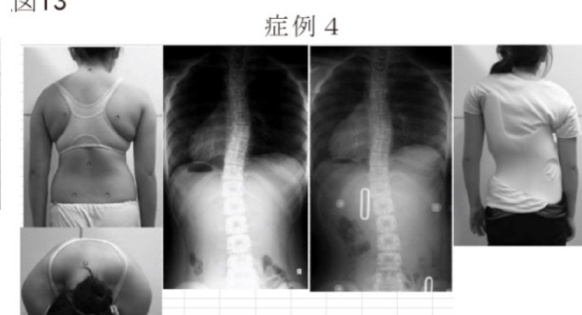


図14



図15

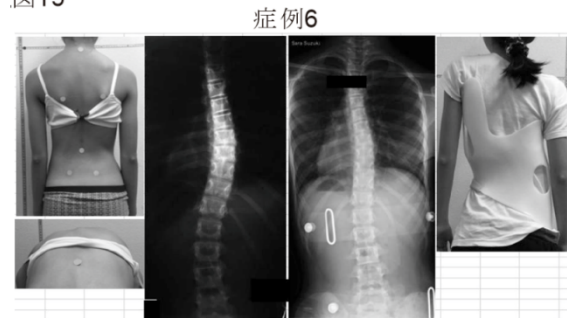


図16

症例7

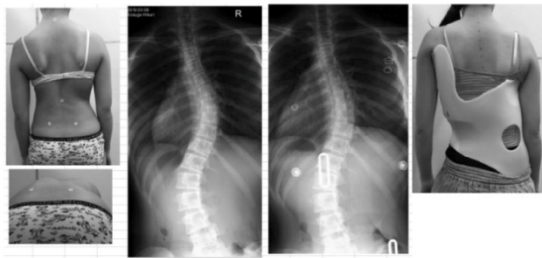


図17

症例8



図18

症例9

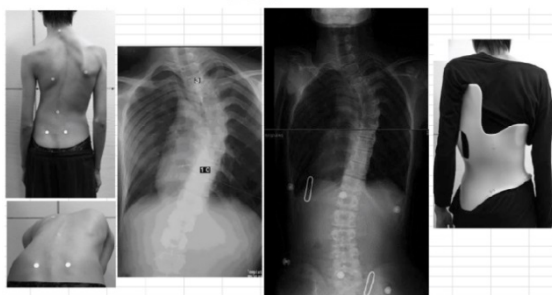


図19

症例10

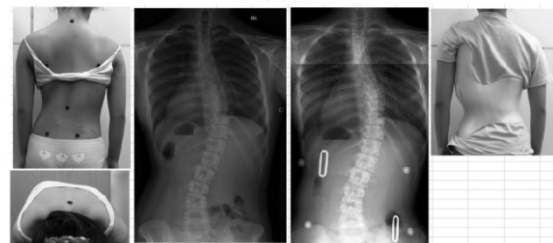
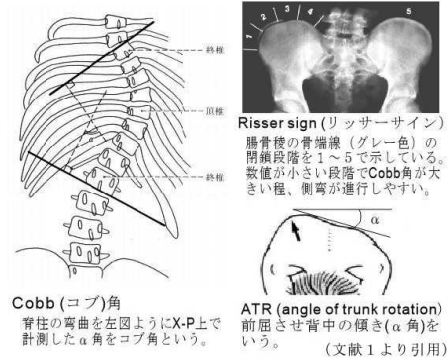


図20



4. 結果

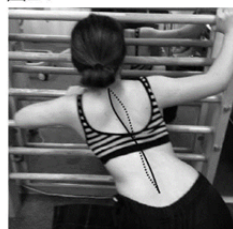
ゲンシンゲン装具(GBW)着用時には、全症例で Cobb 角が改善された(表1)。改善率は、胸椎レベルで最大 58.3%、最小 7.5%、平均 $25.2\% \pm 19.4$ だった。腰椎レベルで最大 76.5%、最小 5.9%、平均改善率 $36.4\% \pm 25.6$ だった。ATR は一次カーブにおいては 9 症例 で改善が見られた。改善率は、胸椎レベルで最大 75.0%、最小 0.0%、平均 30.3 ± 21.9 、腰椎レベルで最大 83.3%、最小 20.0%、平均 44.6 ± 22.5 だった。症例 9 は装具作製後来院がないため計測できていない(表2)。

シュロスベストプラクティスは、運動時、胸椎右凸、腰椎左凸のカーブを逆転（胸椎左凸、腰椎右凸に）するところまで矯正した（図 21）。

表1	ゲンシンゲン装具(GBW) と運動療法(SBP)によるCobb角(°) の変化					
	胸椎 コブ角			腰椎 コブ角		
症例	GBW装着前	装着後	改善率(%)	GBW装着前	装着後	改善率(%)
1	24	10	58.3	17	4	76.5
2	0	0	0.0	34	19	44.1
3	30	12	60.0	25	4	84.0
4	20	11	45.0	17	16	5.9
5	25	11	56.0	20	10	50.0
6	41	34	17.1	24	22	8.3
7	44	38	13.6	42	34	19.0
8	40	37	7.5	26	21	19.2
9	44	33	25.0	25	18	28.0
10	47	34	27.7	51	36	29.4
平均±SD	31.5±14.7	22±14.4	31.0±22.3	28.1±11.1	18.4±10.9	36.4±27.0

表2	GBW装具とSBPの前と後のATR(°) の変化					
	胸椎部			腰椎部		
症例	前	後	改善率(%)	前	後	改善率(%)
1	8	7	12.5	6	1	83.3
2	3	4	33.3	8	2	75.0
3	10	5	50.0	5	3	40.0
4	4	3	25.0	3	2	33.3
5	4	4	0.0	4	1	75.0
6	12	3	75.0	3	2	33.3
7	6	5	16.7	11	5	54.5
8	15	10	33.3	5	3	40.0
9	10	10	0.0	5	5	0.0
10	5	4	20.0	8	2	75.0
平均±SD	8.4±4.2	5.8±2.3	30.3±21.9	4.3±1.7	2.7±1.6	44.6±22.5

図21



Power Schrothにより脊柱の彎曲が逆転した背部の写真を1例で示している。運動前の脊柱のカーブを点線で示している。胸椎右凸・腰椎左凸だったものが、本運動により、実線で示すように胸椎左凸・腰椎右凸のカーブに逆転していることを示している。

5. AIS の先行研究

5.1 2006年に、Dr. Hans R. Weiss は、AIS の運動療法による前額面の角度（コブ角）改善のためには、矢状面の腰椎前弯が重要であることを報告している。

Weiss HR, Klein R (2006), Improving excellence in scoliosis rehabilitation: a controlled study of matched pairs. *Pediatr Rehabil.* Jul-Sep;9(3), pp.190-200.

5.2 2013年に、Dr. Hans R. Weiss は、AIS に対する装具は一般の体幹装具のように左右対称の形状では効果がないとし、コブ角改善のためには非対称の3次元形状であるべきで、かつ装

具内で脊柱を矯正したい方向へ誘導するように作製する必要があることを報告している。また、このような装具を作製するためにはコンピューターによるCAD/CAMシステムが有用であると述べている。

Weiss HR, Seibel S, Moramarco M, Kleban A (2013), Bracing scoliosis: the evolution to CAD/CAM for improved in-brace corrections. *Hard Tissue*, Nov 25;2(5):43.

5.3 2015年に、Tugba Kuruらは、3D Schroth exercisesの効果について無作為化比較試験(RCT)を行い、理学療法士の指導の下で本運動を行わせれば、そうでない場合よりも明らかに効果があることを報告している。

Tugba K, İpek Y, Dereli EE, Arzu R (2015), The efficacy of three-dimensional Schroth exercises in adolescent idiopathic scoliosis: A randomised controlled clinical trial. *Clinical Rehabilitation*, 1-10, DOI: 10.1177/0269215515575745, (RCT)

6. 考察

思春期特発性脊柱側弯症(AIS)は成長期に脊柱が側方に弯曲する疾患で、未だ原因が特定されていない。10代に発症し、急に進行することが多く、発症率は10歳～16歳で3～5%、男女比は1:10と圧倒的に女子に多い¹⁾。AISに対する我が国における治療法は、1)経過観察、2)装具、3)手術のみとされているが、経過観察とは、数か月に一度、X-P検査を行い、Cobb角の計測をするだけで治療とは言い難い。Cobb角が25°以上に進行して処方される体幹装具も、45°以上で勧められる手術(脊柱固定術)も、思春期の子供達には大変負担の大きな治療であり、著しくそのQOLを下げることとなり、治療を放棄してしまう子供も少なくない。学校健診で早期に発見された側弯を悪くなるまで放っておくことに1つ目の問題があると我々は考えている。早期の小さいカーブのうちに、側弯症に特化した運動療法を指導し、進行予防やカーブの改善に積極的に取り組むべきであり、それは多くの患者とその家族が望んでいることでもある。これまでも我々は本学会で“経過観察”の段階のAISに対する取り組みの問題点を指摘してきた²⁾⁴⁾⁵⁾。我が国においては、運動療法や姿勢指導などの保存療法では、側弯症の進行予防や改善はできない¹⁾とされているが、ヨーロッパには側弯症の保存療法の長い歴史があり⁹⁾、現在も研究が続けられている。

2つ目の問題は現状維持を目的とした我が国の装具と、そのコンプライアンスの低さ(装着時間が短いこと)である。今回、ドイツのDr. Hans R. Weissによって開発された最新の非対称運動療法Schroth Best Practice®と、Augmented Lehnert-Schroth (ALS)分類(図8)に基づいて作成されたゲンシンゲン装具を併用して治療している当院での症例を報告した。全症例でCobb角の改善が見られた(表2)。国内の装具のほとんどがCobb

角改善を目的にしていけないのに比べ、明らかに矯正効果が高いことがわかる。GBW は効果的であるだけでなく、小さくて、軽く、着脱が簡単で、外観上も目立たず、何より付け心地がよいため、子供達の装着時間を長くすることができ、良好な結果につながると考えられる。一方、SBP は、側弯症に特化した左右非対称の運動療法で、シンプルな動きで、かつ比較的短時間で効果があるとされている⁷⁾。本運動は、運動中、脊柱の彎曲を逆転するところまで行わせることが多い(図 21)。例えば、胸椎右凸・腰椎左凸・Cobb 角 40°以上の症例でも、胸椎左凸・腰椎右凸まで矯正できるよう指導する。決して、姿勢支持筋の筋力増強が目的ではなく、姿勢に対する神経と筋の記憶の再教育を行う事が重要とされている。Cobb 角が 25°以下の経過観察とされる患者においては、SBP による運動療法と日常生活の姿勢指導が最も有用であり、早期治療に大いに役立つと考えられる。エビデンスのある保存療法^{3) 6) 8)}を活用することで、合併症のリスクも大きい手術に至る例を減らすことは、子供たちの将来を明るくするものであろうし、かつ医療費削減にもつながる。脊柱側弯症の治療に携わる医療従事者は、AIS 患者のためにすべきことは何か、AIS に対する保存療法は如何にあるべきかを今一度真剣に考えたい。

7. 結語

- 1) AISの患者に対する運動療法シュロスベストプラクティスとゲンシンゲン装具による治療例を報告した。
- 2) 運動療法シュロスベストプラクティスにより、運動時、脊柱のカーブを逆転するところまで矯正しうることが示された。
- 3) ゲンシンゲン装具は、全ての症例において Cobb 角を改善した。
- 4) シュロスベストプラクティス運動療法とゲンシンゲン装具は体幹の回旋も矯正し、体幹の回旋を示す ATR も改善した。
- 5) AIS に対する保存療法の効果を認識する必要がある。

<参考文献>

- [1] 千葉一裕・松本守雄編 (2008) :『整形外科専門医になるための診療スタンダード 1.脊椎・脊髄』羊土社
- [2] 石原知以子, 白石洋介 (2014) : 2014 年 5 月 5 日~10 日にドイツ (ウイスバーデン) で開催された第 11 回 SOSORT 年次学術大会の参加報告. 日本保健医療学会. pp. 21-24.
- [3] Maksym B, Artem B (2012) : Scoliosis short-term rehabilitation (SSTR) according to 'Best Practice' standards-are the results repeatable? Borysov and Borysov Scoliosis, vol7, No.1, <http://www.scoliosisjournal.com/content/7/1/1>, (Evidence)
- [4] 白石洋介, 石原知以子.(2013) : 思春期特発性脊柱側弯症に対する SEAS 法を取り入れた運動療法および夜間装具の効果. 日本保健医療学会. pp. 25-23.

- [5] 白石洋介, 石原知以子.(2013,) : [「春期特発性脊柱側弯症 (AIS) と運動療法 –ヨーロッパ諸国と我が国の違い」保健医療研究, pp. 11-23.
- [6] Tuğba K, İpek Y, Dereli EE, Arzu R (2015) : The efficacy of three-dimensional Schroth exercises in adolescent idiopathic scoliosis: A randomised controlled clinical trial. *Clinical Rehabilitation*,1-10, DOI: 10.1177/0269215515575745, (RCT)
- [7] Weiss HR, Hollaender M, Klein R (2006): ADL based scoliosis rehabilitation--the key to an improvement of time-efficiency ? *Stud Health Technol Inform.* 123, pp. 594-8.
- [8] Weiss HR, Klein R (2006): Improving excellence in scoliosis rehabilitation: a controlled study of matched pairs. *Pediatr Rehabil.* Jul-Sep;9(3), pp.190-200.
- [9] Weiss HR (2011): The method of Katharina Schroth - history, principles and current development. *Scoliosis.* 6: 17. Published online, Aug 30. doi: 10.1186/1748-7161-6-17.
- [10] Weiss HR, Seibel S, Moramarco M, Kleban A (2013) : Bracing scoliosis: the evolution to CAD/CAM for improved in-brace corrections. *Hard Tissue*, Nov 25;2(5):43.
- [11] Weiss HR, Christa LS, Moramarco M (2015): *Schroth Therapy: Advancements in Conservative Scoliosis Treatment*. Paperback – March 20, LAMBELT Academic Publishing.
- [12] Weiss HR, Moramarco M. (2013),「」 : Remodelling of trunk and backshape deformities in patients with scoliosis using standardized asymmetric computer-aided design/computer-aided manufacturing braces. *Hard Tissue*, Feb;2(2):14.

