

非特異的腰痛患者に対する骨盤リアライメントコンセプトに  
基づいた運動療法の効果

2014年3月

聖隷クリストファー大学大学院

博士後期課程保健科学研究科

根地嶋 誠

2013 年度聖隷クリストファー大学大学院

保健科学研究科 博士論文

非特異的腰痛患者に対する骨盤リアライメントコンセプトに  
基づいた運動療法の効果

学籍番号：08D013

氏名：根地鳴誠

# 非特異的腰痛患者に対する骨盤リアライメントコンセプトに基づいた運動療法の効果

保健科学研究科リハビリテーション科学分野  
神経系理学療法学領域 08D013 根地嶋誠

## 【はじめに】

非特異的腰痛，中でも人間工学的要因による腰痛の原因として，骨盤非対称性が指摘されている．そのため，アライメントを対称化（リアライメント）させ，良肢位を確保することが腰痛治療として有用である可能性がある．しかし，骨盤アライメントの対称化をコンセプトとした運動療法（以下，リアライメントコンセプトとする）による腰痛治療効果について，臨床研究は不十分であり科学的根拠も確立されていない．よって，骨盤アライメントを考慮した運動療法の効果を明らかにすることは，腰痛治療の新たな示唆となり得る．

本博士論文の目的は，リアライメントコンセプトに基づいた運動療法の効果を明らかにし，腰痛治療に新たな示唆を与えることである．そのために3つの研究を設定した．研究1では，リアライメントコンセプトに基づいた運動療法により骨盤アライメントが変化するかを検証した．研究2では，腰痛患者に対し，リアライメントコンセプトに基づいた運動療法が臨床的に効果的かを，ケースシリーズにより検証した．研究3では，研究2を踏まえ，従来の理学療法と比較して臨床効果を検証した．

## 【方法】

研究1：健常男性21名を対象に，リアライメントコンセプトに基づいた運動療法により骨盤アライメントは変化するかを検証した．運動療法には，腰痛治療機器 ATM®2 (Back project, USA) を用い，骨盤および胸郭をベルトで締め固定した状態で体幹屈曲の最大等尺性収縮を10回実施した．骨盤アライメントの測定方法は，介入の前後に，安静立位の状態にて両側上前腸骨棘および上後腸骨棘に10mmのマーカを貼付し，前方および左右からデジタルカメラで骨盤を撮影，そのデジタル画像をパーソナルコンピュータに取り込み，画像解析ソフト ImageJ にて骨盤の傾斜角度を測定した．

研究2：浜松市内にある整形外科クリニックを受診した腰痛を有する外来患者のうち，運動時痛を生じる急性および慢性腰痛患者14名を対象として，リアライメントコンセプトに基づいた運動療法の効果をケースシリーズにて検証した．介入には ATM®2 を用い，体幹屈曲または伸展運動を，週2回4週間実施した．その後，4週間の経過観察期間を設けた．効果の判定は，運動時痛の評価として visual analogue scale (VAS, 0~100mm)，QOL の評価として腰痛特異的 QOL 尺度 Roland-Morris disability Questionnaire (RDQ) を行った．

研究 3：研究 2 の結果を受け、急性期の腰痛患者を対象に、従来の理学療法との比較検討した。急性腰痛である 26 名を対象とし、無作為に運動療法群と消炎鎮痛群に分けた。両群とも電気刺激療法と温熱療法を実施し、運動療法群は、ATM®2 を用いた体幹運動を加えた。介入期間は 2 週間とした。効果判定として、運動時痛には VAS、QOL には RDQ、体幹の屈曲および伸展可動域、体幹側屈の左右差を測定した。測定時期は、介入前、2 週間の介入期間終了時とした。

なお、本研究は聖隷クリストファー大学倫理委員会の承認を得て実施した。

#### 【結果および考察】

研究 1：リアライメントコンセプトに基づく運動療法による骨盤アライメントの変化として、前額面における寛骨傾斜は、介入前が  $2.9 \pm 1.4$  度であり、介入後では  $1.8 \pm 1.1$  度と有意に減少した。寛骨前後傾の左右差である骨盤非対称性は、介入前が  $3.6 \pm 2.1$  度であり、介入後では  $1.8 \pm 1.4$  度と有意に減少した。つまり、本研究で用いた運動療法により、骨盤非対称性を改善できることが示唆された。運動療法により骨盤アライメントを対称化した報告はこれまでになく、骨盤アライメント介入による腰痛治療の新しい方法論として活用できることが示された。

研究 2：腰痛患者への運動療法実施により、運動時痛は介入前  $55.4 \pm 13.7$  mm、介入終了時  $4.4 \pm 7.5$  mm、経過観察後  $6.5 \pm 7.6$  mm であり、介入前より介入終了時および経過観察後は有意に低下した。RDQ は介入前  $7.4 \pm 4.9$  点、介入終了時  $1.4 \pm 1.3$  点、経過観察後  $2.2 \pm 4.1$  点であり、介入前より介入終了時と経過観察後は有意に低下した。本研究により疼痛および QOL の改善を確認できたため、対象を絞り効果を検証する必要性を確認できた。

研究 3：急性腰痛を対象とした結果、群と時期による二元配置分散分析により、屈曲時痛と側屈可動性の左右差に交互作用が認められた。屈曲時痛において、運動療法群が  $63.6 \pm 23.3$  mm から  $13.5 \pm 17.1$  mm、消炎鎮痛群では  $42.7 \pm 20.2$  mm から  $21.8 \pm 21.8$  mm となり、いずれの群も介入後に改善を示した。側屈可動性の左右差は、運動療法群では  $4.5 \pm 3.5$  cm から  $1.5 \pm 1.0$  cm、消炎鎮痛群は  $2.2 \pm 2.2$  cm から  $2.0 \pm 1.6$  cm となり、運動療法群の変化量が大きかった。骨盤非対称性は、腰椎および胸郭の運動に影響することが指摘されている。運動時痛の軽減および体幹側屈可動性の左右差が軽減した理由は、運動療法により骨盤の対称化が生じ、腰椎および胸郭の運動を変化させたためと考えられた。

#### 【結論】

非特異的腰痛に対するリアライメントコンセプト（骨盤の対称化）に基づいた運動療法は、骨盤の対称化により運動時痛および体幹側屈可動性の左右差を改善させた。骨盤アライメントを対称化させる運動療法は、人間工学的要因による非特異的腰痛の治療において、新たな手段として活用できる。

# Effect of Exercise on Non-specific Low Back Pain, Based on the Concept of Pelvic Re-Alignment

Makoto NEJISHIMA, 08D013  
Graduate School of Health Science, Department of Rehabilitation

**【Introduction】** Non-specific low back pain (NSLBP) caused by ergonomic factors is reported to be related to pelvic asymmetry, therefore a therapeutic method aiming at a symmetric pelvic alignment may be effective in improving NSLBP. However, clinical studies employing such therapies are in short supply, while the mechanism leading to improvement remains unknown. Investigation of the effect of exercise on improving pelvic alignment is therefore important to the treatment of NSLBP. The purpose of the study was therefore to assess the effect of exercise therapy based on the concept of pelvic re-alignment, and to put forward some new ideas for the treatment of NSLBP. We set out to answer three related research questions: (1) whether exercise therapy based on the notion of pelvic re-alignment truly leads to a change in pelvic alignment? (2) whether exercise based on the above concept is effective in improving patients' low back pain as well as their quality of life (QOL). (3) whether there was a measurable difference in clinical effect between a traditional form of physical therapy and that based on the notion of pelvic re-alignment?

**【Methods】** (1): To address the first of our research questions, 21 healthy males underwent exercise therapy based on the pelvic re-alignment concept, using the ATM®2, a low back pain treatment device. The subjects performed 10 maximum isometric contractions of the trunk while fastened to an ATM®2 pad round the thorax and pelvis. Before and after each intervention, the pelvis was marked with a reflective pen and a digital photo taken. Pelvic alignment was measured by digital image analysis, including the calculation of pelvic asymmetry and tilt. (2) For this experiment, 14 outpatients with acute and chronic low back pain due to motion, from an orthopedic clinic located in Hamamatsu, participated in the study. Using an ATM®2, an intervention consisting of trunk flexion and extension exercises was performed twice a week for 4 weeks. Then, a follow-up of 4 weeks was carried out. Pre and post treatment outcome measures used were the visual analogue scale (VAS, 0 ~ 100mm) for motion pain intensity and the Roland-Morris disability Questionnaire (RDQ) for functional status. (3) Finally, 26 people with acute low back pain participated in our third study. The participants were divided randomly into a traditional physical therapy group and an exercise therapy group. Both groups were subjected to hyperthermia and electrical

stimulation therapy, while the exercise therapy group performed additional trunk exercises with ATM® 2. The intervention period covered 2 weeks. The outcome measurements of the mobility of trunk flexion and extension, and the difference between the right and left lateral bending, were taken using VAS and RDQ. The study was conducted with the approval of Seirei Christopher University Ethics Committee.