投球動作中の肩甲骨の位置変化の推定

Estimation of scapula position during baseball pitching

堀内 賢

Ken Horiuchi

千葉・柏リハビリテーション学院

Chiba Kashiwa Rehabilitation Institute Vocational school

川村 卓¹⁾、松尾知之²⁾

Takashi Kawamura¹⁾・Tomoyuki Matsuo²⁾,

¹⁾ 筑波大学、²⁾ 大阪大学

¹⁾ University of Tsukuba, ²⁾ Osaka University

<Abstract>

This study was to develop a scapula position and each posture by measuring the position of the scapula and each posture with a static posture close to the pitching motion using the scapula locator and develop an estimation formula of the position of the scapula of each marker and each posture I decided. The subjects were 22 right-handed athletes from University baseball team (age: 20.0 ± 1.2 years old, height 178.0 ± 6.0 m, weight 76.5 ± 5.7 kg). This study was conducted in the following four ways. First, researchers hit the peg from the back and conformed the shape of the scapula. Secondly, the scapula measurement and the position of the scapula with each marker and each posture were measured with a static posture close to the pitch, using an optical three dimensional automatic motion analyzer. Third, we developed the position of the scapula by the marker and the estimation formula of each posture. Fourth, the actual pitching was compared with the estimation formula developed in this research by the VICON. From the results of this study, it became possible to accurately measure the position of the scapula, which was thought to be difficult to measure so far, not only leading to the prevention or early detection of throwing

平成 31 年 2 月 10 日受付

平成 31 年 3 月 28 日受理

shoulder, It can be applied to sports and degenerative diseases due to aging.

1. 緒言

1.1 現在の肩甲骨を含めた肩関節の動作分析の現状

野球の投球において肩甲骨の可動性は、肩甲上腕関節の位置と上腕の円滑な動きを補助するという重要な役割を担っており、結果的にそれはパフォーマンスや障害予防に直結する重要な要素である(橘内, 2011). したがって、肩甲骨の動きが肩関節に与える影響は大きく、肩甲骨の可動性に関する評価は重要である(徳田, 2010)としている.

宮下ら(2009b)は、肩甲上腕関節の運動のみが大きくなるよりも、関与する筋量が多い肩甲骨の運動が増加した方が肩全体としての筋力発揮は高まり、球速が増すことが推測されると報告している. MERの増加を肩甲骨後傾や胸椎伸展でMERが増加すれば、いわゆる「胸を張った」投球動作になり、パフォーマンス向上にもつながると推察している.

野球指導現場では、投球における肩甲骨の機能向上を重要視して、練習方法や評価方法を用いている(川村, 2016 ; 前田, 2010 ; 土橋ら, 2009 ; 小田, 2017). しかし、これまでの研究においては、投球中の肩複合体と言われる動作の分析については、肩甲骨は入れず肩関節を体幹と上腕のリンクモデルとして扱う研究が多い(高橋ら, 2005 ; Ishida et al., 2004 ; Dun et al., 2007 ; Chu et al., 2009)のが現状である.

肩甲骨の機能が不十分であると投球障害の危険性が高まり、パフォーマンスも低いことが予想される. そのため、上述した投球中の肩複合体と言われる動作の分析で肩甲骨の正確な動きを把握することは非常に重要である.

測定の難しさから肩関節を前述したような「体幹および肩甲骨を剛体として仮定し、この剛体と上腕のなす関節」として研究されている研究が多いが、比較すると数は少ないながら先行研究が報告されている.

その中では、直接針を肩甲骨に刺す方法を用いた研究(Karduna et al., 2001; Ledewig et al., 2009 ; 田中ら, 1997)がその一つとしてあげられる(図 1A. ボーンピン法).

また、磁気センサーを体表につけて関節運動を分析する研究も行われている(Myers et al., 2005 ; Konda et al., 2010). 胸骨や上腕骨、肩甲骨にセンサーを貼り付けて投球などの課題動作を実施する. 肩甲骨の平坦部にセンサーを取り付けるなどの工夫がみられている(図 1B. 電磁センサー法).

近年、より対象者の負担を軽減するために、クラスターマーカーとウレタン素材のテーピングパッドなどを用いて、肩甲骨の三次元の動態を明らかにしようとした研究も報告されている(宮下ら, 2009a ; 2009b ; 2017. 図 1C. クラスター・マーカー法).

また、今回の研究に近い形として、主に障害予防の観点から肩甲骨面に多くのマーカーを取り付けして正確に肩甲骨の動きを測定しようとする方法もある(Mattson et al., 2012 ;

Charbonnier et al., 2015. 図 1D. サーフェイス・マッピング法).

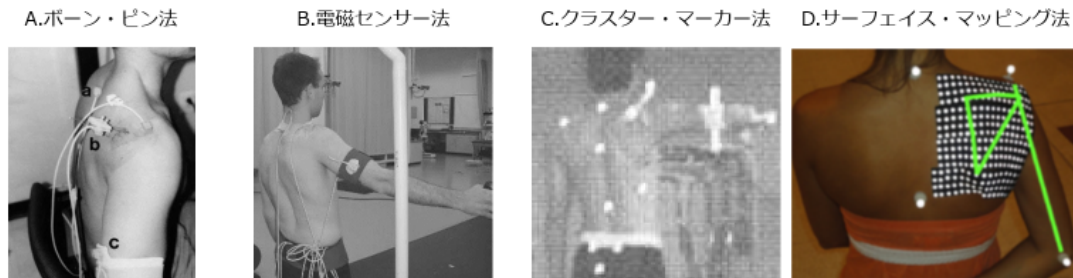


図 1. これまでの研究

こうした研究の特徴は、方法の難易度、測定の正確性など一長一短であるが、皮膚下でその多くが筋肉に覆われた肩甲骨を皮膚上から正確に測定することが困難である。

そこで本研究は、これまで行われた方法を組み合わせることで、それぞれの短所を補い、測定の精度を高くする試みと投球などのダイナミックな動作における肩甲骨の動きの推定を行うものである。

特に野球の投球のようにダイナミックでおそらく肩甲骨が比類のないほど高速で動く様をこれまで以上に正確に観察、推定できることは投球動作の正確な把握から投球の指導に至るコーチング実践にとって大変意義がある。

また理学療法士でもある著者が肩甲骨の動きが観察できれば、投球障害の可能性予測などに用いることができ、障害予防にもかなりの貢献ができると期待するものである。

1.2 本研究の限界

本研究は、これまで方法論上の問題等から行われてこなかった投球中の肩甲骨の位置や動きをできるだけ精細に計測するものであり、その肩甲骨位置の推定方法の確立を主としている。その方法として、測定ペグとサーフェイス・マーカーで投球時の姿勢に近い静的姿勢での測定を行い、投球中の肩甲骨位置を推定している。ここには、投球中の動的な状態と、計測時の静的な姿勢において、同じ肢位であれば、肩甲骨の位置は同じ位置にあるという仮定を設けている。一方で、予備実験やこれまでの先行研究から、肩甲骨位置の測定はある一定以上の角度の可動域となると（特に肩関節水平外転 30° 以上や肩関節外転 100° 以上）、筋肉の膨隆により、測定ペグでの計測もかなりの困難になるため、必ずしもすべての対象者のすべての投球動作を網羅するような姿勢を選択することはできず、測定精度が保たれる範囲内での静的な投球姿勢を選択せざるを得なかった。

また、今回の研究では、対象者の負担や計測時間などを考慮して、静的姿勢については4つの特徴的な姿勢のみの計測となった。これによって、姿勢間の角度推定が荒くなっている可能性は否定できない。今回の研究は肩や肩甲骨周辺部のみの分析となっている。投球は全身運動

であり、運動連鎖の観点から上肢の動きはそれまでに動きが始まっている下半身などの影響を受ける事が言われている。しかしながら、本研究においては下半身の動きが肩甲骨の動きに与える影響の考慮は、最小限に留まっている。

2. 研究方法

2.1 データ収集

対象者は、T大学硬式野球部の右投げ選手22名（年齢 20.0 ± 1.2 歳，身長 178.0 ± 6.0 m，体重 76.5 ± 5.7 kg）であった。対象者には本研究の目的，実験方法及び危険性などについて十分な説明を行った後，実験への参加の同意を得た。

対象者の身体各部に貼付した反射マーカを光学式 三次元動作分析装置（VICON）によって三次元座標を計測した。

全体の測定の流れ（図8）は，まず Scapula Locator といわれる測定ペグで対象者に伏臥位になってもらいその人の肩甲骨の形状を特定して，測定ペグとマッピング・マーカでそれぞれ投球に近い静的姿勢を測定する。その測定結果から推定式を導き出し，肩甲骨付近に貼付したマッピング・マーカを含む投球の三次元動作分析から座標値を算出し，投球中の肩甲骨の動きを推定する。



図 1 測定の流れ

2.1.1 各個人の肩甲骨形状の特定

我々の研究グループで独自に作成した測定ペグ（肩甲骨位置計測器）（図9）を用いて，肩甲骨下角，肩峰角，肩甲骨棘三角部基部の位置を計測した。この測定ペグの接触面には，プラスチック製の半円状部品を用いることで，対象者の不快感を避けた。対象者にすでに敷いてあるマット上に伏臥位となってもらい，理学療法士の資格のあるものが肩甲骨下角，肩峰角，肩甲

骨棘三角部の三点を触診し、そこにプラスチックの突起部を充てることで肩甲骨位置の特定を行った（図 9）。

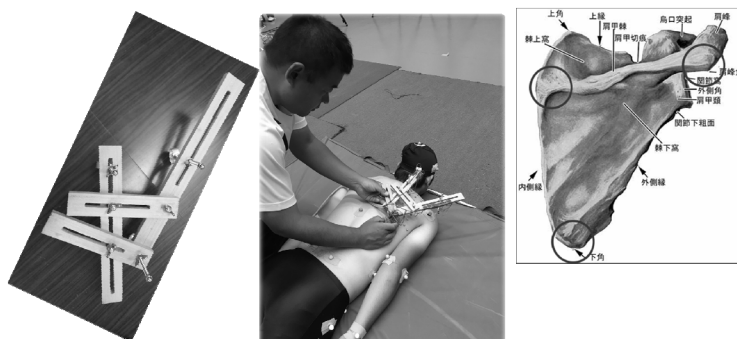


図 2 ペグと肩甲骨形状の同定

誤差が出にくく妥当性・再現性を得るために、3 点のポイントに圧力センサー（共和電業，KFGS-1-120-C1-23）を用いて同程度の圧力（6～8N）になるようにパソコン画面で確認しながら計測した（Shasheen, 2011）。歪ゲージの信号を AD 変換モジュール（USB-4704, ADVANTECH 社製）を用いて PC に取り込み、データ収集・制御ソフト（DAQ Navi, ADVANTECH 社製）を使用してパソコンモニターに表示した（図 10）。測定ペグには、6 個のマーカークが付けられており、肩甲骨の 3 点を同定した後に、さらに皮膚との接触部に各 1 つずつのマーカークを貼付した。このマーカークが貼付された測定ペグを 20 台の高速カメラ（VICON, MX）を備えた VICON 製モーションキャプチャシステムで撮影した（図 11）。マーカークの位置計測にあたっては、専用処理ソフト（Vicon Nexus, Vicon Motion System 社製）を使用した。



図 11 圧力センサー

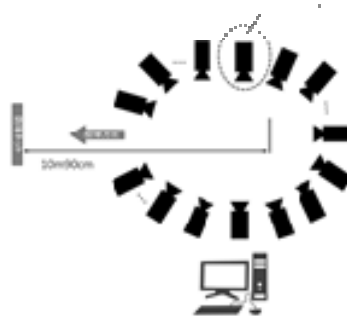


図 12 実験配置設定

2.1.2 静的姿勢での肩甲骨位置の測定

静的姿勢の撮影に先立って、身体各部位にマーカークを貼付した。貼付位置は、身体 50 点＋肩甲骨の 50～60 点とした（図 12, 図 13）。

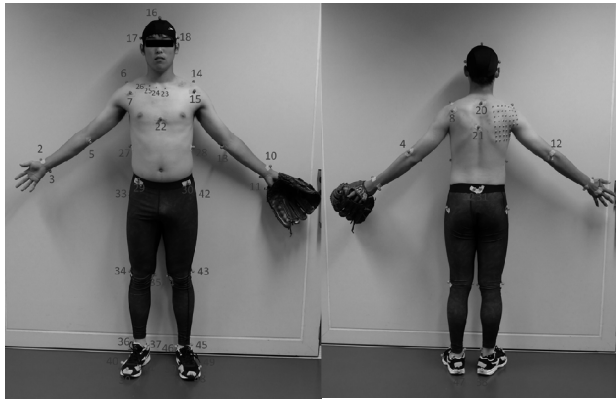


図 12 マーカー貼付け位置

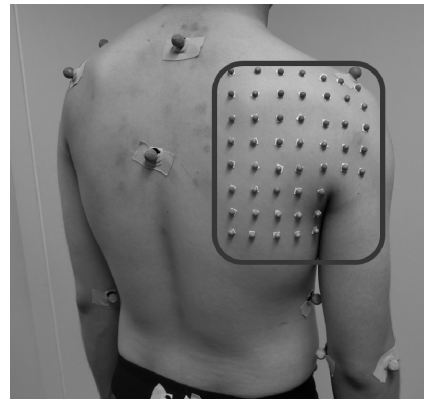


図 13 マッピング貼付け位置

前述した測定ペグから皮膚接触部の3つのマーカーを外し、以下に示す4つの静的姿勢時の肩甲骨位置の測定を行った。これらは投球フォームの過程で起こりうる姿勢、もしくはそれに近い形を抽出したものである。

・投球に近い4つの静的姿勢

① テイクバック開始 (図 14)

投手がテイクバックに入る前の準備動作で腕を下ろしたところから、テイクバックをしていく過程の姿勢とした。具体的には、腕を垂らした姿勢で肩を最大内旋させた姿勢である。



図 14 テイクバック開始

② テイクバック途中 (図 15)

テイクバック途中の姿勢とした。具体的には、肩関節外転 45° ，肩関節水平外転 30° である。姿勢は、できるだけテイクバック途中に実際に近いものとしたが、測定の正確性を期すため筋肉の膨隆などで測定不可能とならないギリギリの水平外転 30° とした。

事前に専用パッドを製作し、できるだけ正確な測定を試みた。

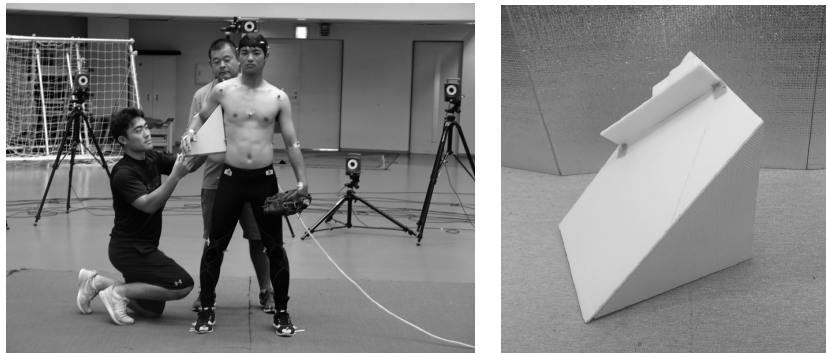


図 15 テイクバック途中

③ テイクバック終期 (図 16)

テイクバック終盤の姿勢とした．具体的には，肩関節外転 90° である．

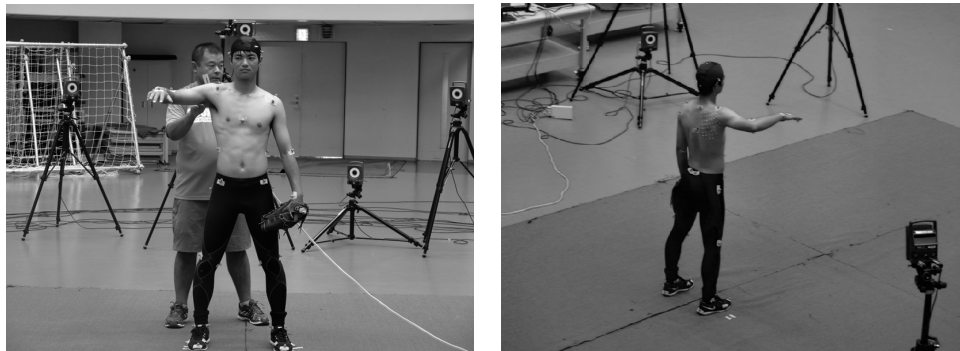


図 16 テイクバック終期

④ フォロースルー (図 17)

リリース後のフォロースルーの姿勢とした．具体的には，投球後の姿勢に近づけるため踏み込み足股関節屈曲 90° ，膝関節 90° ，足関節 90° ，軸足側股関節 0° 膝関節 90° で膝を着いた姿勢をとり．その後，体幹左回旋および屈曲，肩関節屈曲，水平内転することで投球側肘関節後部を踏み込み足の膝外側部に乗せた姿勢とした．

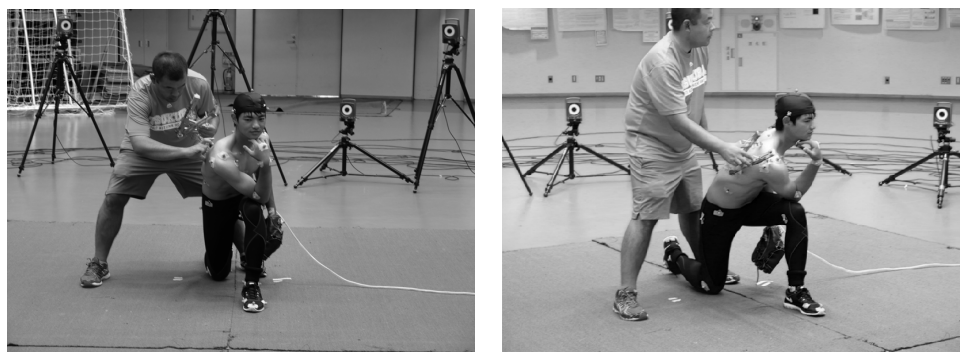


図 17 フォロースルー

2.1.3 マッピング・マーカを貼付した静的姿勢の撮影

肩甲骨背部の皮膚表面上に直径 6.4mm のマーカを、原則、8 行 7 列貼付した。ただし、下部に行くにしたがって、胸部が狭くなるために、人によって、完全に 8 行 7 列とはならず、下部の幾つかの行において、右側のマーカを 1 つまたは 2 つ取り付けなかった (図 18)。その後、上記で示した静的姿勢とできるだけ同じ姿勢になるようにして、マーカ位置を上記と同じモーションキャプチャシステムで撮影した。

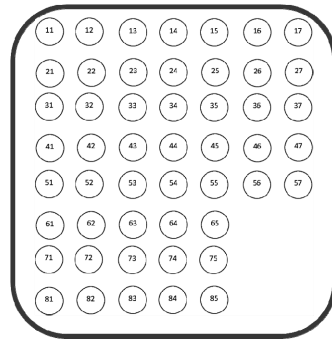


図 18 マーカ貼付け模式図

2.1.4 投球

身体各部位のマーカおよび肩甲骨表皮のマッピング・マーカを貼り付けた状態で、「全力で投げるように」という指示を与え、約 11m 先 (高さ 1.25m) のネットに向かい投球させた。試技はいずれも直球であり、5 球とした (図 19)。ボールリリースの判断のために、使用するボールには、マーカ 2 点貼付した。



図 19 ネット位置とボールへのマーカ貼付け位置

2.2 データ処理

認識されていないマーカがある場合は、専用処理ソフト (Vicon Nexus, Vicon Motion System 社製) を用いてデータ補完を行った。静的姿勢におけるマーカの位置座標は、2 秒-4 秒程度の撮影時間の平均値をそのマーカの位置座標とした。投球動作においては、得られたマーカの座標値は遮断周波数 14Hz で、4 次の時間遅れなしのバターワース型デジタルフィルタを

用いて平滑化した。

2.3 測定項目および算出方法

2.3.1 関節角度定義

関節角度に関しては、国際バイオメカニクス学会が推奨する角度規約を用いて移動座標系を規定した。(Wu et al, 2005 図 20)。

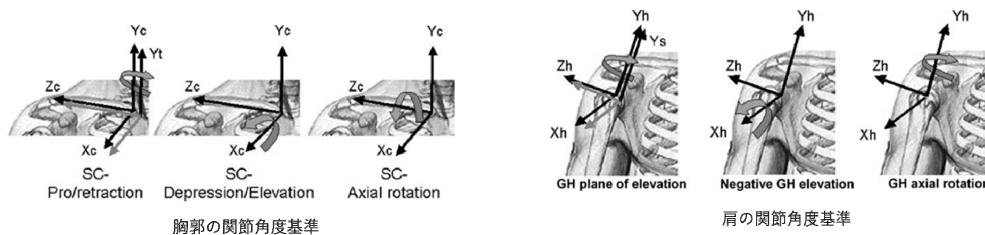


図 20 ランドマークと関節角度基準*WU et al (2005)

2.3.2 測定ペグ形状から肩甲骨形状の推定

(各個人の肩甲骨形状の特定)で得られたデータを基に、測定ペグの局所座標系における接触部(肩甲骨下角, 肩峰角, 肩甲骨棘三角部)の位置を計算した(図 21)。

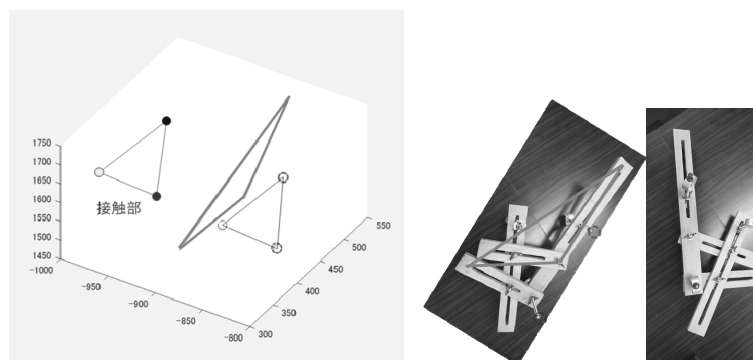


図 21 肩甲骨形状の特定

2.3.3 肩甲骨面の角度

得られた肩甲骨 3 点の情報から肩甲骨座標系(直交座標系, X 軸: 背側から腹側, Y 軸: 垂直方向, Z 軸: 肩甲骨棘内側から外側)を設定し、それと胸郭座標系との位置関係から肩甲骨面の角度を計算した(図 22) つまり、肩甲骨の観測値は静的伏臥位からの相対値である。

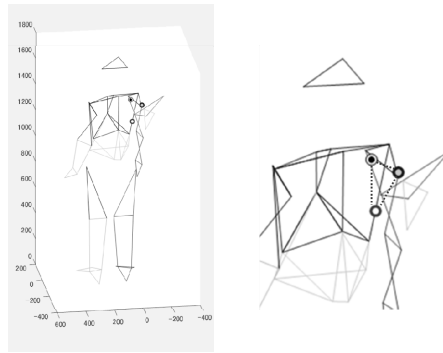


図 22 肩甲骨面の位置・角度推のための定得られた肩甲骨 3 点の情報

2.3.4 マッピング・マーカ最突出位置，マップ平面角度の同定

マッピング・マーカの位置をもとに，主成分分析の第一，第二，第三主成分の軸を用いて，マッピング・マーカの凹凸（図 23，図 24）を解析し，最突出点を算出した．すなわち，マッピング・マーカで構成される平均平面に対して，最も突出している（第三主成分において，背側から腹側方向を正とした場合に，最も負の値の大きい）マーカを最突出点とした．

また，同様に，マッピング・マーカの平均平面に対して突出しているマーカすべてを選出し（図 25），それらのマーカで構成される平面を第一，第二主成分から求めた．その後，主成分分析の第一，第二主成分であらわされるマッピング・マーカ平面の軸を，X 軸を背側から腹側方向の単位ベクトル，Y 軸を下方から上方への単位ベクトル，Z 軸を内側から外側への単位ベクトルに置換することによって，胸郭座標系と Y 軸および Z 軸ベクトルとでなす角度を求めることで，マップ平面角度の同定を行った．

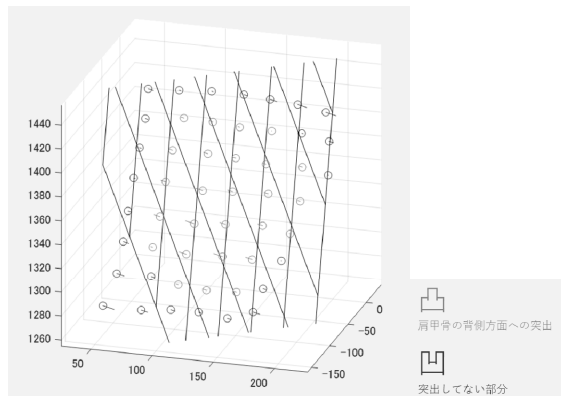


図 23 マッピング・マーカの凹凸

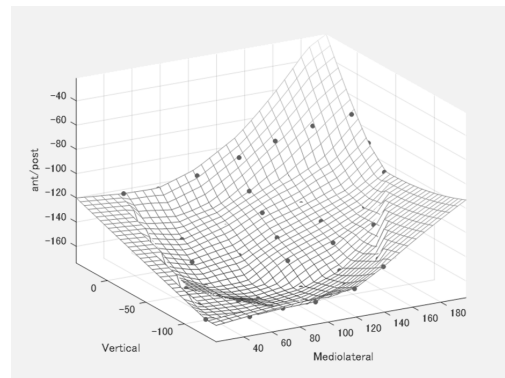


図 24 肩甲骨の突出点

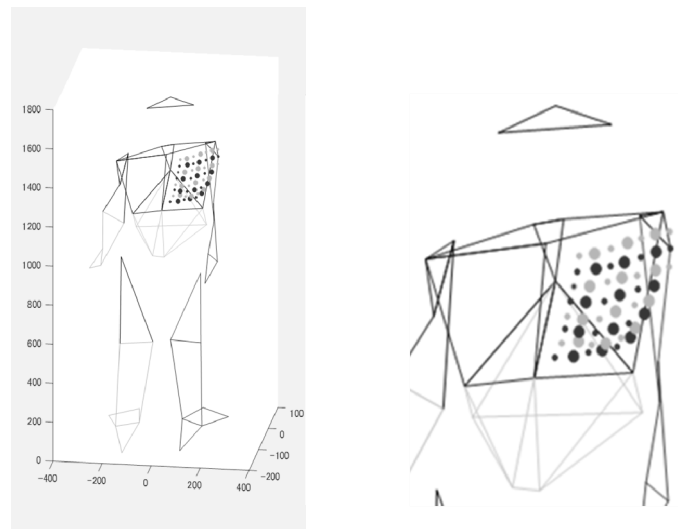


図 25 肩甲骨表皮上に貼付したマッピング・マーカー

2.3.5 Scapula Locator とマッピング・マーカーの比較から肩甲骨位置の推定

測定peg, マッピング・マーカーそれぞれの静的肢位 4 種×3 試技のうち, 胸鎖関節 2 自由度 (下制・挙上角度, 前突・後退角度), 肩関節 3 自由度 (内・外旋角度, 内・外転角度, 水平内・外転角度) それぞれの関節角度差 (RMSE) が最も小さい組み合わせを当該姿勢時の肩甲骨位置ならびにマッピング・マーカー情報とした (図 26).

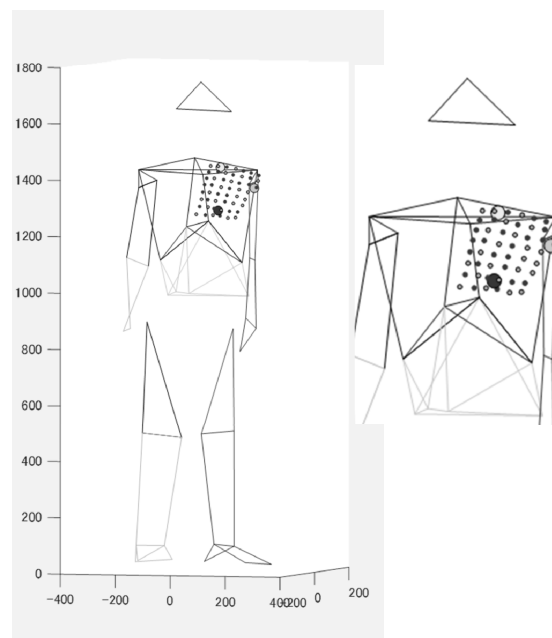


図 26 マッピング・マーカーによる肩甲骨位置の推定

2.3.6 数式モデルの頑健性の検証

数式モデルの頑健性を確認するための交差検証として、leave-one-out 法を実施した。つまり、今回、数式モデルに採用した 22 名の対象者のうち、1 名ずつをモデルから除外し、数式モデルの揺らぎを検証した。

2.3.7 投球中の肩甲骨位置の推定

上記で得られたマッピングの最突出点の位置、マッピングの内・外転角度、前傾・後傾角度、上方・下方回旋、肩関節の内・外転角度、水平内・外転角度、内・外旋角度、胸鎖関節の前突・後退、挙上・下制を独立変数とし、静的姿勢で得られた肩甲骨の位置または角度を従属変数としたステップワイズ法の重回帰分析を用いて、胸郭座標系に対する肩峰角の位置座標および肩甲骨の 3 つの角度（後方傾斜角、下方回旋角、外転角）を推定した。

3. 結果

3.1 肩甲骨位置と肩甲骨角度のモデル

3.1.1 肩甲骨位置

肩峰角の位置を表す従属変数（SAAx, SAAy, SAAz）と各独立変数（胸鎖下制角など）の単相関係数を表 1 に示した（表 1）。

また、各従属変数について、重回帰分析を行い、以下の推定式を得た。

$$\text{SAAx} = 3.0929451 \times \text{胸鎖前突角} + 0.2543111 \times \text{肩外転角} - 39.32285$$

$$\text{SAAy} = -2.935206 \times \text{胸鎖下制角} - 0.238403 \times \text{SMM 下方回旋角} - 32.58103$$

$$\text{SAAz} = 0.9134332 \times \text{胸鎖前突角} + 0.6865185 \times \text{胸鎖下制角} - 0.198365 \times \text{肩外転角} + 0.0461656 \times \text{SMM 外転角} + 240.9818$$