**【Results and Discussion】** (1): The pelvic inclination angle in the frontal plane, pre-intervention, was  $2.9 \pm 1.4$  degrees, decreasing significantly to  $1.8 \pm 1.1$  degrees post-intervention. Pelvic asymmetry was significantly reduced following the intervention, at  $1.8 \pm 1.4$  degrees, compared to  $3.6 \pm 2.1$  degrees before the intervention. The results suggest that an exercise therapy based on the concept of pelvic re-alignment can improve pelvic asymmetry. Because symmetry of the pelvic alignment can be achieved with the help of exercise, this kind of therapy should be available as a means of treating NSLBP. (2) VAS was significantly reduced after the intervention and follow-up relative to its baseline (baseline:  $55.4 \pm 13.7$  mm, post-intervention:  $4.4 \pm 7.5$  mm, follow-up:  $6.5 \pm 7.6$  mm). RDQ was also significantly reduced relative to its baseline (baseline:  $7.4 \pm 4.9$ , post-intervention:  $1.4 \pm 1.3$ , follow-up:  $2.2 \pm 4.1$ ). It was possible to confirm the improvement of QOL and pain, but the therapy's superiority in relation to conventional ones remains unknown. Future studies should investigate the relative effect by randomized, controlled trials. (3) A two-way data analysis of variance resulted in the confirmation of an interaction in the left-right mobility difference during lateral bending as well as in the VAS of trunk flexion. The VAS of trunk flexion in the exercise therapy group was reduced to  $13.5 \pm 17.1$  mm from  $63.6 \pm 23.3$  mm. The traditional physical therapy group also showed a decrease to  $21.8 \pm 21.8$  mm from  $42.7 \pm 20.2$  mm. The difference between the right and left lateral bending in the exercise therapy group was reduced to  $1.5 \pm 1.0$  from  $4.5 \pm 3.5$ , showing only a  $2.0 \pm 1.6$  to  $2.2 \pm 2.2$  reduction in the traditional physical therapy group. It has been reported that Pelvic asymmetry may affect the movement of the thorax and lumbar spine. We believe therefore that the observed reduction in the left/right mobility difference and pain relief can be accounted for in terms of the pelvic symmetry due to exercise therapy and a modification in the movement of the thoracic and lumbar spine.

**【Conclusion】** An exercise therapy for NSLBP based on the notion of pelvic re-alignment improved both the pain and the difference between the right and left lateral mobility once pelvic symmetry was achieved. Exercise therapy for symmetrical pelvic alignment can therefore be considered as a new therapeutic method of NSLBP.

# 目次

第1章 序論	・・・	1
1-1 研究の背景	・・・	1
1-1-1 腰痛の疫学	・・・	1
1-1-2 腰痛の分類と診断	・・・	2
1-1-3 腰痛の治療効果	・・・	4
1-1-4 腰痛に対する運動療法の問題点と課題	・・・	5
1-2 腰痛の運動療法における新たなコンセプト	・・・	6
1-2-1 腰痛における仙腸関節および骨盤の問題	・・・	6
1-2-2 腰痛患者における骨盤アライメントに関連する治療と新たなコンセプト	・・・	8
1-3 概念枠組み	・・・	12
1-3-1 概念枠組み	・・・	12
1-3-2 用語の操作的定義	・・・	15
1-4 研究目的	・・・	16
第2章 研究1:骨盤アライメントの測定と介入による変化に関する研究	・・・	18
2-1 目的	・・・	18
2-2 研究1-1: デジタル画像による角度測定の測定精度	・・・	19
2-2-1 目的	・・・	19
2-2-2 方法	・・・	20
2-2-3 結果	・・・	23
2-2-4 考察	・・・	26
2-2-5 まとめ	・・・	28
2-3 研究1-2: 骨盤アライメント測定のためのデジタル画像解析の可能性	・・・	28
2-3-1 目的	・・・	28
2-3-2 方法	・・・	29
2-3-3 結果	・・・	33
2-3-4 考察	・・・	34
2-3-5 まとめ	・・・	36
2-4 研究1-3: リアライメントコンセプトを目的とした運動療法により骨盤アライメントは変化するか	・・・	37
2-4-1 目的	・・・	37

2-4-2	方法	・・・	38
2-4-3	結果	・・・	40
2-4-4	考察	・・・	41
2-4-5	まとめ	・・・	41
2-5	第2章のまとめ	・・・	42
第3章	研究2：腰痛患者に対する運動療法のケースシリーズ	・・・	44
3-1	目的	・・・	44
3-2	対象と方法	・・・	45
3-3	結果	・・・	48
3-4	考察	・・・	51
3-5	第3章のまとめ	・・・	54
第4章	研究3：腰痛患者に対する骨盤対称化に着目した運動療法の無作為化比較試験	・・・	57
4-1	目的	・・・	56
4-2	対象と方法	・・・	57
4-3	結果	・・・	59
4-4	考察	・・・	62
4-5	第4章のまとめ	・・・	65
第5章	総括	・・・	66
5-1	本研究の目的と結果	・・・	66
5-2	本研究で得られた知見と臨床への示唆	・・・	67
5-2-1	デジタル画像による骨盤アライメント計測の可能性	・・・	67
5-2-2	骨盤リアライメントコンセプトに基づく運動療法による骨盤アライメントの変化と腰痛患者への介入効果メカニズムについて	・・・	68
5-3	本研究の限界	・・・	77
5-3-1	デジタル画像による骨盤アライメント計測の課題	・・・	77
5-3-2	リアライメントコンセプトに基づく運動療法による骨盤アライメント変化の課題	・・・	77
5-3-3	非特異的腰痛患者に対する骨盤リアライメントコンセプトに基づいた運動療法についての課題	・・・	78
第6章	結論	・・・	80
	謝辞		
	文献		
	付録		

# 第 1 章 序論

## 1-1 研究の背景

### 1-1-1 腰痛の疫学

腰痛とは、一般的に「肋骨縁の下方から下殿部ひだの上方にかけて局在する疼痛のことであり、下肢痛を伴う場合と伴わない場合がある」とされている。腰痛の原因は多岐にわたるが、近年ではそのほとんどが非特異的腰痛であるとされている。非特異的腰痛とは、認識できる病因（感染、腫瘍、骨粗鬆症、関節リウマチ、骨折、炎症など）に起因しないものである。

腰痛は、ほとんどの人が生涯に一度は経験するといわれている (Andersson, 1999; Trainor & Wiesel, 2002)。本邦における国民生活基礎調査 (厚生労働省, 国民生活基礎調査) では、自覚する症状として腰痛が多数を占めており、過去 5 回 (1998~2010 年) の調査結果では男性で 1 位、女性は 2 位であった。腰痛を訴える者の数 (1000 人あたり) は、過去 5 回の推移をみると、男性が 77.5 から 89.1、女性が 106.7 から 117.6 と男女とも増加の一途をたどっている (表 1-1)。さらに、業務上疾病発生状況の調査によると、休業を 4 日以上した負傷に起因する疾病の内、腰痛が占める割合は、2004 年から 2011 年を通じて 8 割以上を占めていた (厚生労働省, 安全衛生関係統計等一覧)。福原らの調査では、過去 1 ヶ月における 24 時間以上経過した腰痛の有病割合を年代別で報告し、どの年代においても 2~3 割に腰痛を経験していた (福原, 2004)。国外での腰痛の発生状況としては、米国において、腰痛は外来受診理由として 2 番目に多く、入院理由では 5 番目であったことが報告された (Pai & Sundaram, 2004)。カナダにおける 20 歳以上の 1000 名を対象とした調査では、年間の発生率が 18.6% であり、腰痛を経験した者の 20% が 6 ヶ月以内に再発していた (Cassidy, Côté, Carroll, & Kristman, 2005)。

腰痛がおよぼす経済的影響については、Murphy and Volinn (1999) によると、1995 年の経済損失は 88 億ドル、腰痛により支払請求をする割合は労働者 100 人当たり 1.8 人と報告した。また、Pai and Sundaram (2004) の調査では、腰痛のための年間医療費が 200~500 億ドル、腰痛による休業にかかる損失は 280 億ドルであったと報告された。

腰痛は日本のみならず、諸外国でも非常に多くの人々が訴える症状である。腰痛のため

表 1-1 腰痛の有訴者率 (1000 人あたり)

	1998 年	2001 年	2004 年	2007 年	2010 年
男性	77.5	80.8	82.0	87.4	89.1
女性	106.7	110.8	107.9	117.9	117.6

(人)