となった。

3.1.2 肩甲骨角度

肩甲骨の角度（前突角、後方傾斜角、外転角）と各独立変数との単相関係数を表 2 に示した。また、肩甲骨角度に関数する各従属変数について、重回帰分析を行い、以下の推定式を得た。

$$\text{後方傾斜角} = 0.2806574 \times \text{最突出点 X 座標} - 0.223925 \times \text{胸鎖前突角} + 50.070777$$

$$\text{下方回旋角} = -0.236709 \times \text{肩外転角}$$

$$\text{外転角} = 1.1439235 \times \text{胸鎖前突角} - 44.047559$$

となった。

表 1 肩甲骨位置と各独立変数の相関係数

	SAAx	SAAy	SAAz
胸鎖下制角	-0.201	0.864	0.036
胸鎖前突角	-0.716	0.005	-0.439
肩内旋角	-0.168	0.041	-0.055
肩外転角	-0.139	-0.007	0.156
肩水平内転角	0.203	0.230	0.078
最突出点 x	-0.353	0.160	0.096
最突出点 y	0.283	-0.381	-0.170
最突出点 z	-0.037	-0.176	-0.068
SMM 後方傾斜角	-0.181	0.048	0.013
SMM 下方回旋角	-0.322	0.255	-0.152
SMM 外転角	-0.046	0.071	-0.217

* : $p < 0.05$

表 2 肩甲骨角度と各独立変数の相関係数

	後方傾斜	下方回旋	外転
胸鎖下制角	-0.084	0.200	0.287
胸鎖前突角	0.322	-0.048	-0.123
肩内旋角	0.086	0.155	0.236
肩外転角	0.034	0.245	0.061
肩水平内転角	-0.083	0.116	0.006
最突出点 x	-0.493	-0.010	0.339
最突出点 y	-0.094	-0.061	0.058
最突出点 z	0.152	-0.081	-0.108
SMM 後方傾斜角	0.026	0.119	0.205
SMM 下方回旋角	-0.163	-0.035	0.219
SMM 外転角	0.198	-0.020	-0.177

* : $p < 0.05$

3.2 肩甲骨位置の測定誤差の確認

肩甲骨位置に関する上記推定モデルによる実測値と予測値の相関係数の二乗は, X 座標で 0.933, Y 座標で 0.839, Z 座標で 0.730 であり, 有意な高い相関が示された (いずれも $p < 0.001$). それぞれの誤差 (平均二乗誤差 : 以下, RMSE) においては, X 軸で 10.178mm, Y 軸で 6.897mm, Z 軸で 9.998mm となった (図 29, 図 30, 図 31).

肩甲骨の角度においては, 相関係数の二乗は, 後方傾斜角で 0.515, 下方回旋角で 0.412, 外転角で 0.791 であり, 有意な相関が示された ($p < 0.001$). RMSE においては, 後方傾斜角で 4.686° , 下方回旋角で 9.147° , 外転角で 7.747° の誤差がみられた (図 32, 図 33, 図 34).

以上より, 本研究では肩甲骨位置と肩甲骨角度の推定を試み, 有意な相関関係を認めることができた. また, RMSE は位置に関しては, おおよそ 10mm 以下の精度であり, 角度に関しては, 10° 以下であった.

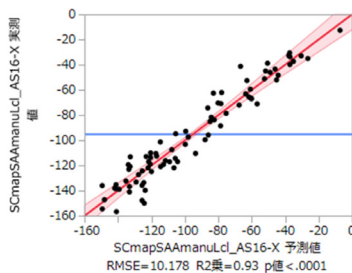


図 29 肩峰角位置 (X 座標)

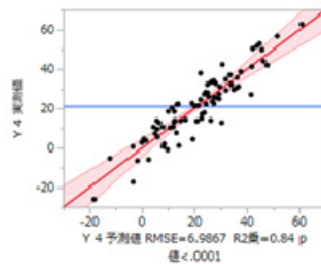


図 30 肩峰角位置 (Y 座標)

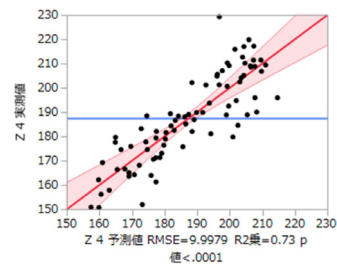


図 31 肩峰角位置 (Z 座標)

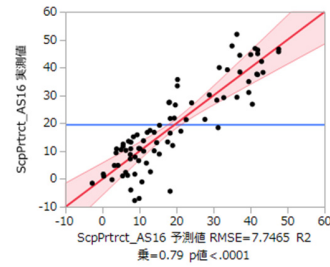
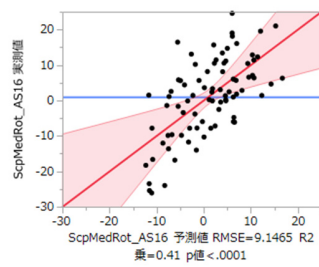
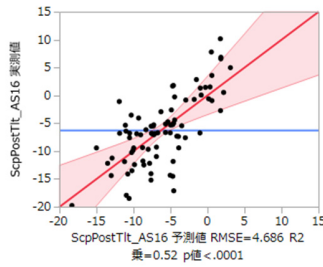


図 32 後方傾斜角

図 33 下方回旋角

図 3 外転角

3.3 推定モデルの頑健性の検証

Leave-one-out 法で検証した結果、肩峰角位置 X および Y 座標においては、22 ケース中 20 ケースで同一の独立変数を選択し、その回帰係数も類似したものとなった（表 3, 表 4）. SAAx において異なるモデルを示した 2 ケースについては、推定モデルと同一の胸鎖前突角と肩内転角は主要な変数として採用され、回帰係数も類似したものであった. また、SAAy において異なるモデルを示した 2 ケースについても、推定モデルと同一の胸鎖下制角とマッピング・マーカ一下方回旋角が採用され、回帰係数も類似したものであった. 肩峰角位置 Z 座標においては、前二者とは若干異なる傾向を示した. 22 ケース中半数の 11 ケースにおいて同一の独立変数が選択され、類似した回帰係数が示された（表 5）. 一方、異なるモデルを示した 11 ケース中 8 ケースは推定モデルに採用されていたマッピング・マーカ外転角が不採用になっており、3 ケースは肩外転角が不採用になっていた. 22 ケースすべてに採用されたのは、胸鎖関節前突角と胸鎖関節下制角であった.

表 3 肩甲骨位置 SAAx に対する推定モデル 表 4 肩甲骨位置 SAAy に対する推定モデル

[illegible]

表 5 肩甲骨位置 SAAz に対する推定モデル

SAAz																			
Except																			
Nothing	0.913433	胸鎖関節角	0.686519	胸鎖下制角	-0.19837	肩外転角	0.046166	SHHH内転角	240.98018	変数	0.730145	0.700572	9.997854						
21A	0.946374	+	0.674544	+	-0.18844	+	—	—	239.8065		0.730166	0.699327	10.12163						
21B	0.898008	+	0.675704	+	-0.19584	+	—	—	242.98		0.728607	0.694909	10.15274						
21C	0.890044	+	0.680017	+	-0.19975	+	—	—	240.9115		0.728603	0.691646	10.21291						
21D	0.942886	+	0.692721	+	-0.18939	+	—	—	243.7386		0.737542	0.707546	9.926901						
21E	0.929352	+	0.745933	+	-0.20138	+	—	—	244.9032		0.729659	0.698763	10.04931						
21F	1.01212	+	0.759927	+	-0.19054	+	—	—	241.9758		0.768005	0.742048	9.140979						
21G	0.860757	+	0.559139	+	-0.24525	+	0.05342	+	233.7947		0.77524	0.749181	9.01365						
21H	0.918777	+	0.656462	+	-0.19198	+	—	—	241.1021		0.728534	0.69706	10.09309						
22C	0.928992	+	0.657236	+	-0.20056	+	0.046999	+	240.3722		0.717712	0.684983	10.24531						
22E	0.889909	+	0.76613	+	-0.1877	+	0.048303	+	239.3867		0.730219	0.700649	10.16477						
22F	0.930337	+	0.654603	+	-0.21128	+	0.045443	+	241.3665		0.738108	0.707744	9.828168						
22G	0.892326	+	0.709127	+	-0.18213	+	0.048793	+	240.0156		0.724943	0.693508	10.14761						
23A	0.97865	+	0.709997	+	—	—	0.046504	+	246.2353		0.743965	0.714704	9.914229						
23C	0.858399	+	0.774222	+	—	—	0.044919	+	238.5377		0.721916	0.690135	10.04381						
23E	0.916697	+	0.731999	+	—	—	0.047101	+	240.6486		0.724132	0.692604	10.17715						
23F	0.889861	+	0.630582	+	-0.21741	+	0.04747	+	242.317		0.719812	0.687326	10.13441						
23G	0.898044	+	0.65194	+	-0.21363	+	0.051083	+	242.838		0.731221	0.700503	10.07938						
24A	0.937407	+	0.768098	+	-0.18596	+	—	—	241.3617		0.724884	0.692764	10.14053						
24B	0.926997	+	0.582544	+	-0.21387	+	—	—	241.8756		0.730661	0.699434	9.97938						
24C	0.880747	+	0.774845	+	-0.1846	+	—	—	239.459		0.734254	0.703443	9.988751						
24D	0.902003	+	0.625868	+	-0.20823	+	0.048861	+	241.0265		0.727083	0.695893	10.13147						
24G	0.885543	+	0.673471	+	-0.20363	+	0.046808	+	238.6746		0.716021	0.683096	10.24064						
mean	0.91	mean	0.69			mean	241.01	mean	0.73	0.70	10.08								
SD	0.03	SD	0.06			SD	2.01	SD	0.008	0.009	0.12								
11例を削い	0.91	11例を削い	0.67			11例を削い	240.43	11例を削い	0.73	0.70	9.93								
た場合	0.04	た場合	0.06			た場合	2.61	た場合	0.02	0.02	0.44								

肩甲骨後方傾斜角の推定モデルについて、Leave-one-out 法で検証した結果を表 6、表 7、表 8 に示す。22 ケース中 19 ケースで同一の独立変数（マッピング・マーカー最突出点，胸鎖関節前突角）を選択し，残りの 3 ケースではそのうちのマッピング・マーカー最突出点のみが採用された。いずれのケースにおいても，その回帰係数も類似したものとなった（表 6，表 7，表 8）。

肩甲骨外転角では，22 ケース中 16 ケースで胸鎖関節前突角だけが採用された。それ以外の 3 ケースにおいては，胸鎖関節前突角以外にマッピング・マーカー最突出点の Y 座標が採用され，残りの 3 ケースでは胸鎖関節前突角以外にそれぞれ異なる変数が採用された（マッピング・マーカー後方傾斜角，胸鎖関節下制角とマッピング・マーカー外転角，肩内旋角）。22 ケースすべてにおいて採用された胸鎖関節前突角の回帰係数は，どのケースも類似していた。

肩甲骨下方回旋角については，22 ケース中 20 ケースで肩外転角だけが採用され，残りの 2 ケースにおいては肩外転角のほかに胸鎖関節下制角が採用された。例外 1 ケースの回帰係数はやや大きめの（負の値が小さい）値を示したが，他の 21 ケースにおいては類似した値を示した。

後方傾斜角										下方回旋角									
Except																			
Nothing	0.280637	最突出点 X	-0.22393	胸鎖関節角						Nothing	-0.23671	肩外転角							
21A	0.332047	+	-0.22427						50.9989		0.515639	0.429525	4.685979	21A	-0.25443				
21B	0.248554	+	—	—					45.0038		0.480435	0.39384	4.73558	21B	-0.196	+	0.561994	胸鎖下制角	
21C	0.267885	+	—	—					49.00611		0.518322	0.438043	4.767498	21C	-0.24391	+			
21D	0.323747	+	—	—					41.5399		0.559747	0.487407	4.34259	21D	-0.27687	+			
21E	0.326495	+	-0.232778						45.96151		0.541352	0.466051	4.605842	21E	-0.22913	+	0.638352	胸鎖下制角	
21F	0.325358	+	-0.23277						58.90514		0.566311	0.495109	4.512529	21F	-0.2258	+			
21G	0.328513	+	-0.26757						52.72051		0.548851	0.471326	4.607562	21G	-0.23434	+			
21H	0.296914	+	-0.24008						52.22388		0.529964	0.451626	4.717862	21H	-0.25897	+			
22C	0.287429	+	-0.22844						51.03772		0.516761	0.436197	4.684144	22C	-0.2343	+			
22E	0.27883	+	-0.24557						49.25616		0.502124	0.419145	4.75573	22E	-0.2444	+			
22F	0.268503	+	-0.21535						46.9325		0.468308	0.414993	4.681824	22F	-0.25033	+			
22G	0.267116	+	-0.22007						48.90066		0.504299	0.422915	4.691039	22G	-0.23981	+			
23A	0.281982	+	-0.23619						50.81513		0.504457	0.422099	4.766862	23A	-0.2142	+			
23C	0.303903	+	-0.20771						58.49328		0.540525	0.465099	4.637929	23C	-0.22091	+			
23E	0.304061	+	-0.2459						51.99426		0.52648	0.452323	4.662899	23E	-0.23156	+			
23F	0.280328	+	-0.22769						50.40228		0.513871	0.43285	4.781721	23F	-0.26392	+			
23G	0.278507	+	—	—					50.24982		0.511189	0.431793	4.758714	23G	-0.24789	+			
24A	0.279022	+	-0.22387						50.91336		0.500315	0.420368	4.772189	24A	-0.2395	+			
24B	0.292534	+	-0.23257						52.99406		0.51364	0.43258	4.769252	24B	-0.22555	+			
24C	0.273859	+	-0.2082						45.62344		0.509935	0.428528	4.651304	24C	-0.25148	+			
24D	0.320725	+	-0.22583						48.10876		0.490352	0.406878	4.703997	24D	-0.22384	+			
24G	0.28089	+	-0.22201						51.33482		0.508226	0.426264	4.790105	24G	-0.24435	+			
mean	0.28	mean	-0.23			mean	50.08	mean	0.51	0.43	4.72	mean	-0.24						
SD	0.01	SD	0.01			SD	2.80	SD	0.018	0.015	0.05	SD	-0.01						
4例を削い	0.29	4例を削い	-0.23			4例を削い	50.65	4例を削い	0.52	0.44	4.69	2例を削い	-0.24	2例を削い					
た場合	0.02	た場合	0.01			た場合	3.46	た場合	0.02	0.02	0.09	た場合	0.02	た場合					

表 6 肩甲骨後方傾斜角に対する推定モデル 表 7 肩甲骨下方回旋角に対する推定モデル

外転角		RMSE	
Except			
Nothing	1.147924 胸鎖関節変角	44.04756	0.791045 0.758209 7.746521
21A	1.16565	43.0962	0.810495 0.779382 7.72917
21B	1.08663	43.72754	0.768429 0.753187 7.866887
21C	1.20435	29.80801	0.791222 0.756425 7.857722
21D	1.22041	44.68426	0.80526 0.773288 7.844084
21E	1.09234	35.3414	0.806537 0.774775 7.75389
21F	1.09649	26.52857	0.80068 0.787955 7.762074
21G	1.141713	43.55796	0.782154 0.745846 7.93077
21H	1.075301	43.57185	0.792858 0.758334 7.728998
22C	1.1419	44.63841	0.789345 0.754235 7.874997
22E	1.05283	43.04955	0.815948 0.785273 7.721807
22F	1.160365	44.20214	0.790661 0.755771 7.875315
22G	1.185443	43.81181	0.787777 0.752935 7.821808
23A	1.17978	44.54381	0.784105 0.74866 7.889894
23C	1.189311	43.99825	0.791399 0.757151 7.752861
23E	1.152687	37.57881	0.793578 0.759688 7.707303
23F	1.160504	43.87236	0.783056 0.746888 7.913544
23G	1.156436	44.251	0.789392 0.754815 7.845372
24A	1.1622	44.34184	0.792961 0.758454 7.878578
24B	1.13822	44.22102	0.78806 0.750403 7.848292
24C	1.134542	25.62269	0.789079 0.753925 7.793954
24D	1.16131	44.3973	0.794288 0.760515 7.7973
24G	1.167845	44.59101	0.789331 0.754195 7.921794
mean	1.15	mean	42.37 0.79 7.80
SD	0.03	SD	5.14 0.008 0.009 0.18
6桁未満	1.15 6桁未満	6桁未満	44.09 6桁未満 0.79 0.76 7.79
た爆音	0.04 た爆音	た爆音	0.46 た爆音 0.01 0.01 0.18

表 8 肩甲骨外転角に対する推定モデル

3.4 投球時の肩甲骨位置の推定

まず、本研究における対象者の投球速度は、平均 109.053 ± 13.742 km/h、最高速度は 128.016 km/h、最低速度は 78.864 km/h であった (表 10)。

投球相ごとの肩関節(胸郭と上腕)の角度を時間について規格化したデータの平均を算出した。投球の踏み出し足接地時(SFC とする)を 0% とし、ボールリリース(REL) 時を 100% とした。

本研究と肩関節を「体幹および肩甲骨を剛体として仮定し、この剛体と上腕のなす関節」として定義した先行研究(高橋ら, 2005; Ishida et al., 2004; Fleisig et al., 2006; Dun et al., 2007; Chu et al., 2009)と比較検討した(表 9)。

まず、本研究の SFC 時をみると、肩内旋角 $-66.375 \pm 29.469^\circ$ 、肩外転角 $86.274 \pm 12.400^\circ$ 、肩水平内転角は $-23.576 \pm 12.973^\circ$ であった。先行研究では、肩内旋角 $-55.500 \pm 11.358^\circ$ 、肩外転角 $84.500 \pm 9.192^\circ$ 、肩水平内転角 $-27.500 \pm 7.326^\circ$ であった。

本研究の MER 時をみると、肩内旋角 $-159.804 \pm 12.935^\circ$ 、肩外転角 $99.331 \pm 7.722^\circ$ 、肩水平内転角は $7.064 \pm 9.253^\circ$ であった。先行研究(高橋ら, 2005; Ishida et al, 2004; Fleisig et al., 2006; Dun et al., 2007; Chu et al., 2009)では、肩内旋角 $-173.900 \pm 5.459^\circ$ であった。

また、REL 時をみると、本研究では、肩内旋角 $-129.390 \pm 10.901^\circ$ 、肩外転角 $97.541 \pm 6.910^\circ$ 、肩水平内転角は $8.466 \pm 11.196^\circ$ であった。先行研究(高橋ら, 2005; Ishida et al, 2004; Fleisig et al., 2006; Dun et al., 2007; Chu et al, 2009)では肩内旋角 $-113.000 \pm 12.728^\circ$ 、肩外転角 $96.000 \pm 8.485^\circ$ 、肩水平内転角 $6.500 \pm 0.707^\circ$ であった。

これらから、結果は先行研究とほぼ同様の肩関節角度で投球が推移していることがわかる。

表 9 投球中の位置と角度

本研究での肩甲骨と肩関節角度						
肩甲骨と肩関節角度	SFC	SD	MER	SD	REL	SD
肩峰角位置X(mm)	-172.28	±16.809	-133.854	±14.737	-114.153	±17.091
肩峰角位置Y(mm)	18.531	±14.506	11.537	±15.508	19.815	±15.742
肩峰角位置Z(mm)	169.61	±8.691	178.822	±4.977	182.371	±4.870
肩甲骨後方傾斜角(°)	12.001	±3.251	14.493	±2.939	12.22	±3.184
肩甲骨下方傾斜角(°)	-5.005	±2.935	-8.098	±1.827	-7.668	±1.637
肩甲骨外転角(°)	-13.241	±6.258	-0.257	±5.382	7.197	±6.194
胸鎖関節下制角(°)	-12.044	±5.090	-9.935	±4.947	-12.908	±4.859
胸鎖関節前突角(°)	-50.081	±5.470	-38.731	±4.705	-32.214	±5.415
肩内旋角(°)	-66.375	±29.469	-159.804	±12.935	-129.39	±10.901
肩外転角(°)	86.274	±12.400	99.331	±7.722	97.541	±6.910
肩水平内転角(°)	-23.576	±12.973	7.064	±9.253	8.466	±11.196
先行研究での肩甲骨と肩関節角度						
肩甲骨と肩関節角度	SFC	SD	MER	SD	REL	SD
肩峰角位置X(mm)						
肩峰角位置Y(mm)						
肩峰角位置Z(mm)						
肩甲骨後方傾斜角(°)						
肩甲骨下方傾斜角(°)						
肩甲骨外転角(°)						
胸鎖関節下制角(°)						
胸鎖関節前突角(°)						
肩内旋角(°)	-55.5	±11.358	174.333	±10.662	-113	±12.728
肩外転角(°)	84.5	±9.192			96	±8.485
肩水平内転角(°)	-27.5	±7.326			6.5	±0.707

表 10 投球スピード

ID	投球スピード VEL(km/h)
21A	105.816
21B	89.832
21C	109.224
21D	89.388
21E	101.520
21F	115.800
21G	113.448
21H	94.800
22C	92.160
22E	114.996
22F	97.224
22G	78.864
23A	110.904
23C	124.452
23E	123.192
23F	121.920
23G	106.080
24A	117.492
24B	121.806
24C	128.016
24D	119.868
24G	122.364
AVG	109.053
SD	13.742

4. 考察

先行研究では、投球の際 SFC から REL までの各関節運動を分析して肩甲骨運動が主体となる選手が多数いることを提示しており（宮下ら，2010），MER から REL までの投球の加速期における肩甲骨上腕関節と肩甲骨後傾運動を分析した研究（宮下ら，2009a）では、肩関節の角度変化量が $33.3 \pm 8.3^\circ$ に対して約 10° ($9.8 \pm 6.9^\circ$) のおよそ約 30% を肩甲骨が担っているとされている。

本研究においても、MER から REL までの肩関節外旋（体幹および肩甲骨を剛体として仮定し、この剛体と上腕のなす関節としての肩関節）は $-30.414 \pm 9.947^\circ$ であり、その際の肩甲骨後傾（後方傾斜）は $2.273 \pm 1.082^\circ$ ，と約 7.5% を肩甲骨が担っていることが明らかとなった。

次に、MER から REL までの肩関節外旋の角度変化量と投球のパフォーマンス指標である投球スピードを、肩関節外旋の角度変化量が大きかった上位 11 名と小さかった下位 11 名を比較した。上位 11 名の投球スピードの平均は $111.846 \pm 12.495 \text{ km/h}$ ，下位 11 名は $106.264 \pm 14.944 \text{ km/h}$ であり、約 5 km/h の差異がみられたが、統計的な有意差はみられなかった。投球時の肩最大外旋（MER）の角度変化量は、投球スピードを生成することに必ずしも関係しているとはいえないことが考えられる。

また、個別に選手をみていくと、肩甲骨の前傾・後傾運動がほとんど生じていない選手がいることも明らかにされている（宮下ら，2017）。この研究の場合、肩関節の前傾・後傾がほとんど動かなかった選手について「某独立リーグで活躍した選手」とされ技術的な

問題でないと推察されており、これまで明らかにされてこなかった肩甲骨の上方・下方傾斜や内転・外転についても肩甲骨の動きの詳細な動態を明らかにすることの重要性が示唆されている。

そこで、投球中の肩甲骨の動きの定量化から指導現場への応用事例を行った。本節では観察された投球中の肩甲骨の動きの定量化を行った結果から指導現場での実践に応用することを試みた。

表 11 は、今回の対象者の中から投手で最大球速 (128.0 km/h) を記録した対象者 A と最小球速 (106.1 km/h) を記録した対象者 B を典型例として肩甲骨、胸鎖関節、肩関節の動きを定量化したものである。

まず、両対象者の肩甲骨の FC 時における上下方回旋の項目をみると A は -6.92° 、B は -0.76° であり、A のほうが上方回旋していた。そこでその際の肩関節の内外転をみると A は 94.35° 、B は 68.33° であり、外転位を示していた。これはいわゆる「肘を上げる」ことになるが、FC 時において A のほうが肩甲骨の上方回旋を伴う「肘の挙上」が行われていることを示していると考えられる。立位の鉛直下方向を 0° とすると肩関節外転位 30° 程度から肩甲骨は上方回旋する肩甲骨と肩甲上腕関節のリズムがあることが知られている。しかし、野球の投球のようなダイナミックな動作ではこれらの動作がリズムよくできているかどうかはあまり確認できなかった。これらの動きが確認・評価できるようになることは肩甲骨の動作を誘発する筋の活動を示すことであり、トレーニングにおいて上方回旋を起こす筋群（前鋸筋など）を鍛えることが有効であると証明できると考えられる。FC 時の「肘の挙上」は投球パフォーマンスを評価する一つの指標であるが、投球能力が優れている対象者 A のほうが肩甲骨の動きを伴う肩関節外転すなわち「肘の挙上」を行っていたと評価でき、対象者 B は前鋸筋など肩甲骨を動かす筋のトレーニングを行うよう提言することが望まれるであろう。

その一方で、FC 時の肩関節の水平外転において、A は -12.22° 、B は -38.7° と B が大きい傾向にあった。そこでこの時の肩甲骨の動きをみると内転位、A は -15.25° 、B は -11.81° であり、それほど動きは変わりがなかった。この肩関節の水平内外転の動きと肩甲骨の内外転の動きは A と B で違いがみられるという結果になった。このことはその後の動き、特に FC-MER の角変位をみると肩甲骨内外転では A は 15.01° 、B は 23.14° 動いたのに対して、肩関節水平内外転の角変位は A が 15.07° に対し、B は 53.50° となっていた。A は肩甲骨内外転と肩関節水平内外転の動きは違いがなかったのに対して、B では 30° の違いがみられた。このことは A が肩甲骨の動きに肩甲上腕関節が同調してリズムよく動いていたのに対して、B は肩甲骨の動きに対して、肩甲上腕関節が逸脱した動きをしていたと評価でき、B のパフォーマンスが低い要因であり、さらには肩関節のケガにつながる動きであるとの予測ができると考えられる。これらは対象者 B に対して投球メカニクスの変更を提言することが望ましいと考えられる。

このように本研究で得られた結果を応用して、指導現場に活かすことができれば、正確なパフォーマンスの評価と投球障害の予防につながることを期待できると考えられる。

他方で、障害予防という観点においても、投球障害肩の病巣（インピンジなど）は、肩甲上腕関節にみられることが多く投球障害肩の予防やリハビリテーションでは、投球動作時の肩甲上腕関節のストレスを分析する必要がある（宮下ら, 2009b）と報告されており、肩甲骨の動きと肩甲上腕関節の動きを個別に分析する必要性が考えられるとしている。その肩甲骨の動きを胸鎖関節の動きから予測して投球障害との関係を示唆した研究(Matsuo et al;2016)では、肩の障害がある選手はアームコッキング中の胸鎖関節の内転が障害のなかった参加者の $-56.8 \pm 4.9^{\circ}$ と比較して、 -43.20 と -45.20 で標準偏差の2倍以下であり、結果的に胸鎖関節（＝肩甲骨）の動きが悪いことで肩甲上腕関節の水平外転が「ハイパーアンギュレーション」とされる動作となり肩甲上腕関節の負担が増大し障害もしくはその危険性が高くなったことが示唆した。本研究でも、胸鎖関節の動きが上位5名で -32.733 ± 2.166 、下位5名で -14.873 ± 2.127 と上位は2倍以上動いているが、肩甲上腕関節の水平外転は上位5名 -61.259 ± 19.754 、下位5名 -50.498 ± 10.724 とその違いは上位の標準偏差内である。これは、胸鎖関節の動きが悪いと病変となりうる肩甲上腕関節の水平外転での代償が大きくなり肩甲上腕関節の負担が大きくなることを示している。このためこの研究のように肩甲骨の動態を詳細に調べる本研究の重要性が示唆された。

本研究は、投球動作中の肩甲骨位置の推定方法の新たな開発の第一歩が主題であった。ここまで肩甲骨の詳細な分析と本研究の意義について先行研究と比較して述べた。本研究のデータの多くはすべての対象者の平均と先行研究の角度データを比較検討までにとどまっている。今後は個人間だけでなく、個々に特徴がみられる投球フォームから個人内の特徴についても分析することにより、より実践的なコーチングへの示唆がなされることが考えられる。

表 11 肩甲骨，胸鎖関節，肩関節の動きの定量化事例

注釈者	肩甲骨			胸鎖関節		肩関節		外転+	水平内転+
A-投球時 の静止姿勢	後方傾斜+	下方回旋+	外転+	下制+	最突+	内収+			
	前方傾斜-	上方回旋-	内転-	果上-	後退-	外収-	内転-	水平外転-	
FC	1134	-892	-1525	-815	-5184	-8934	9435	-1222	
MTR	1171	895	824	708	3877	1787	9481	265	
REL	1016	-868	895	-840	-3795	-17825	9325	014	
FC-VER	832	-088	1541	-821	312	-8991	825	1587	
MTR-REL	-167	032	885	-134	074	7787	-135	-271	

注釈者	肩甲骨		胸鎖関節		肩関節		外転+	水平内転+
B-投球時 の静止姿勢	後方傾斜+ 前方傾斜-	下方回旋+ 上方回旋-	外転+ 内転-	下制+ 上制-	最突+ 後退-	内収+ 外収-	外転+ 内転-	水平内転+ 水平外転-
FC	1088	-078	-1131	-813	-5883	-8735	8838	-0878
MTR	1244	793	1134	808	3888	19598	9882	1488
REL	1015	-784	1488	-823	-5888	-18821	9824	1178
FC-VER	198	-577	2314	815	8723	-11778	8838	9388
MTR-REL	-233	038	287	-220	258	2725	132	-318
FC-スイング時の静止時	MTR-肩関節最大外転角時		REL-投球時の静止時		MTR-投球時の静止時		単位 deg.	