に休業や失業することもあり，結果として生産性の低下や休業補償の高額化が生じるため経済的損失を招くことになる．そのため，腰痛は世界的に大きな問題となっている．現代社会において，腰痛に対する治療法や予防法を確立することは重要な課題である．

### 1-1-2 腰痛の分類と診断

腰痛の治療法および予防法を確立していくためには，腰痛の病態を明らかにし疾患概念・診断基準を確立することや，診断および検査方法の精度について検証する必要がある (菊池, 2005)．しかし“腰痛”自体は診断名ではなく症状であり，腰痛の病態や原因は多岐にわたる．分類についても，様々な視点による表現がなされている．

腰痛をきたす代表的な疾患は，腰椎捻挫，退行性変性，椎間板ヘルニア，骨粗鬆症による圧迫骨折，脊柱管狭窄症，腰椎分離すべり症などがある (遠藤・金岡, 2008; 日本整形外科学会・日本腰痛学会, 2012) (表 1-2)．腰痛の分類として，原因となる部位により，脊柱由来，内臓由来，精神心理の 3 つに大別されている．脊柱由来では，椎骨，椎間板，椎間関節・関節包，神経根性，筋筋膜性，靭帯性がある (遠藤・金岡, 2008; 白土, 2008)．さらに，機械的腰痛と神経的腰痛に分類しているものや (Al-Eisa, 2010)，脊柱の屈曲または伸展運動時に疼痛を生じ可動域を制限する腰痛を，屈曲障害型腰痛，伸展障害型腰痛とする分類方法もある (遠藤・金岡, 2008)．近年では，腰痛を生じるものの中で，血液学的・病理学的・X線診断学的に著明な異常所見を有さないものは，腰痛症あるいは非特異的腰痛，椎間板ヘルニアや腰部脊柱管狭窄症など腰部に起因する神経症状を有している特異的腰痛として区別する分類がなされている (関口・菊池, 2008)．ヨーロッパでは，急性腰痛に対する分類として，*Serious spinal pathology*，*Nerve root pain / radicular pain*，*non-specific low back pain* の 3 つのカテゴリーに分けるガイドラインがある (Van Tulder, et al., 2006)．非特異的腰痛に関しては，仕事や人間関係でのストレスや，痛みに対する

表 1-2 腰痛をきたす疾患分類 (遠藤・金岡, 2008 より引用)

筋原性	腰筋・筋膜炎
椎間板原性	腰椎椎間板症 腰椎椎間板ヘルニア 腰椎変性すべり症
椎間関節・椎弓の異常	変形性腰椎症 腰椎分離症
骨粗鬆症性	脊椎圧迫骨折
腫瘍・炎症性	椎体・椎間板炎 脊椎・脊髄腫瘍

強い恐怖感などの心理社会的要因が関与することが報告された。しかし、腰部への機械的なストレス、例えば前屈みの姿勢を長時間取ることや重い荷物を持ち上げることにより腰痛が発症することも事実である。Matsudaira, et al. (2012) は、腰痛の既往がない労働者を対象に、新規発症に関わる因子を検討し、持ち上げや前屈み動作が頻繁であること、職場の人間関係のストレスが危険因子であったことを報告し、非特異的腰痛の要因に人間工学的要因と心理社会的要因の両方が関与していることを指摘した。このように腰痛の原因は多岐にわたり、分類や表現についても違いが多く存在している。そのため、治療効果を明らかにすることや診断の確立を困難にさせる一因となっている。

腰痛は、画像診断における所見のみで原因が特定できるものではない。つまり腰痛の原因は、画像診断上の所見と異なることも少なくない。Weksler, et al., (2007) は、腰痛症および腰椎椎間板ヘルニア患者 50 名に対し、仙腸関節へ麻酔薬を注入し、疼痛の変化を検証した。その結果、疼痛の程度 (Visual Analogue Scale: VAS) が 7.8 から 1.3 と有意に減少し、8 週後も 46 名が 0~3 の範囲にあった。そのため、腰痛の鑑別診断では仙腸関節機能不全を強く考慮すべきであると指摘した。その他にも、Schwarzer, Aprill, & Bogduk, (1995), Maigne, Aivaliklis, & Pfefer, (1996) は、腰背部痛患者の 15~20% は仙腸関節が問題であることを報告した。このように、腰部周辺にみられる痛みの原因を推定するには、画像所見のみでは判断できない。MRI を用いた調査では、Endean, A., Palmer, K. T., & Coggon, D. (2011) によると、椎間板の突出、神経根の変位または圧迫、椎間板変性などの異常所見と腰痛に関連は認められたものの、個々の腰痛の原因であることを示唆するものではないと述べている。また、Boden, S. D., Davis, D. O., Dina, T. S., Patronas, N. J., & Wiesel, S. W. (1990) は、腰痛の既往がない 67 名を対象に、放射線科医 3 名が読影した

結果、約 1/3 に異常所見を認めたことを報告した。画像診断上、器質的な変化があったとしても、それが疼痛の原因であるかは不明であり、機能的な問題も考慮すべきである。

### 1-1-3 腰痛の治療効果

腰痛を訴える者の数は、医学技術が進歩しているにもかかわらず、減少していない。その要因は社会情勢や体力の変化など様々なことが予測されるが、腰痛の病態が明らかになっておらず、治療法や予防法が確立されていないことも大きな要因だと考えられる。

腰痛に対する治療は、手術療法と投薬や理学療法の保存療法に大別される。「赤信号:red flags」と呼ばれる①腫瘍、②感染症、③外傷（圧迫骨折）による腰痛や、神経根症状による膀胱直腸障害が出現している場合には外科的手術などが必要である。手術が必要となる腰痛は約 2%とされ (Fast, 1988)、それ以外のほとんどが、保存療法の適応となる。

保存療法では、薬物療法および理学療法が主な手段として用いられ、理学療法では運動療法と物理療法に分けられる。腰痛に対する運動療法の代表的なものとしては、通常の活動性維持、柔軟性訓練、筋力強化訓練、エアロビック、アクア、腰部安定化運動、固有受容促通・協調運動、直接的腰痛体操 (Mayer, Mooney, & Dagenais, 2008) があり、臨床現場では治療者の裁量により単一もしくは複合的に行われているのが現状である。

その他の運動療法には、一般的に関節モビライゼーションや関節運動学的アプローチなどの徒手療法も含まれる (板場, 2010)。しかし、Cochrane Database of Systematic Reviews や欧米の腰痛ガイドラインでは、Spinal Manipulation やカイロプラクティックといった徒手療法は、運動療法とは枠組みが別として扱われている。上記に示した柔軟性訓練や筋力強化訓練、腰部安定化運動などの運動療法と、マニピュレーションやカイロプラクティックなどの徒手療法の差違は、能動的か受動的かにある。能動的であることは、自らが身体を操作するため筋活動を促すが、受動的であることは、治療者が身体を操作するため筋活動を伴わないことが多い。受動的治療を受けている患者は、痛みに関連した活動障害が生じやすく、能動的治療を受けている患者は活動障害が生じにくいことも報告されており (Blyth, March, Nicholas, & Cousins, 2005)、腰痛治療では能動的治療である運動療法が推奨されている (白土, 2008)。

運動療法は、概ね効果的とされているが、腰痛の時期や病態の違いにより有効性が認められなかったとの意見も散見される。代表的な運動療法について、Williams 体操と McKenzie 体操は疼痛を軽減したが両者には有意な差がなく (Elnaggar, Nordin, Sheikhzadeh, Parnianpour, & Kahanovitz, 1991)、McKenzie 体操は、短期的には疼痛の軽減に効果的ではあるが、長期的には有効性は認められていない (Clare, Adams, & Maher, 2004)。筋力トレーニングについて、Slade and Keating (2006) により Systematic review

がなされ、コントロール群より効果的だが、エアロビクス、McKenzie 体操より効果的とはいえないと報告した。近年注目されている脊柱安定化エクササイズは、長期的には、筋力トレーニングより有効であり (Kasai, 2006)、腰椎分離すべり症には効果的であると報告されたが (O'Sullivan, Phytty, Twomey, & Allison, 1997)、他の理学療法より有効、あるいは等しく有効であるという証拠はないという報告もあった (Rackwitz, et al., 2006)。また、一般的な理学療法に安定化エクササイズを加えてもさらなる効果が認められなかった (Cairns, Foster, & Wright, 2006)。Ferreira, Ferreira, Maher, Herbert and Refshauge, (2006)は、脊柱安定化エクササイズが疼痛の軽減に効果的ではあるが、マニピレーションなど他の治療よりすぐれてはいなかったと報告した。