FC-スワップ時の静止時、MTR-肩関節最大外転角時、REL-FC-スワップ時

deg

5. 結論

5.1 本研究の概要

本研究では，非侵襲・低拘束性，かつ精度の高い測定方法により，投球中の肩甲骨の位置の変化を推定する方法を開発することを目的であった．具体的には，サーフェイス・マッピング法を主体とし，測定ペグを併用する方法を採用し，投球に近い複数の静的姿勢での肩甲骨の位置を測定した．また，静的な姿勢での測定ペグでの測定からサーフェイス・マーカーでの測定の信頼性と妥当性を担保することを試みた．

本研究から得られた知見は，以下のとおりであった．

得られた推定式は，

X 軸方向の位置は， $SAA_x = 3.0929451 \times \text{胸鎖前突角} + 0.2543111 \times \text{肩外転角} - 39.32285$

Y 軸方向の位置は， $SAA_y = -2.935206 \times \text{胸鎖下制角} - 0.238403 \times \text{SMM 下方回旋角} - 32.58103$

Z 方向の位置は， $SAA_z = 0.9134332 \times \text{胸鎖前突角} + 0.6865185 \times \text{胸鎖下制角} - 0.198365 \times \text{肩外転角} + 0.0461656 \times \text{SMM 外転角} + 240.9818$

肩甲骨角度は，

肩甲骨後方傾斜角は，後方傾斜角 = $0.2806574 \times \text{最突出点 X 座標} - 0.223925 \times \text{胸鎖前突角} + 50.070777$

肩甲骨下方回旋角は，下方回旋角 = $-0.236709 \times \text{肩外転角}$

肩甲骨外転角は，外転角 = $1.1439235 \times \text{胸鎖前突角} - 44.047559$

となった．

5.2 指導への示唆

数十年前と比較して、野球現場での投球指導では投球をする肩周辺の柔軟性向上を促す指導が増えている。多くの媒体や情報などから肩関節の柔軟性を向上させて投球パフォーマンス向上や障害予防につなげていこうとしている。しかしながら、見かけだけの肩の可動域が多くなっても効果を得られることは考えにくく、肩甲骨の動きが小さい状態で肩に大きな運動を強いと肩の障害リスクにつながる。そのため投球パフォーマンスの向上とともに故障せず良いパフォーマンスを長い期間発揮できるようにするために肩甲骨の可動域を向上させていく指導が肩周辺部を強化する運動とともに必要となってくる。

個別の事象では、要因が多々あり潜在的な障害要因も含めると現場では非常にみつけないくくなっていると考え。そのために指導者は、常に指導方法の探求と向上心を忘れずに怠ることなく不断の努力も続け選手の変化や機微を研究の面からも現場での指導の面からも選手に寄り添っていくことが必要となる。

5.3 今後の課題と展望

本研究では、投手・野手混在の大学生選手 22 名の分析にとどまっている。対象者を増やし、データの信頼性の向上を図ることや、発育・発達の点から考えて、対象者カテゴリーの変更なども考慮し、測定方法の妥当性を高めていく必要がある。

また、今回の研究では測定精度が保たれる範囲内での静的な投球姿勢を選択せざるを得ず投球を推定する静的姿勢が 4 つの特徴的な姿勢のみの計測となっている。このため角度設定の荒さを補うために、新たに対象者に負担を強いらぬ程度に多くの静的姿勢を選択し測定することによってその荒さを補う必要がある。

<参考文献>

- 1.Andrew R. et al (2001) : Dynamic Measurements of Three-Dimensional Scapular Kinematics : A Validation Study. Journal of Biomechanical Engineering-transactions of the asme 123 (2) : 184-190.
- 2.Caecilia Charbonnier, et al (2015) : Shoulder motion during tennis serve: dynamic and radiological evaluation based on motion capture and magnetic resonance imaging. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 10(8) : 1289-1297.
- 3.Carolien van Andel, et al (2009) : Recording scapular motion using an acromion marker cluster. Gait & Posture 29 : 123-128.
- 4.Chu, Y., Fleisig, et al (2009) : Biomechanical comparison between elite female and male baseball pitchers. Journal of Applied Biomechanics. 25 (1) : 22-31.
- 5.土橋恵秀, 小田山良治, 小田伸午 (2009) : 野球選手なら知っておきたい「からだ」のことー投球・送球編. 大修館書店.

- 6.Dun. S, Fleisig, et al. (2007) : The relationship between age and baseball pitching kinematics in professional baseball pitchers. *Journal of Biomechanics* 40 (2) : 265-270.
- 7.Ge Wu , et al (2005) : ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion–Part II : shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of Biomechanics* 38 : 981-992.
- 8.Ishida, K and Hirano, Y. (2004) : Effects of non-throwing arm on trunk and throwing arm movements in baseball pitching. I. J. *Sport Health Sci* 2 : 119-128.
- 9.Joseph B. Myers, et al (2005) : Scapular Position and Orientation in Throwing Athletes. *The American Journal of Sports Medicine* 33 (2) : 263-271.
- 10.川村 卓 (2016) : 決定版 ピッチングの科学. (株) 洋泉社.
- 11.橋内基純, 金子文成, 福林徹 (2011) : 投球動作における肩甲骨周囲筋群の筋活動特性. *スポーツ科学研究*, 8 : 166-175.
- 12.前田 健 (2010) : ピッチングメカニズムブック・理論編. ベースボール・マガジン社.
- 13.前田 健 (2010) : ピッチングメカニズムブック・改善編. ベースボール・マガジン社.
- 14.Mattson J.M, et al (2012) : Identification of scapular kinematics using surface mapping : A validation study. *Journal of Biomechanics*. 45 : 2176-2179.
- 15.宮下浩二, ほか (2009a) : 投球動作の加速期における肩甲骨上腕関節外旋運動と肩甲骨後傾運動の分析. *臨床バイオメカニクス* 30 : 395-400.
- 16.宮下浩二, ほか (2009b) : 投球動作の肩外旋角度に対する肩甲骨上腕関節と肩甲骨胸郭関節および胸椎の貢献度. *体力科学* 58 (3) : 379-386.
- 17.宮下浩二, 小林寛和 (2010) 投球動作における肩複合体の運動様式の分類. *日本整形外科学スポーツ医学会誌*. 30 : 113-118.
- 18.宮下浩二, ほか (2017) : 投球動作の後期コッキング期から加速期における肩甲骨の三次元運動解析. *日本臨床スポーツ医学会誌* 25 (3) : 374-382.
- 19.中村隆一, 齋藤宏 (2000) 基礎運動学 第5版. 医歯薬出版株式会社.
- 20.小田伸午 (2017) : 新手法「しなやかな肩甲骨」でより速い球を無理なく投げる!. *Hit & Run* 3 : 32-35.
- 21.Paula M. Ledewig, et al (2009) : motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *Journal of bone and joint surgery* 91 : 378-389.
- 22.Shaheen A.F., Alexander C.M., Bull A.M.J. (2011) : Tracking the scapula using the scapula locator with and without feedback from pressure-sensors. A comparative study. *Journal of Biomechanics* 44 : 1633-1636.
- 23.Shoji Konda, Toshimasa Yanai, and Shinji Sakurai (2010) : Configuration of the shoulder complex during the arm-cocking phase in baseball pitching. *The American Journal of Sports Medicine* 43 (10) : 2445-2551.

- 24.Sylvain Brochard, Mathief Lempereur, Olivier Remy-Neris (2011) Double calibration An accurate, reliable and easy-to-use method for 3D scapular motion analysis. *Journal of Biomechanics* 44 : 751-754.
- 25.高橋佳三, ほか (2005) : 球速の異なる野球投手の動作のキネマティクスの比較. *バイオメカニクス研究* 9 (2) : 36-52.
- 26.田中直史, 夫猛, 大沢正秀, 大槻伸吾, 大久保 衛 (1997) : 投球動作時の肩甲骨動作解析. *肩関節* 21 (2) : 289-292.
- 27.徳田一貫, ほか (2010) : 肩関節疾患を有する患者の運動学的分析—肩甲骨アライメント変位が肩関節外転に与える影響—. *理学療法学, 骨・関節理学療法* 15.
- 28.Tomoyuki Matsuo, et al (2016) STERNOCLAVICULAR JOINT MOVEMENT DURING BACKSWING IN BASEBALL PITCHING MAY BE A GOOD INDICATOR OF SHOULDER INJURY.. *International Conference on Biomechanics in Sports*.

アコヤ真珠および貝殻の真珠層粉末における ラット体脂肪減少効果の検討

Administration of powdered *Pinctada fucata martensii* pearl or *Pinctada maxima* nacre to rats reduces their visceral fat amounts

近藤千恵子

Chieko Kondo

(株) 銀座・トマト

Ginza Tomato, Tokyo Japan

Abstract

Mother of pearl (nacre) contains aragonite-type crystals of calcium carbonate embedded in an organic matrix. Nacre powder is sold as a food supplement for calcium deficiency. In this study we studied the effects of administration of the nacre powder to rats. The nacre powder was obtained from the inner shell layer of the giant oyster, *Pinctada maxima* (Mikimoto Pharmaceutical Co., Mie, Japan), and *Pinctada fucata martensii* pearl (Ginza Tomato Co., Tokyo, Japan). The mean size of the nacre particles from *Pinctada maxima* was 2.2 mm in diameter. We have found that the nacre powder given to rats reduces the mean body weight, visceral fat amount and blood triglyceride levels without affecting the mean food intake, body length and weight of muscle tissue. Our results suggest that the nacre powder is a potential food supplement for therapy of visceral obesity associated closely with the metabolic syndrome.

1. 研究の背景と目的

真珠粉末は国産アコヤ真珠の真珠層を粉末化したものを使用し、また真珠貝殻粉末は、アコヤ貝殻の真珠層を微粉末化したものを使用した。骨粗鬆症を中心としたカルシウム不足に対するカルシウム補給製品として既に市場に流出しているものであるが、今回はこの真珠粉末および真珠貝殻粉末が骨や歯を丈夫にする以外にラットの体脂肪を減少させる影響について検討したので報告する。

平成 31 年 2 月 2 日受付

平成 31 年 3 月 25 日受理

2. 材料と方法 (1)

【使用動物】

実験にはWistar系オスラットを用いた。8週齢のラット9匹を日本SLCから購入し、9週齢の時点で全てのラットについて体重、体長（鼻先から尾付根まで）を測定、記録した。その後各値が均等になるよう、ラットを2群（コントロール群5匹および真珠貝殻粉末投与群4匹）に分けた。

【実験食投与】

群分け後、コントロール群は市販ラット粉末飼料（オリエンタル酵母標準飼料MF、360 kcal／100 g）にて、真珠貝殻粉末投与群は5%真珠貝殻粉末飼料（市販ラット粉末飼料に真珠貝殻粉末を5%になるように混合）にて実験食投与を開始した。市販ラット粉末飼料のカルシウム含量は1.15%、5%真珠貝殻粉末飼料のカルシウム含量は2.99%であった。実験食投与期間は39日間とし、投与期間中は実験食、水ともに自由摂取とした。

【体重および摂食量測定】

実験食投与期間中、ラットの体重および摂食量を1日あるいは2日ごとに測定、記録した。

【解剖】

実験食投与39日目の体重、体長および摂食量の測定後、ラット尾から微量の血液を採取し、血糖値を測定した（グルテストセンサー；三和化学研究所（株））。その後ラットをジエチルエーテルにて麻酔、開腹した。腹部大動脈からの採血（脱血）後、心臓、ヒラメ筋（後肢骨格筋）、ヒフク筋（後肢骨格筋）を取り出し重量を測定した。また、副睾丸周囲脂肪、後腹膜脂肪、腸間膜脂肪をそれぞれ取り出し重量を測定後、その総和を内臓脂肪合計重量とした¹⁾。採取した血液はヘパリンナトリウムと混合後、遠心分離し、その上清（血漿）を血中脂質検査に用いた。

【血中脂質検査】

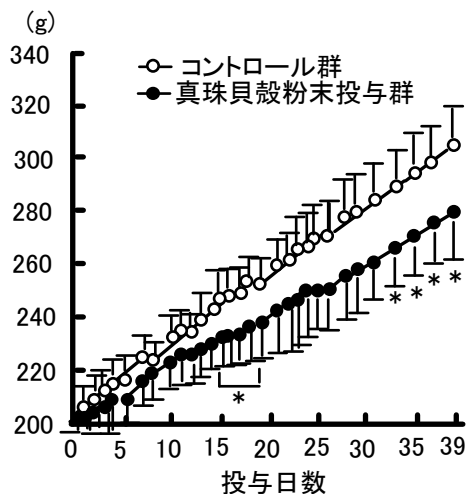
血漿中の中性脂肪量はトリグリセライドE-テストワコー（和光純薬工業株式会社）を用いて測定した。血漿中の総コレステロール量はコレステロールE-テストワコー（和光純薬工業株式会社）を用いて測定した。

【統計】

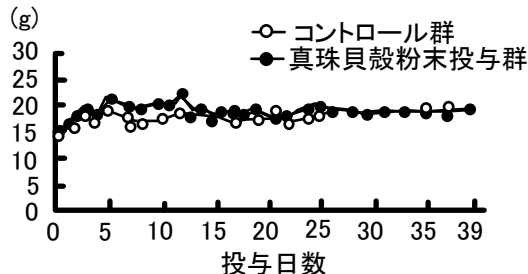
2群間の数値比較はStudent's *t* testにより検定し、*p* 値<0.05を有意と判定した。

体重、摂食量、摂取熱量

A. ラット体重



B. 摂食量



C. 摂取熱量(39日間合計)

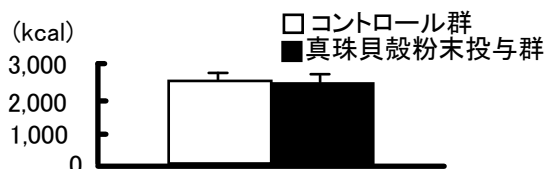


図 1. ラット体重、摂食量および摂取熱量

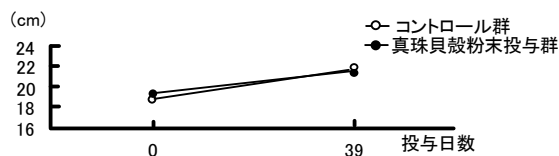
実験食投与開始日を投与日数 0 とした。データは平均値±標準偏差で表した。* $p < 0.05$

図 1-A に示すように実験食投与開始時点（投与日数 0）の体重はコントロール群、真珠貝殻粉末投与群の 2 群間で差は認められなかった。しかし、真珠貝殻粉末飼料投与後、真珠貝殻粉末投与群の体重はコントロール群に比べ低値を示すようになり、投与 39 日目には大幅な低下が認められた (p 値 <0.05)。

実験食投与期間中の摂食量は 2 群間で差は認められず (図 1-B)、また摂取熱量も 2 群間でほぼ同じ値であった (図 1-C)。

体長および筋組織重量

A. 体長(鼻-尾付根)



B. 筋組織重量[括弧内は平均値 (g)]

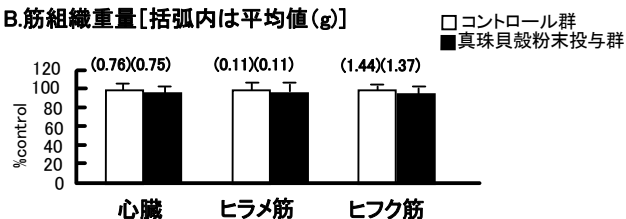


図 2. ラット体長および筋組織重量

実験食投与開始日を投与日数 0 とした。 データは平均値±標準偏差で表した。
 (B)においては、コントロール群の値 (平均値) をそれぞれ 100%とし、それに対する%
 で示した。また括弧内に絶対値の平均値を示した。

図 2-A に示すように実験食投与開始時点 (投与日数 0) の体長はコントロール群、真珠貝殻
 粉末投与群の 2 群間で差は認められなかった。また実験食投与 39 日目の体長も 2 群間に差は認
 められなかった (図 2-A)。実験食投与 39 日目の心臓、ヒラメ筋、ヒフク筋それぞれの重量に
 も 2 群間で差は認められなかった (図 2-B)。

内臓脂肪重量

実験食投与 39 日目の真珠貝殻粉末投与群の副睾丸周囲脂肪、後腹膜脂肪重量はコントロー
 ル群に比べ有意に減少していた (図 3)。また腸間膜脂肪量も有意差は認められなかったものの
 減少傾向を示した (p 値=0.07)。内臓脂肪合計重量は真珠貝殻粉末投与群で有意に低値を示し
 た (図 3)。

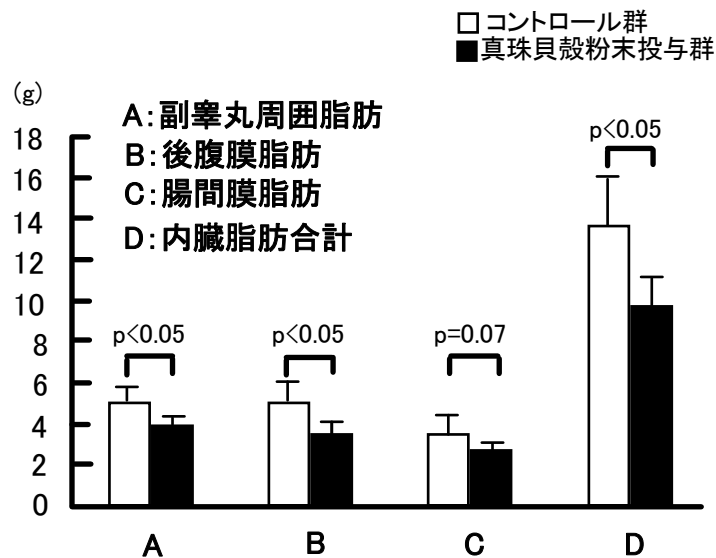


図 3. 内臓脂肪重量

データは平均値±標準偏差で表した

血液生化学データ

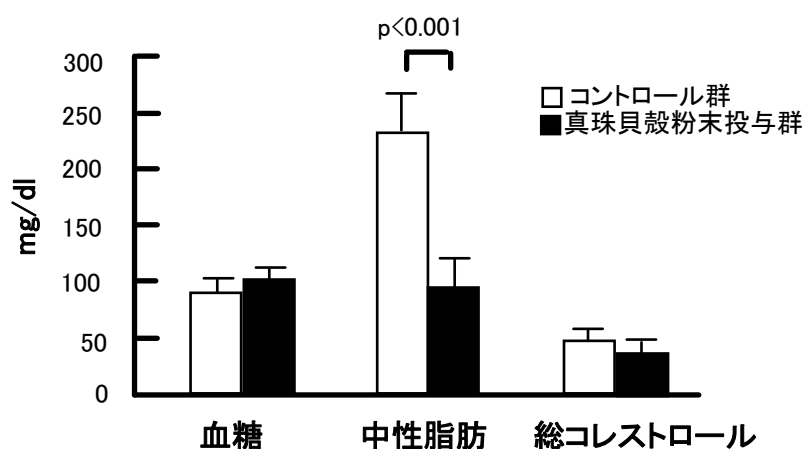


図 4. 血液生化学データ

データは平均値±標準偏差で表した。

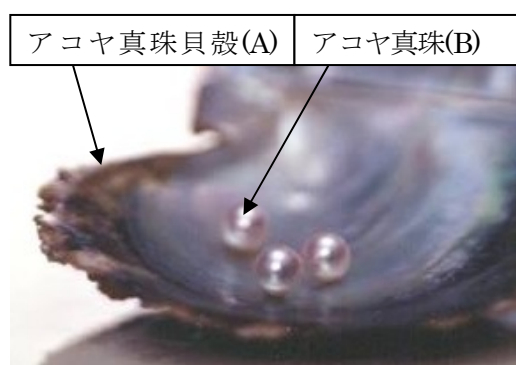


図 5. アコヤ真珠貝殻 (A) と真珠 (B)

実験食投与 39 日目の血糖値、血漿総コレステロール値はコントロール群、真珠貝殻粉末投与群の 2 群間で差は認められなかった (図 4)。一方、真珠貝殻粉末投与群の血漿中性脂肪値はコントロール群に比べ 59%の減少が認められた (図 4)。

アコヤ真珠貝殻と真珠の写真を参照 (図 5)。

2-1 内蔵脂肪組織に発現する遺伝子解析

メタボリックシンドロームのモデル動物として Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF) ラットが開発されている²⁾。OLETF ラットに 5%真珠粉末食を摂食させて、内臓脂肪組織に発現する遺伝子を網羅的に解析した。

材料と方法 (2)

真珠貝殻粉末には 摂食量には影響しないで、血中のトリグリセライド量を減少させるとともに体脂肪を減少させる作用があることを見つけた⁶⁾。一方、メタボリックシンドロームは内臓脂肪症候群とも呼ばれ、本疾患では脂肪が体内に蓄積されて肥満になるとともに高血糖、高血圧、高脂血症のいずれか 2 つ以上の症状を併せ持つ。我国では、中高年男性では 2 人に 1 人、

女性では5人に1人がメタボリックシンドロームかその予備軍であることが、厚生労働省のホームページに示されている。そこで、メタボリックシンドロームへの真珠粉末（国産アコヤ真珠の真珠層を粉末化したもの）の影響を調査した。

メタボリックシンドロームのモデル動物として Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF) ラットが開発されている²⁾。OLETF ラットに5%真珠粉末食を摂食させて、内臓脂肪組織に発現する遺伝子を網羅的に解析した。

8週齢の雄性 OLETF ラットを購入し、8ヶ月齢に達した時、5%真珠粉末添加食摂食群と無添加食摂食群(MF 食、オリエンタル酵母工業株)とに分け、水とともに1ヶ月間 自由摂食させた。

1ヶ月後、腹腔より内臓脂肪を摘出し、RNeasy (QIAGEN, Germantown, MD, USA)を用いて total RNA を抽出した。total RNA は、Agilent 2100 Bioanalyzer (Agilent, Foster City, CA, USA) と A260/A280 での吸光度比を the Nanodrop® Spectrophotometer (NanoDrop Technologies Inc, Wilmington, DE, USA)で測定してすることにより確かめた。この total RNA より cDNA、次に、蛍光でラベルした cRNA を合成し、2万3千個の遺伝子が解析できる Affymetrix Rat Gene 1.0 ST Array set (Affymetrix, Santa Clara, CA, USA)にて網羅的に分析した。それを GeneSpring GX10 Expression Analysis Software (Agilent Technologies).を用いて解析した。

遺伝子名	遺伝子 シンボル	NCBI ID	発現量比
			真珠粉末食 普通食
gliomedin	Gldn	NM_181382	-3.43
contactin 1	Cntn1	NM_057118	-2.97
fatty acid binding protein 3, muscle and heart	Fabp3	NM_024162	-2.91
dynein, axonemal, heavy chain 5	Dnah5		-2.83
solute carrier family 16	Slc16a12		-2.58
heat shock protein family, member 7	Hspb7	NM_031607	-2.55
RAB3B, member RAS oncogene family	Rab3b	NM_031091	-2.45
stearoyl-Coenzyme A desaturase 1	Scd1	NM_139192	-2.43
opioid binding protein/cell adhesion molecule-like	Opcml	NM_053848	-2.26
Igk protein-like	LOC100363282	XM_002726139	-2.25
cytochrome P450, family 2, subfamily b, polypeptide 1	Cyp2b1	NM_001134844	-2.13
leptin	Lep	NM_013076	-2.12
similar to 2210023G05Rik protein	RGD1308358	NM_001106175	-2.10
similar to sphingomyelin phosphodiesterase 3	RGD1565316		-2.10
heat shock 70kD protein 1B (mapped)	Hspa1b	NM_212504	-2.09
growth factor receptor bound protein 14	Grb14	NM_031623	-2.06
F-box only protein 23	Fbxo23	NM_001013138	-2.01
unc-79 homolog (C. elegans)	Unc79		-2.00
B-cell CLL/lymphoma 6	Bcl6	NM_001107084	-1.94
matrix metalloproteinase 23	Mmp23	NM_053606	-1.93

表 1. 真珠粉末食で低下したトップ 20 遺伝子

遺伝子名	遺伝子 シンボル	NCBI ID	発現量 普通食 log2	発現量 真 珠 粉 末 食 log2	発現量比 <u>真珠粉末食</u> 普通食
gliomedin	Gldn	NM_181382	9.48	7.70	-3.43
contactin 1	Cntn1	NM_057118	8.86	7.29	-2.97
dynein, axonemal, heavy chain 5	Dnah5		8.77	7.26	-2.83

表 2. 脂肪細胞における Gliomedin, contactin, dynein 遺伝子の発現量

遺伝子名	遺伝子 シンボル	NCBI ID	発現量 普通食 log2	発現量 真 珠 粉 末 食 log2	発現量比 <u>真珠粉末食</u> 普通食
fatty acid binding protein 3, muscle and heart zinc finger, CCHC domain containing 17	Fabp3 Zcchc17	NM_024162 NM_001109267	11.03	9.49	-2.91
fatty acid binding protein 4, adipocyte	Fabp4	NM_053365	13.27	13.33	1.04
fatty acid binding protein 5, epidermal	Fabp5	NM_145878	8.70	8.57	-1.10
fatty acid binding protein 7, brain	Fabp7	NM_030832	6.99	6.85	-1.10
fatty acid binding protein 12	Fabp12	NM_001134614	7.17	6.73	-1.36

表 3. 脂肪細胞における種々の脂肪酸結合蛋白質遺伝子の発現量の比較

遺伝子名	遺伝子 シンボル	NCBI ID	発現量比 真珠粉末食 普通食
chemokine (C-C motif) ligand 21b	Ccl21b	NM_001008513	10.33
secreted frizzled-related protein 4	Sfrp4	NM_053544	9.33
uncoupling protein 1 (mitochondrial, proton carrier)	Ucp1	NM_012682	6.77
arachidonate 15-lipoxygenase	Alox15	NM_031010	6.11
MAS-related GPR, member G	Mrgprg	NM_203470	5.50
multimerin 1	Mmrn1		5.34
peptidase inhibitor 16	Pi16	NM_001170481	4.86
ribonuclease, RNase A family, 2 (liver, eosinophil-derived neurotoxin)	Rnase2	NM_001007015	4.75
similar to Natural killer cell protease 1 precursor (RNKP-1) (Granzyme B)	RGD1561819		4.34
similar to mKIAA2027 protein	RGD1565690		3.82
aldo-keto reductase family 1, member C18	Akr1c18	NM_138510	3.72
collagen, type XIV, alpha 1	Col14a1	NM_001130548	3.68
gulonolactone (L-) oxidase	Gulo	NM_022220	3.56
fibulin 1	Fbln1	NM_001127547	3.53
interferon regulatory factor 4	Irf4	NM_001106108	3.53
tumor necrosis factor receptor superfamily, member 11b	Tnfrsf11b	NM_012870	3.49
cytochrome P450, family 2, subfamily e, polypeptide 1	Cyp2e1	NM_031543	3.46
lumican	Lum	NM_031050	3.43
polycystic kidney and hepatic disease 1-like 1	Pkhd1l1	NM_001034931	3.39
erythroid associated factor	Eraf	NM_001106299	3.35

表 4. 真珠粉末食で上昇したトップ 20 遺伝子

遺伝子名	遺伝子 シンボル	NCBI ID	発現量 普通食 log2	発現量 真 珠 粉 末 食 log2	発現量比 <u>真珠粉末食</u> 普通食
secreted frizzled-related protein 1	Sfrp1		7.76	9.14	2.60
secreted frizzled-related protein 2	Sfrp2	NM_001100700	10.00	10.53	1.44
secreted frizzled-related protein 4	Sfrp4	NM_053544	8.16	11.38	9.33
secreted frizzled-related protein 5	Sfrp5	NM_001107591	7.84	7.99	1.10

表 5. 脂肪細胞における種々の分泌型 frizzled-related 蛋白質遺伝子の発現量の比較

貝の種類	タンパク質量/100μl
牡蠣貝殻粉末	91.2μg/100μl
ホタテ貝殻粉末	112.0μg/100μl
アコヤ貝殻粉末	687.0μg/100μl
アコヤ真珠粉末	1094.8μg/100μl

表 6. 牡蠣貝殻、ホタテ貝殻、アコヤ貝殻及び真珠のタンパク質含有量の比較

各貝殻およびアコヤ真珠粉末（0.5g）を 1N の NaOH を入れボルティックスをしてから 4 時間放置後、タンパク質を分解抽出、遠心分離（1800rpm, 20 分）後、上清を EDTA, EGTA に一晚混合し、金属イオンを除去、その後、ローリー法で蛋白定量をした。その結果、タンパク質量が一番多かったのはアコヤ真珠粉末であった。