運動療法にならび、腰痛治療で頻繁に用いられる手段として、徒手療法がある。徒手療法の効果を検証したものでは、急性腰痛に対するマニピレーションは、短期的に効果があると報告されている一方、(Shekelle, Adams, Chassin, Hurwitz and Brook, 1992; Bronfort, Haas, Evans, Bouter, 2004)、Ferreira, Ferreira, Latimer, Herbert and Maher, (2002)は、慢性腰痛患者に対する脊柱マニピレーションによる治療が、プラセボ、鎮痛薬と比較して疼痛を軽減する効果を明らかにすることができなかったと報告した。このように徒手療法も運動療法と同様、明らかな効果が認められているとは言い難い。

腰痛の原因や病態の違いにより介入方法も状況にあわせ対応が必要であるが、現状ではどの保存療法が優れているのかは、一概にはいえない。治療法を確立していくためには、病態とそれに対する介入効果を検証していく必要がある。

#### 1-1-4 腰痛に対する運動療法の問題点と課題

運動療法は効果的であるとされていれものもあれば、効果がはっきりしない報告もあり、どのような腰痛にどのような運動療法が最も効果的であるかは議論が続いている。腰痛に対するもっとも有効な運動療法は分かっておらず、個別性が重要だという指摘もある (Jenkins and Borenstein, 1994)。このような背景には、運動処方の内容や対象治療の設定が多様であること、各疾患の診断基準および診断技術の精度、治療者の技術などの影響が指摘されている。

運動療法の内容は、基本的に腰痛の原因を改善させる目的で構成されている。本邦でひろく知られている Williams 体操は、Williams, (1955)により、腰椎の強い前弯が腰痛の原因になると考え、前弯減少させることが腰痛予防につながるとして “postural exercise” が提唱された。McKenzie, (1972)は、疼痛の原因が椎間板、特に髄核の後方偏位により椎間板後方線維輪や後縦靭帯を刺激することで疼痛を引き起こしていることを主張し、体幹の屈曲は髄核を後方へ偏位させるため、運動療法に体幹の伸展運動を含めた McKenzie 法

を報告した。1980年代には、腹横筋や腹斜筋が脊柱の安定化に貢献すること、腰痛症患者では多裂筋に萎縮を認めることなどの報告に基づき、腹横筋や多裂筋の筋活動を促すアプローチ（脊柱安定化エクササイズ）が報告されはじめた。このように、主要な運動療法のいずれも脊柱および脊柱周囲を構成する軟部組織を対象に、可動域や筋力の改善を目的としている。しかしながら、腰痛の原因のひとつとして仙腸関節および骨盤の関与が示唆されているにもかかわらず、これまでの運動療法は骨盤を直接的な対象とはしていない。仙腸関節や骨盤に起因する腰痛に関しては、その改善を目的とした運動療法はみあたらず、腰痛治療の課題のひとつといえる。

## 1-2 腰痛の運動療法における新たなコンセプト

### 1-2-1 腰痛における仙腸関節および骨盤の問題

骨盤は、左右の寛骨と、寛骨に挟まれた仙骨からなる（図1-1）。寛骨の背側では、仙骨との仙腸関節を形成し、寛骨の腹側では恥骨結合により連結される。仙腸関節は、関節の形状としては半関節であり、わずかではあるが可動性を有している。正常とされる可動域は、並進運動で0.5～1.6mm、回転運動で1～4度程度とされている（Sturesson, Selvik, & Udén, 1989; Sturesson, Uden, & Vleeming, 2000）。骨盤は一つの塊としてみなされることがあるが、可動性を有する仙腸関節によりその形態、つまりアライメントは変化する。例えば一側の寛骨が前傾し、対側の寛骨が相対的に後傾してアライメントに変化が生じている状態は、骨盤の歪み、非対称性、pelvic torsion（Young, Andrew, & Cummings, 2000）、pelvic asymmetry（Levangie, 1999）、innominate asymmetry（Krawiec, Denegar, Hertel, Salvaterra, & Buckley, 2003）などと表現されている。その際、寛骨および仙骨は単独で動くのではなく、一側の寛骨が前傾すると、仙腸関節を介して仙骨は対側に傾斜および回旋し、対側の寛骨は後傾をするといった、連動した運動がみられる（Schamberger, 2002）。

腰痛のなかでも骨盤および仙腸関節が起因となり疼痛が生じるものがある。仙腸関節から生じる疼痛は、仙腸関節への直接的な外傷、一方向性の骨盤剪断力、反復性の骨盤ねじれ力、炎症、突発性発症のいずれかであると考えられている。仙腸関節は、臥位を除けば常に荷重を受けている関節であること、その周囲には知覚神経終末の分布が確認されていることから、痛みの発生源となりうる。その仙腸関節に、過度な、反復する運動および荷重ストレスが加わることで仙骨と寛骨との間に位置関係のずれを生じさせ、痛みが発生す



図 1-1 骨盤および仙腸関節

中央に仙骨があり，その左右に寛骨が連結する．仙骨および尾骨と寛骨により，骨盤が形成される．仙骨と寛骨からなる関節が，仙腸関節（○で囲まれた部位）である．

るものと考えられている (DonTigny, 1985)．

骨盤の非対称性が，腰痛と関連する可能性を述べているものもある (Al-Eisa, Egan, Deluzio, & Wassersug, 2006A, 2006B)．Al-Eisa, et al., (2006A) は，骨盤の非対称性と体幹運動の非対称性について健常者と腰痛患者とを比較した．その結果，腰痛患者は健常者より有意に骨盤の非対称性を認め，体幹の側屈や回旋の可動域にも腰痛患者に非対称性を認めた．Schamberger, (2002) は，左右の寛骨の偏位は仙骨を傾かせ，その上位にある脊椎に影響を及ぼすことを述べている (図 1-2)．その上にある胸郭 (肋骨) にも，連鎖的に回旋や側屈させることになりうる．骨盤の非対称性により脊柱の運動学に変化を及ぼすことは，脊柱運動が偏りのある運動となってしまう，腰部構成体のある一定箇所に応力の集中を発生させていることが推測され，それが痛みの原因になると考えられる．

骨盤から腰椎および胸郭を含めアライメントが変位していることは，体幹周辺に存在する筋活動にも影響を及ぼすことが推測される．つまり，骨盤の非対称性が存在したままで体幹運動を行うことは，体幹筋も非対称的な筋活動をおこなっている可能性がある．例えば骨盤非対称性により腰椎が左へ回旋している場合，体幹の伸展運動を中間位で行おうとすると，体幹を右に回旋しなければ中間位での伸展運動は行えない．よって，筋活動に左右差が生じることになる．このような非対称性の筋活動を頻繁に繰り返すことは，筋への過剰な負荷になり，これも疼痛の原因になる可能性がある．

以上のように，腰痛は骨盤アライメントに起因して生じる可能性がある．これまでの運動療法の効果にばらつきがあった背景には，仙腸関節を含めた骨盤アライメントの問題が

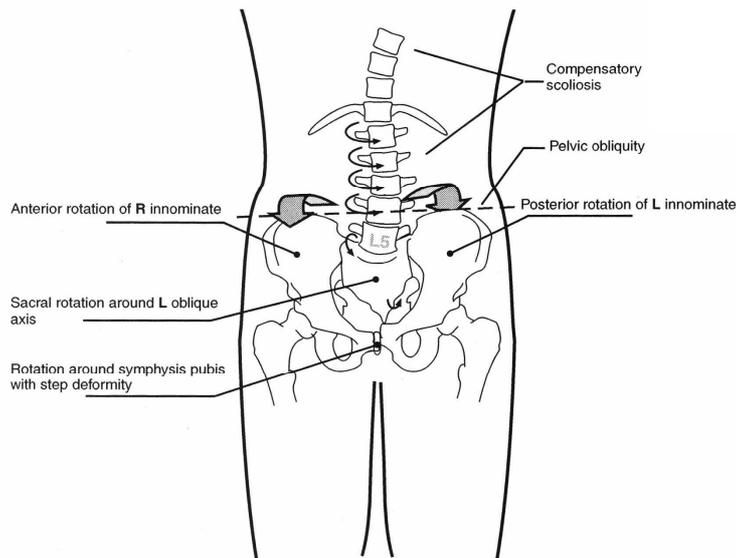


図 1-2 骨盤の非対称性が脊柱におよぼす影響(Schamberger, 2002 引用)

左の寛骨が後方へ、右の寛骨が前方へ回旋している。それに伴い仙骨が左へ傾斜および回旋し、仙骨が回旋および傾斜することは、仙骨と連結している腰椎も回旋および側弯を呈する。

考慮されていなかったことも要因のひとつだと推測される。加えて、骨盤非対称性に起因する腰痛は、骨盤アライメントの対称化および筋活動の適正化が重要であると考えられる。そのため、腰痛に対する処方には、骨盤アライメントを考慮した運動療法が必要であると考えられる。