結果

ラット体内脂肪において、5%真珠粉末食で投与39日間後の結果、摂取量と体長はほとんど変化しなかったが、ラットの体重と体内脂肪および血中の中性脂肪は減少していた。また脂肪細胞において2分の1以下に低下した遺伝子は18個であり、2倍以上上昇した遺伝子は158個であった。低下した18個の遺伝子をGO解析すると、その52%の遺伝子が代謝過程のような生物学的過程に分類された。一方、上昇した158個の遺伝子をGO解析すると、その62%の遺伝子が細胞内成分に分類された。

次に、5%アコヤ貝真珠層粉末食で低下した上位20個の遺伝子リストを表1に示した。約3分の1に低下したのは、gliomedin (Gldn), contactin (Cntn1), fatty acid binding protein 3 (Fabp3), dynein heavy chain 5 (Dnah5)である。このうち、Gldn, Cntn1, Dnah5は表2に示すように脂肪細胞における発現が低い。Fabp3(筋肉・心臓型の脂肪酸結合蛋白質)は、Fabp4(脂肪細胞型脂肪酸結合蛋白質)より脂肪細胞における発現が低いが、Fabp5(表皮型脂肪酸結合蛋白質)やFabp7(脳型脂肪酸結合蛋白質)やFabp12より発現が高い(表3)。また、Fabp4, Fabp5, Fabp7, Fabp12の脂肪細胞での発現には無添加食と5%真珠粉末食の間で有意の差が認められなかったが、Fabp3は5%真珠粉末食で約3分の1に低下した(表3)。

5%真珠粉末食で上昇した上位20個の遺伝子リストを表4に示した。Chemokine (C-C motif) ligand 21b (Ccl21b) や secreted frizzled-related protein 4 (Sfrp4)の脂肪細胞での遺伝子発現は、5%真珠粉末食では無添加食に比し、約10倍の上昇が認められた。そこで、脂肪細胞における種々の分泌型 frizzled-related 蛋白質の発現を比較した(表5)。Sfrp1 と Sfrp4 において 5%真珠粉末食で有意の上昇が認められ、Sfrp2 と Sfrp5 も上昇傾向にあった。真珠粉末のタンパク質量はアコヤ真珠貝殻の約1.6倍あった(表6)。

考察

今回はアコヤ貝の真珠粉末、アコヤ貝殻真珠層から得られた真珠貝殻粉末が内臓脂肪量および血中中性脂肪値を大きく減少させることを発見した。真珠貝殻粉末投与はラットの体長や筋組織量を変化させなかったことから真珠貝殻粉末の作用は体脂肪を特異的に減少させるものと考えられる。真珠貝殻粉末はカルシウムを豊富に含むが、今回用いた5%真珠貝殻粉末飼料はカルシウム含量として2.99%に相当する。市販ラット粉末飼料のカルシウム含量は1.15%であり、約2.6倍のカルシウムが真珠貝殻粉末飼料に含有されていることとなる。今回と同様にラットを用いた他の研究では、カルシウム含量1.1%の標準飼料に比べ2.5あるいは3.1%の高カルシウム飼料で血管機能の改善や血圧の低下が認められており^{4,5)}、我々の行った本研究においてもこの範囲に相当するカルシウム含量(2.99%)を真珠貝殻粉末飼料として採用した。ヒトではカルシウム摂取の推奨量は成人で600~800 mg/日であるが、一方、耐容上限摂取量は2300mg/日とされ、これは摂取基準の約2.9~3.8倍に相当する。今回用いた真珠貝殻粉末飼料はカルシウム含量が標準飼料の約2.6倍であることから、カルシウム摂取量として十分許容範

囲であると考えられる。

また、5%真珠粉末食摂食において、無添加食摂食に比して顕著に認められたのは、Fabp3の低下と Sfrp4の上昇であった。

Fabp4が脂肪細胞型脂肪酸結合蛋白質であり、Fabp3は、筋肉・心臓型の脂肪酸結合蛋白質である。しかし、脂肪細胞において、Fabp3も高い発現を示している⁷⁾。Wangらは、肥満型ブロイラーニワトリの腹部脂肪細胞と正常なニワトリの腹部脂肪細胞の遺伝子発現を比較して、Fabp4は両者で差がなかったが、Fabp3は、正常なニワトリの腹部脂肪細胞で肥満型ブロイラーニワトリの腹部脂肪細胞より低いことを報告している⁷⁾。このことから判断して、5%真珠粉末はFabp3の遺伝子発現を低下させることによって内臓脂肪を減少させ、メタボリックシンドロームに有効に作用しているものと推察される。

また、分泌型 frizzled-related 蛋白質は、Wnt シグナル伝達を調節し、抗増殖作用を示すことが知られている³⁾。5%真珠粉末食は有意に Sfrp1 と Sfrp4 遺伝子を上昇させることから、真珠粉末は抗増殖作用を持つ可能性が示唆された。

真珠貝殻粉末による体脂肪減少のメカニズムは未だ不明である。真珠貝殻粉末は上記のカルシウムの他、真珠タンパク質であるコンキオリンや他の微量元素を含むが、これらの単独作用あるいはそれらの配合比の影響を含めて今後のさらなる研究が必要であろう。

結語

食生活の欧米化や運動不足に伴い肥満者が急増する現代において真珠貝殻粉末は非常に有力な抗肥満（体脂肪低下）食品として位置づけられていくものと期待される。

謝辞

本研究は、徳島大学と共同研究しており、遺伝子解析は徳島大学大学院医歯薬学研究部口腔歯科薬理学講座石川康子准教授より提供、真珠貝殻粉末は御木本製薬株式会社より提供、また体脂肪実験の解析および方法は代謝栄養学講座原田永勝講師、中江良子博士、庄野正行博士に指導して頂いたことを深謝致します。

参考論文

1. Harada N, Takishita E, Ishimura N, Minami A, Sakamoto S and Nakaya Y.(2002): Combined effect of ACE inhibitor and exercise training on insulin resistance in type 2 diabetic rats. *Life Sci*, 70 (15), pp. 1811-1820.
2. Kawano, T, Nomura M, , Nisikado A, Nakaya A and Ito S. (2003) : Supplementation of L-arginine improves hypertension and lipid metabolism but not insulin resistance in diabetic rats. *Life sciences*, 73, pp. 3017-3026.
3. Miao C.G., Yang Y.Y., He X., Li X.F., Huang C., Huang Y., Zhang, L. Lv X.W., Jin Y., Li J., (2013) :

- Wnt signaling pathway in rheumatoid arthritis, with special emphasis on the different roles in synovial inflammation and bone remodeling, *Cellular signalling*, 25, pp. 2069-2078.
4. Porsti I, Arvola P, Wuorela H, Vapaatalo H. *Hypertension*. (1992): High calcium diet augments vascular potassium relaxation in hypertensive rats. *Hypertension*, 19(1), pp. 85-92.
 5. Sallinen K, Arvola P, Wuorela H, Ruskoaho H, Vapaatalo H, Porsti I. *Am J Hypertens*. 1996;9(2):144-156.
 6. Shono M, Shimizu I, Aoyagi E, Taniguchi T, Takenaka H, Ishikawa M, Urata M, Sannomiya K, Tamaki K, Harada N, Nakaya Y, Takayama T.(2008) : Reducing effect of feeding powdered mace of *Pinctada maxima* on the visceral fat of rats. *Bioscience biotechnology and biochemistry*, 72, pp. 2761-2763
 7. Wang H.B, Wang Li H., Zhang Q.G., Wang X.Y., Wang S.Z., Wang Y.X., Wang X.P., (2007): Profiling of chicken adipose tissue gene expression by genome array, *BMC genomics*, 8, 193.

日本保健医療学会 学会誌投稿規程

1. 投稿者

- ①投稿者は、原則として日本保健医療学会の会員とする。
- ②投稿する会員は、当該年次の学会費を納入済みであることが必要である。

2. 投稿論文

- ①投稿論文は、日本保健医療学会の設立目的に則したテーマであり、日本語もしくは英語で書かれた未公開の論文とする。

3. 投稿論文の種類

- ①投稿論文の種類は、研究論文と寄稿（研究ノート・事例研究・報告・調査・資料・書評など）に分類される。
- ②研究論文は、査読付き論文（以下、査読論文）と自由論文（以下、論文）に分類される。

4. 投稿論文の書式

- ①投稿論文の原稿は、ワープロ（原則として Word）横書きで作成する。
- ②本文・注・図表・謝辞・参考文献を含めて、日本語論文の場合は 24,000 字以内（A4 で 40 字×35 行、約 17 ページ）、英語論文の場合には相当分量とする。
- ③余白は、左右 30 mm、上 35 mm、下 30 mmとする。
- ④第 1 枚目に、タイトル（日本語と英語）、所属・氏名（日本語とローマ字表記）をつける。
- ⑤研究論文（査読論文、自由論文）の場合、英文要旨（Abstract）を 200 語以内でつける。

5. 注、図表、謝辞、参考文献

- ①「注」は、当該ページ下部に本文と区別して記載する。
- ②「図（Fig.）・表（Table）」は、そのまま本文中に挿入して通し番号をつける。
＜例＞図 1、図 2 表 1、表 2 Fig.1、Fig.2 Table1、Table2
- ③「謝辞」は、本文第 1 ページ下部に「注」として記載するか、本文最後に記載する。
- ④「参考文献」は、本文の後に一括して記載する。著者名のアルファベット順に並べる。
同一著者の論文を複数記載する場合は、発行年の古い順に並べる。

6. 学会誌への掲載

- ①学会誌への掲載は、その時期、順序などは学術委員会が決定する。

②研究論文は、査読結果および論文審査委員会の判断に基づいて、学術委員会が掲載の可否、その種類（査読論文、論文、寄稿）を決定する。

③寄稿の分類は、投稿者の申請に基づいて学術委員会が決定する。

7. 著作権

①投稿論文の著作権は、著作者が保持する。

②投稿論文の著作者は、本学会に対して、あらゆる利用行為を許諾する。ただしこの許諾は、著作者の著作者人格権に影響を及ぼすものではない。

③前項の許諾は、投稿が受理された時点で行われたものとし、不採用とされた場合は、その決定の時点で撤回されたものとする。

④投稿論文における既存の著作物の利用（引用・転載等）に関し権利者との間に生じた紛争については、著作者（投稿者）がその任に当たる。

8. 研究論文

①研究論文とは、独創的もしくは創造的な内容で、かつ「問題、目的、方法、結果、考察、結論、脚注、引用」などについて、科学論文の要件を満たすものである。

②研究論文は、原則として査読委員による査読後、学会誌への掲載の可否が決定される。

③研究論文は、投稿者の希望により自由論文として掲載を希望することが可能である。その際には、論文審査委員会の書式、内容などについての審査を実施する。

9. 論文審査委員会

①論文審査委員会は、単独または総務会との共同により査読委員を選出・決定し、査読に関する一連の職務を遂行する。

②論文審査委員会は、学会事務局に対して選出した査読委員を報告する。

10. 査読委員

①査読委員は、論文審査委員会および学会事務局への報告を除いて、原則匿名とする。

②査読委員に対し、投稿者の所属など投稿者が推定される事項について、原則匿名とする。

11. 査読論文（自由論文も準ずる）の投稿から掲載までのプロセス

（1）投稿者は、定められた期日までに学会事務局にハードコピー2部を提出する。

（2）学会事務局は、速やかに投稿者に対し論文受理の連絡をする。

（3）学会事務局は、速やかに論文審査委員会に対し当該論文を送付する。

その際、投稿者の氏名および所属などの匿名性を確保する。

（4）論文審査委員会は、単独または総務会と共同で、当該論文の分野・領域を考慮し

て査読委員を選出し査読を依頼する。

(5) 査読委員は、査読終了後、速やかに論文審査委員会に査読結果を報告する。

①査読論文として掲載可

②一部修正後、査読論文として掲載可

③一部修正後、自由論文として掲載可

④寄稿（研究ノートなど）として掲載可

⑤掲載不可

(6) 論文審査委員会は、査読委員の判断を尊重して、査読結果を速やかに学会事務局に報告する。

(7) 学会事務局は、速やかに投稿者に対し査読結果を連絡する。

(8) 投稿者は、学会事務局からの連絡を受理した後、1ヶ月以内に「4. 投稿論文の書式」に準じて加筆・修正し、電子メールもしくはFDとハードコピーを提出する。

(9) 一連の査読プロセスについて、学会事務局が投稿論文を受理した後、投稿者に対する学会誌への掲載可否の連絡まで、2ヶ月以内に完了するように努力する。

(10) 投稿者は、学会誌への掲載可否結果について、掲載可否の連絡を受理した後14日以内を限度として、学会事務局に対して文書による質問をすることができる。

12. 特記事項

①学会事務局および学術委員会は、論文審査委員会において相当の期限を過ぎても査読結果を報告されない投稿論文がある場合、また論文審査委員会として査読結果を保留したなどの事項については、論文審査委員会の判断によらずに、学会誌への掲載の可否を決定することができる。

②学術委員会は、倫理的・社会的配慮等に基づいて、投稿論文の書式、表記方法、表現方法等について、いつでも投稿者に修正、変更を求めることができる。

③投稿論文は、原則として随時受けつける。

④投稿論文の原稿、FDなどは、原則として返却をしない。

⑤学会誌の発行については、年1回以上とする。

[本規定は2009年4月1日より実施する]

日本保健医療学会入会申込

○会員資格

1. 医療の研究者又は臨床家
2. 保健、衛生学・公衆衛生学、農学・食品等の研究者又は実務者
3. 保健、公衆衛生又は医療の従事者
4. 医師、歯科医師、薬剤師、看護師、助産師、保健師、栄養士、作業療法士、理学療法士、はり師、きゅう師、あん摩マッサージ指圧師、柔道整復師、臨床心理士、音楽療法士、臨床検査技師、診療放射線技師、精神保健福祉士、介護支援専門員、介護福祉士、総合医療カウンセラー等
5. 前各号に準ずる者
6. 保健又は医療に関する大学院の学生

※入会には理事会の承認を要します。

○会費・入会金

会 費	正会員年会費（大学研究者）	10,000 円
	特別会員年会費（臨床者等）	10,000 円

入会金 なし

○入会手続き

入会申込書をメールに添付して送信してください。

入会審査の上、ご連絡させていただきます。

入会申込書を学会ホームページに掲載しております。こちらをご利用ください。

(<https://www.heme-ac.org/associate.html>)

申込書送付先 日本保健医療学会事務局

mail : jim@heme-ac.org

日本保健医療学会

保健医療研究第9号

ISSN 2435-3930

2019年4月30日発行

発行・編集 日本保健医療学会

日本保健医療学会 本部事務局

〒371-8514 群馬県前橋市昭和町 3-39-22

群馬大学大学院医学部保健学研究科 坂本研究室

E-mail : jim@heme-ac.org

URL : <https://www.heme-ac.org/>