### 1-2-2 腰痛患者における骨盤アライメントに関連する治療と新たなコンセプト

#### 【腰痛患者に対する骨盤アライメントに関連する治療】

骨盤アライメントに関わる腰痛の治療としては、仙腸関節のズレを最小とすること、つまり骨盤アライメントを整えることや、炎症などによる可動域制限を改善することが必要だと考えられている。論理的には、骨盤の非対称性が痛みの原因であるならば、骨盤を対称化させることで疼痛を軽減させることができるであろう。

仙腸関節および骨盤アライメントに対する介入方法としては、徒手療法のひとつである関節モビライゼーションがある。文献検索サイト Med line による検索結果では、"low back pain" "mobilization" "sacroiliac"にて4件ヒットしたが、臨床効果を検証したものではなかった。脊柱に対するマニピレーションの効果については、Assendelft, Morton, Yu,

Suttorp, & Shekelle, (2004) によりレビューされているが、骨盤アライメントに対する徒手療法については述べられていないため、臨床効果は明らかではない。その他、骨盤痛に関して妊婦および産後の腰痛に関するものがいくつか報告されているが、骨盤アライメントに直接的に関与している報告はない。Hansen, et al., (2007) が報告した「Sacroiliac Joint Interventions: A systematic review」でも、仙腸関節への局所麻酔薬の介入効果についてはレビューされていたが、運動療法の臨床効果は述べられていない。腰痛治療において、骨盤アライメントを考慮した介入方法が検討されていないことは、腰痛治療を進展させていく上でも大きな問題点であり、腰痛患者への骨盤および仙腸関節に着目した運動療法の介入効果を検証していくことが必要であると考えられる。

#### 【腰痛治療の新たなコンセプト：

##### 骨盤非対称性のリアライメントによる腰痛治療（リアライメントコンセプト）】

腰痛患者における骨盤アライメントに関連する治療は十分に検討されていない。そのため、骨盤アライメントの対称化（リアライメント）による腰痛治療をコンセプトとし、骨盤アライメントからの腰痛治療を開発する必要がある。骨盤アライメントからの介入では、非対称性の対称化とそれに伴う筋活動の適正化が必要だと考える。

骨盤アライメントでは、非対称性を対称化することで、次の変化が生じると考えられる。寛骨における傾斜の左右差が減少することは仙骨の傾斜や回旋がなくなり、仙骨の中間位が確保される。仙骨が中間位になれば、それまで仙骨の回旋および傾斜により生じていた腰椎の回旋および側屈が解消し、腰椎の配列も中間位に保持されることが考えられる。それに伴い、筋の偏りある収縮も軽減することも考えられる。腰椎の運動や筋の収縮に異常な左右差がなくなることは、これまで生じていた応力の集中がなくなることを意味する。よって、骨盤非対称性のリアライメントにより腰痛治療として有用だと考える。

本研究では、骨盤アライメントの改善とそれに伴う脊柱や筋活動の変化を含め、リアライメントコンセプトとして表現することとする。

#### 【リアラインコンセプトが期待できる介入方法】

腰痛治療における骨盤アライメントを考慮した治療方法が確立していない中、骨盤のアライメントの適合性を高め、筋活動による安定化を図り、さらに協調性を高める考えは、蒲田（2009）や Kennedy（2007）により提案されている。骨盤アライメントに介入できる可能性があるものとして、米国で開発された機器を用いた運動療法がある。この運動療法は **active therapeutic movement** という関節を良肢位に固定した状態で運動を行う治療法であり、**active therapeutic movement device**（ATM®2）（図 1-3）という機器を用いる。ATM®2 を用いた運動療法は、骨盤および胸郭をベルトで固定し、体幹の屈曲および伸展の等尺性収縮を行う方法である（図 1-4）。

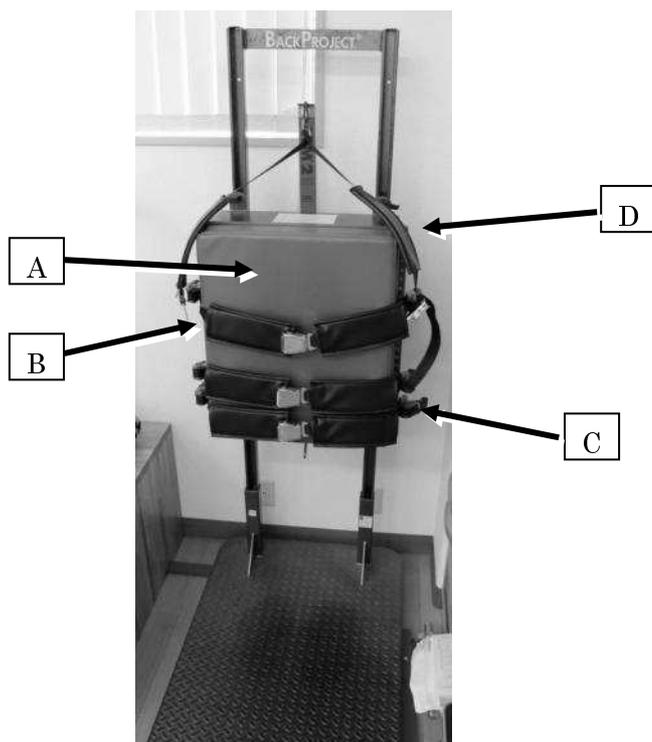


図 1-3 ATM@2 の全体像

本機器は、サポートパッド (A)、胸郭ベルト (B) および骨盤ベルト (C)、抵抗ベルト (D) からなる。

この方法による腰痛治療効果の機序は、骨盤および胸郭を良肢位に矯正した状態で筋収縮をおこない学習することで、腰椎は中間位で運動することが可能となり、今まで行われていた異常運動が修正できることにある。つまりベルトによる固定力で骨盤の対称化がなされ、脊柱の運動は中間位となり、その状態で筋収縮を促すことが期待できる (図 1-5)。従来からの運動療法であるシットアップや脊柱安定化運動の腹部引き込み運動との相違点は、不良肢位、つまり骨盤の非対称性のまま運動するか否かであると推測される。

ATM@2 による運動は、ベルトによる固定が骨盤アライメントの対称化をもたらし、その上で体幹の筋活動および運動を学習することを腰痛治療に利用している。しかし、これまでに成された ATM@2 に関する報告は少なく、腰痛患者の疼痛軽減効果 (Lewis, et al., 2006) や腰痛患者の腰部筋活動の低下、体幹可動域改善の即時効果 (増田, 伊藤, 宮園, 岡西, 蒲田, 2008) が報告されている程度である。その他に、骨盤アライメントを対称化させるような介入を検証しているものはないため、骨盤アライメントへの介入により、生体に及ぼす影響から、腰痛患者への臨床効果などを明らかにしていくことが必要である。その際、ベルトによる固定が骨盤アライメントの対称化をもたらすと考えられる ATM@2 を利用することが可能だと考えられた。



図 1-4 ATM®2 による腰痛に対する運動療法の方法

腰痛患者に対する ATM®2 を用いた運動療法の方法は、立位の状態では骨盤および体幹を、土台となるサポートパッドへ骨盤および胸郭ベルトで固定し、抵抗ベルトを腋窩に通して、体幹屈曲または伸展運動を行う。(図左：屈曲運動，図右：伸展運動)

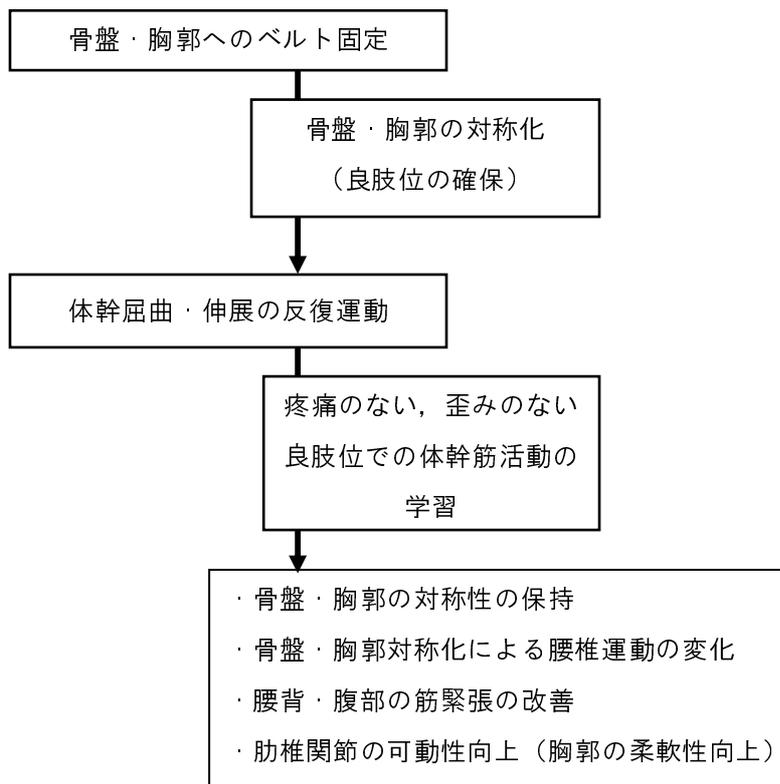


図 1-5 ATM®2 を用いた運動療法による腰痛軽減の予測されるメカニズム

骨盤および胸郭をベルトで締めて固定することは、歪んだ骨盤・胸郭を対称化させると予測される。対称化したまま、痛みなく体幹屈曲および伸展運動を反復して行うことは、対称化した状態の筋活動を学習することになる。その結果、対称化された状態の保持が期待できる。さらに骨盤と胸郭に挟まれた腰椎は、骨盤・胸郭の対称化に伴い腰椎も中間位が確保され、腰椎運動が変化すると予測される。反復運動は、更新した筋緊張の緩和が期待できる。胸郭のベルトにより、前後に圧迫され横径拡張が生じると予測される、つまり肋椎関節の運動が促されると考えられる。

## 1-3 概念枠組み

### 1-3-1 概念枠組み

腰痛は、ほとんどが認識できる病因に起因しない腰痛、つまり非特異的腰痛であり、原因が特定できるのは全体の 15%程度とされている（菊池, 2009）。非特異的腰痛の原因としては、心理社会的要因と人間工学的要因が指摘されている。人間工学的要因では、前屈み動作や回旋動作などにより腰部にストレスを加えることが関与する。その背景として、

筋力の低下や柔軟性の低下、アライメント不良などの機能的な障害により、腰部周辺組織にストレスを与え、疼痛を生じると考えられている。疼痛の発生源は、大きく腰椎を構成する組織に起因するものと、神経根の刺激により生じるものがある。腰椎周辺には痛みを知覚する組織が多くあり、椎骨、筋、胸腰筋膜、硬膜、硬膜外叢、靭帯、仙腸関節、椎間関節、椎間板などがある。

非特異的腰痛に対する治療は、原因が特定できないため保存療法を実施する。保存療法には、主に運動療法、物理療法、徒手療法などの理学療法がある。中でも腰痛に対する運動療法には、ストレッチや筋力強化、腰痛体操、脊柱安定化運動など、いくつかの種類がある。運動療法の主な目的は、柔軟性、筋力・筋萎縮、筋過活動、姿勢不良、不安定性、椎間板髄核の偏位などの改善であり、これらが身体に作用し腰痛が軽減すると考えられている。しかしながら、人間工学的要因の要素が強い非特異的腰痛の原因と考えられるものには筋力や柔軟性に加え、骨盤アライメントも腰痛に関連することが指摘されている (Al-Eisa, et al., 2006A)。筋力強化や脊柱安定化エクササイズにおいて、腹横筋の収縮は、骨盤の安定性に寄与するといわれているが (Richardson, et al., 2002)、骨盤のアライメントを変化させる目的ではなく、骨盤への影響は不明である (図 1-6)。

非特異的腰痛における骨盤への作用を目的とした介入方法には、主に徒手療法が挙げられる。慢性腰痛患者に対するマニピュレーションおよびモビライゼーションでは、治療の対象が腰椎であることが多く、急性期では腰痛軽減に効果的であるとされているものの、直接骨盤に介入し効果を検証した報告はない。

以上より、腰痛治療における課題として、人間工学的要因の要素が強い非特異的腰痛の要因の一つである骨盤アライメントへの介入効果を検証することがあげられる。骨盤アライメントに介入するという事は、それに伴い腰椎や腰部周辺の筋へ影響を及ぼすことが考えられる。このような骨盤アライメントの改善とそれに伴う脊柱や筋活動の変化を含めて介入することはこれまでにないコンセプト (以下、リアライメントコンセプトとする) であり、生体に及ぼす影響や臨床効果を検証する意義がある。リアライメントコンセプトとしての介入方法には、運動療法が適切であると考えられる。運動療法は能動的であり、筋収縮を伴う。骨盤アライメントおよび周辺の筋活動にアプローチするためには筋収縮を伴うことが望ましい。加えて、能動的であることは患者自身の自己効力感を高めることも期待できる。徒手療法により骨盤へのアプローチは可能だが、介入者の技術により効果が左右される点や筋収縮を伴わないことから、介入方法として運動療法が望ましいと考える。

リアライメントコンセプトによる運動療法には、以下の点が腰痛治療に作用すると考えられる。骨盤および胸郭を良肢位に矯正した状態で筋収縮をおこない学習することで、腰椎は中間位で運動することが可能となり、今まで行われていた異常運動が修正できることである。そのため的手段として、ATM®2 を用いた運動療法が活用できる。この機器は、ベルトによる固定力で骨盤の対称化がなされ、脊柱の運動は中間位となり、その状態で筋

収縮を促すことが期待できる。加えて、本機器を用いた腰痛治療は能動的であり、自らが治療に参加するため自己効力感の喚起を促しやすいこと、骨盤・脊椎を強固に固定するため、動きに伴う疼痛を誘発することなく筋収縮を促すことができ、安全性および安心感が高いことも効果的に作用するものと考えられる。

骨盤アライメントを改善する運動療法が効果的であると考えられる腰痛は、上記の理由より、身体の運動など機械的なストレスに伴い疼痛を生じるタイプの腰痛だと考えられる。明らかな神経根症状を呈する症例や骨折、変形を呈している症例、精神医学的な問題のある腰痛患者には、本運動療法が効果的ではない可能性があり、すべての腰痛に効果が期待できるわけではない。

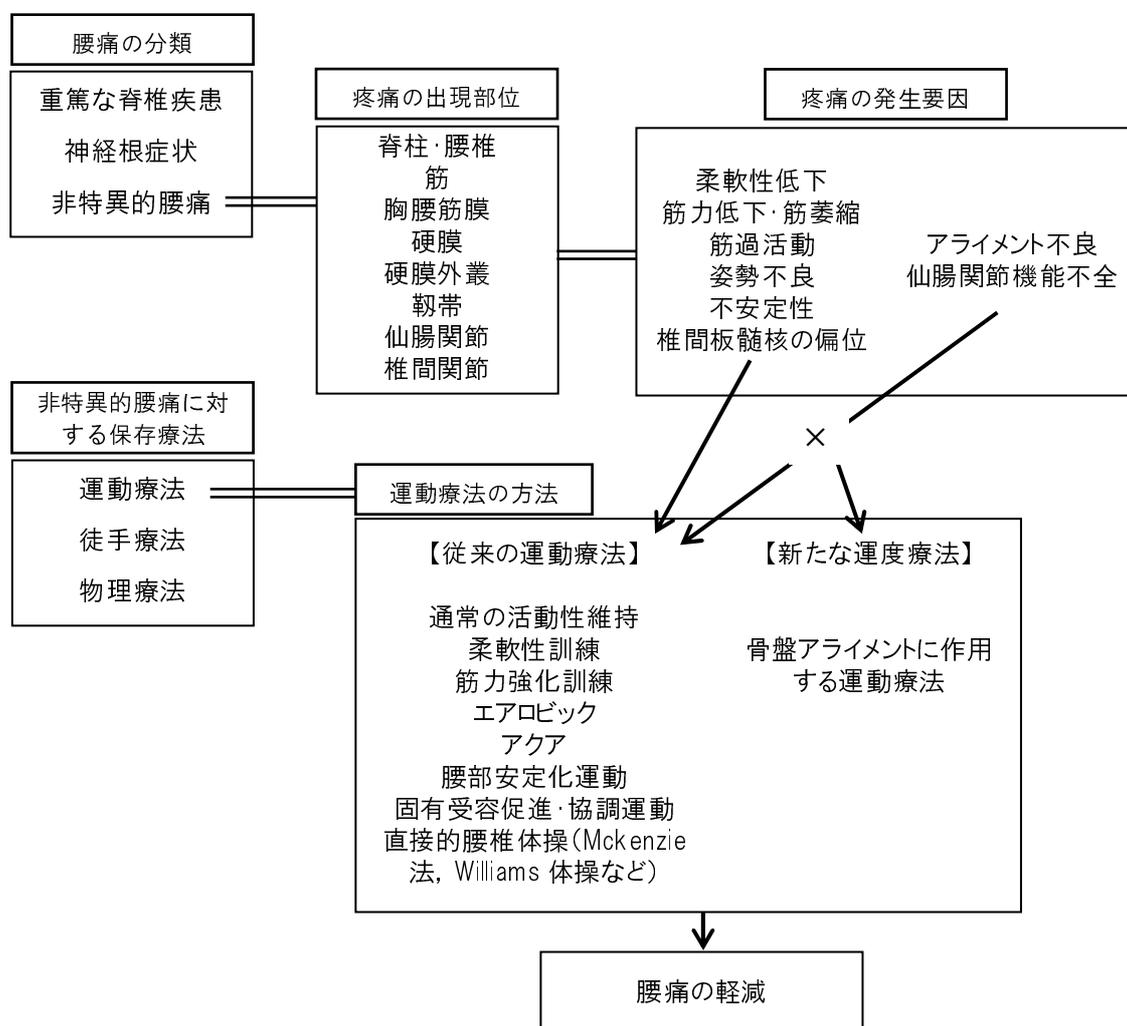


図 1-6 本研究の概念枠組み

腰痛の原因の一つとして指摘されている骨盤アライメントに対しては、運動療法が存在しない。よって、骨盤アライメントに作用する運動療法を実施し、効果を検証する必要がある。

一方、骨盤アライメントへの介入効果を検証するためには、骨盤アライメントの客観的な測定方法が必要である。これまでに電気刺激療法による骨盤アライメントへの影響を検証した報告では、MRI (magnetic resonance imaging) による骨モデルが用いられていた (Bendová, Růžicka, Peterová, Fricová, & Springrová, 2007)。MRI は三次元的に把握できる点で優れているが、臨床現場では容易に実施することはできない。Gnat, & Saulicz, (2008)は、非対称的な運動により発生させた骨盤非対称性への徒手介入の効果、傾斜計を用いて検証した。傾斜計による測定は、複雑な操作もなく短時間でできるメリットがある。しかし、測定の精度や再現性については、十分に検証されていない。このように骨盤アライメントの測定にはゴールドスタンダードと呼べる方法はなく、さらなる検討が必要である。

骨盤以外のアライメント測定には、これまでに下肢アライメントを中心としてデジタル画像が用いられ、有用であることが報告されている。またデジタル画像により関節可動域の測定が行われ、可動域についても有用であるとされている。しかし、骨盤アライメントについては、デジタル画像による測定は行われていない。そこで、デジタル画像により骨盤アライメントの計測が可能であるか検証することも必要だと考える。

上記の課題を踏まえ、本博士論文の枠組みとして、次の2点について明らかにすることを目的とした。一つは、運動療法により骨盤アライメントの対称化が可能か、もう一つは、運動時に腰痛が生じる非特異的腰痛患者に対し、リアライメントコンセプトによる運動療法が疼痛や QOL を改善するかを明らかにすることである。その目的を達成するために、3つの検証事項を設定した。研究1として、デジタル画像による角度計測の正確性、再現性を確認した上で、ATM®2を用いた運動療法により骨盤アライメントが変化するかを明らかにする。研究2として、リアライメントコンセプトによる運動療法を、腰痛患者の治療に用いた場合、疼痛や QOL が改善するかどうかを、ケースシリーズにより明らかにする。研究3では、研究2の結果をふまえ、従来の消炎鎮痛処置と比較対照し、骨盤アライメントが疼痛や QOL に及ぼす影響を明らかにする。

### 1-3-2 用語の操作的定義

#### 【非特異的腰痛】

腰痛の中でも、明らかな原因（骨折や腰椎椎間板ヘルニア、腰部脊柱管狭窄症など）によるものではない腰痛を指す。

#### 【骨盤リアライメント】

骨盤アライメントが不良である状態に対し、適合したアライメントにすることをリアライメントと呼ぶ。例えば、右の寛骨が前傾し、左の寛骨が後継しているのであれば、その左右差をなくし、適合した位置関係に戻すことである。

## 1-4 研究目的

これまでの腰痛に対する運動療法の課題として、どのような腰痛にどのような運動療法が効果的か不明であることが挙げられる。腰痛の原因のひとつとして考えられている骨盤アライメントへの運動療法の介入効果は、これまでに報告がなく十分に検討されていない。

腰痛は、画像診断で得られた情報と症状が一致しないことが多く、腰椎椎間板ヘルニアであっても仙腸関節や骨盤に疼痛の原因である場合もある。腰痛患者への効果的な運動療法を開発していくためには、仙腸関節を含めた骨盤アライメントを考慮した運動療法が生体に及ぼす影響および臨床効果を明らかにすることが必要である。骨盤アライメントへの運動療法の効果が確かめられれば、腰痛治療に新しい治療コンセプトを提案できると考えられる。現在、骨盤アライメントへの介入が含まれる運動療法が可能な方法は確立していないが、骨盤や胸郭をベルトで固定して運動を行う ATM®2 は、骨盤アライメントの改善に有用である可能性がある。しかし、これまでの報告では ATM®2 により骨盤アライメントへの影響、臨床効果を明らかとした報告はない。このようなことから、骨盤アライメントに着目した運動療法が、臨床的に腰痛患者に効果的かどうかを検証しなければならないと考える。本研究の目的は、骨盤アライメントへの介入が期待できる運動療法について、骨盤アライメントへの影響および臨床効果を検証することである。

本研究は大きく基礎研究と臨床研究の 2 つの枠組みで構成される (図 1-7)。

基礎研究の研究 1 では、リアライメントコンセプトにおける効果発生機序の一つである骨盤アライメントについて、骨盤を固定して運動をする ATM®2 を用い、運動療法前後で骨盤アライメントが変化するかを、デジタル画像により調査する。具体的には、研究 1-1 の目的は、デジタル画像による角度計測の精度を確かめることである。加えて、カメラの設定により、角度計測に及ぼす影響を明らかにすることも目的とした。研究 1-2 の目的は、研究 1-1 により確認したカメラ設定を活用し、実際の骨盤アライメントをデジタル画像により測定し、再現性を確認することとした。その際、仮想脚長差を設定し、異なる条件下で骨盤アライメントの変化を検出できるかも検証することとした。研究 1-3 では、研究 1-1、1-2 により確認された骨盤アライメントの測定方法にて、骨盤をベルトで固定して行う運動療法を実施し、その前後で骨盤アライメントが変化するか、明らかにすることを目的とした。

臨床研究である研究 2 では、研究 1 にて用いた運動療法 (ATM®2) を腰痛患者に適応し、疼痛軽減や QOL の改善に効果的であるかをケースシリーズにより明らかにすることを目的とした。その効果を確認した上で、研究 3 では、これまでにいくつかの報告で有効であるとされている消炎鎮痛処置をコントロール群として無作為化比較試験を行い、骨盤に介入を加えた運動療法が臨床的に効果的かを明らかにすることを目的とした。

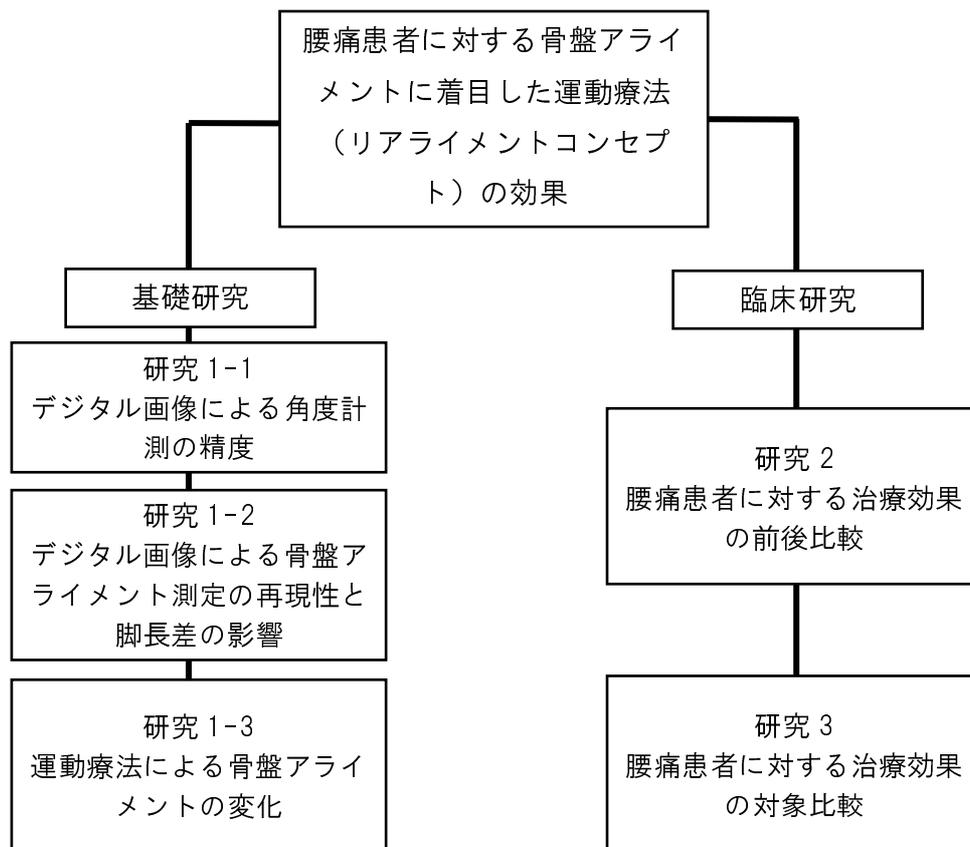


図 1-7 本研究の構造

研究 1-1：デジタル画像による角度計測が，被写体を 1 度ごとに傾斜を変化させ，その変化を検出できるかを確認すること。カメラの設定により，角度計測に及ぼす影響を確認すること。

研究 1-2：実際の骨盤アライメントをデジタル画像により測定し，再現性を確認すること。仮想脚長差を設定し，骨盤アライメントの変化を検出できるか確認すること。

研究 1-3：骨盤をベルトで固定する運動療法を実施し，その前後で骨盤アライメントが変化するか，明らかにすること。

研究 2：腰痛患者に対し，運動療法を行い，疼痛軽減や QOL の改善に効果的であるかをケースシリーズにより明らかにすること。

研究 3：腰痛患者に対し，運動療法と炎鎮痛処置（コントロール群）による無作為化比較試験を行い，骨盤に介入を加えた運動療法が臨床的に効果的かを明らかにすること。

## 第2章 研究1：骨盤アライメントの測定と介入による変化に関する研究

### 2-1 目的

腰痛と骨盤の非対称性は、関連することが示唆されている。骨盤非対称性は、骨盤上に位置する腰椎アライメントを変化させ、脊柱運動が非対称的になるため椎間関節や椎間板などに応力が集中し、腰痛が生じると推察されている (Weksler, et al., 2007; Al-Eisa, et al., 2006; Lee, & Lee, 2011)。そのため、骨盤非対称性を改善しないことは慢性化の一因になるかもしれない。腰痛の治療を進めるためには、骨盤の非対称性に関する検査測定と治療が必要である (Gnat, & Saulicz, 2008; Bendova, et al., 2007)。

骨盤の非対称性は、現在のところゴールドスタンダードといわれるような測定方法は確立されていない。これまでの骨盤非対称性の測定方法として、CT (computed tomography) やMRI が用いられてきたが、リハビリテーションの現場では容易に行うことはできない。リハビリテーションの現場で利用できる測定方法としては、傾斜計による測定、触診法による測定がある。傾斜計による骨盤アライメントの信頼性については、級内相関係数が0.78~0.84 (Cibulka, Delitto, & Koldehoff, 1988; Gnat, & Saulicz, 2008) と高い値が報告されている。しかしこれらの研究ではその場で連続して測定されており、測定間に時間をおいた test-retest の結果ではない。さらに Stovall, & Kumar, (2010)は、解剖学的ランドマークの非対称性の評価は、信頼性のある方法として実証されていないと報告した。

デジタル画像による角度の測定については、再現性が高いとされている (対馬, & 石田, 2003)。Schmitt, et al., (2008) は、下肢アライメントについて、正面からのデジタルカメラにより撮影し、検者内信頼性は級内相関係数 0.989, test-retest では 0.904 であり、高い信頼性があることを報告した。しかし、骨盤アライメントに対するデジタル画像を応用した報告は見当たらないため、骨盤アライメントをデジタル画像で測定できるかを確認することが必要である。

腰痛の治療として、骨盤の非対称性への介入効果は十分に検討されていない。これまでに、失禁の改善を目的とした電気刺激療法の効果の検証 (Bendova, et al., 2007) や、非対称的な運動により発生させた骨盤非対称性への徒手的介入による効果が報告された

(Gnat, & Saulicz, 2008; Gnat, Saulicz, Bialy, & Kłaptocz, 2009)。しかし、骨盤の非対称性に対し運動療法を行うことで非対称性が変化したかについては明らかではない。

以上より、本研究では、デジタル画像により骨盤アライメントを測定し、正確性および再現性を確認し、その上で骨盤への介入が骨盤アライメントを変化させるかを明らかにすることを目的とした。研究の構造としては、研究 1-1 および 1-2 により、骨盤アライメントをデジタル画像により測定が可能かどうかを検証した。具体的には、研究 1-1 にて、デジタル画像が真の角度とどの程度誤差があるのか、わずかな角度の変化（例えば 1 度）を検出できるか確認し、研究 1-2 では、実際に骨盤アライメントを測定して、再現性の確認および意図的に骨盤アライメントを変化させ、その変化を検出できるか確認した。研究 1-3 では、研究 1-1 および 1-2 により確認したデジタル画像による骨盤アライメント測定方法を用いて、介入により骨盤アライメントが変化するかを確認した。つまり腰痛の治療効果が期待される ATM®2 により骨盤を固定した運動療法を行い、介入前後での骨盤アライメントの変化を検証した。

## 2-2 研究 1-1：デジタル画像による角度測定の測定精度 —カメラ設定条件による相違—

### 2-2-1 目的

デジタル画像による角度・アライメント測定は、X 線や磁気による画像診断装置よりも安全かつ臨床現場にて比較的簡便に扱える方法である。これまでに肘関節可動域 (Blonna, Zarkadas, Fitzsimmons, & O'Driscoll, 2012), 手指の可動域 (Georgeu, Mayfield, Logan, 2002), 下肢アライメント (Schmitt, et al., 2008) などで用いられており、高い信頼性が認められている。しかしながら、骨盤アライメントについてはデジタル画像による測定は実施されていない。

骨盤には、仙骨と寛骨からなる仙腸関節がある。骨盤アライメントは、主に仙腸関節の動きが反映される。仙腸関節は、前後屈運動や片脚立位において並進運動で 0.5~1.6mm, 回旋運動で 1~4 度の可動性を有する。骨盤アライメントの評価のためには、膝や股関節などの関節角度と異なり角度の変化が小さく、より精度の高い角度測定が必要である。

デジタル画像による角度算出時の誤差は、ランドマーク（マーカ）の設置方法、カメラ撮影の設定方法、角度の測定方法の 3 つに大別できると考える。カメラの設定については、被写体との距離、焦点距離、絞り、感度、口径値 F 値、など多くの設定項目がある。角度の算出方法については、ソフトウェアの操作・手順・画角の設定、モニタの設定などが影響する。そのため、カメラの設定条件の違いにより、角度算出に影響するかを確認する必要がある。

本研究（研究 1-1）では、デジタル画像によりわずかな角度の変化を計測できるか、カメラの設定条件の相違によって真の値との誤差がどの程度生じるのか、検証した。関節角度を測定する角度計や傾斜計に刻印されている角度は、1 度、2.5 度、5 度刻みであり、測定の際、5 度刻みで記録することが一般的であることから、角度の変化は 1 度に設定した。カメラの設定では、カメラから被写体の距離、レンズの焦点距離について条件を変え検証した。

## 2-2-2 方法

### 1. 撮影条件：被写体の設定、カメラの設定

デジタル画像撮影の被写体として、真鍮製の角度計（神中式）を用いた。角度計の両端に、直径 10mm の反射マーカを両面テープにより設置しランドマークとした（図 2-1）。反射マーカは、マーカを中心と角度計の軸の中心を可能な限り一致させ、マーカの外側端は角度計の外側端と一致させた。角度計は、三脚の雲台に両面テープにより固定した。矢状面では角度計の底と床が平行に、水平面では角度計の軸をカメラ前面が平行になるよう設置した。角度計の床からの高さは、1m とした。真の角度を設定するために、角度計の中央に傾斜計（マルチレベル：シンワ測定株式会社製、精度±0.6 度）をマグネットにて固定した（図 2-1）。角度計の撮影条件は、角度計に設置した傾斜計により前額面上で 0 度、±1 度、±2 度に傾けた 5 条件とした。

ランドマークの撮影には、デジタルカメラ（Canon: PowerShot G12）（表 2-1）を用いた。カメラを三脚に取り付け、水平面では被写体と平行に、矢状面では床と平行に、前額面では床と平行になるよう、傾斜計を用いてカメラの傾きを調整した。

被写体からカメラまでの距離は、カメラ本体前縁までの距離を 2.5m と 3.0m の 2 条件とした。レンズの焦点距離については、35mm 換算で広角 wide 28mm、望遠 tele 140mm の 2 条件とした。すべての条件において、絞りは f5.2、ピントはオートとし、画素数および画質は 3648×2736 画素の L ラージ、縦横比は 4:3、ISO 感度は 400 に設定した。

デジタル画像による角度算出のための基準線として、下げ振りを被写体の右側に天井から垂らした（図 2-1）。下げ振りを基準とするため、前額面上における 0 度は 90 度、±1 度は 89 および 91 度、±2 度は 88 度および 92 度になる。

5 つの角度条件において、それぞれカメラと被写体の距離 2 条件、レンズの焦点距離 2 条件で 1 枚ずつ撮影し、合計 20 枚のデジタル画像を得た。

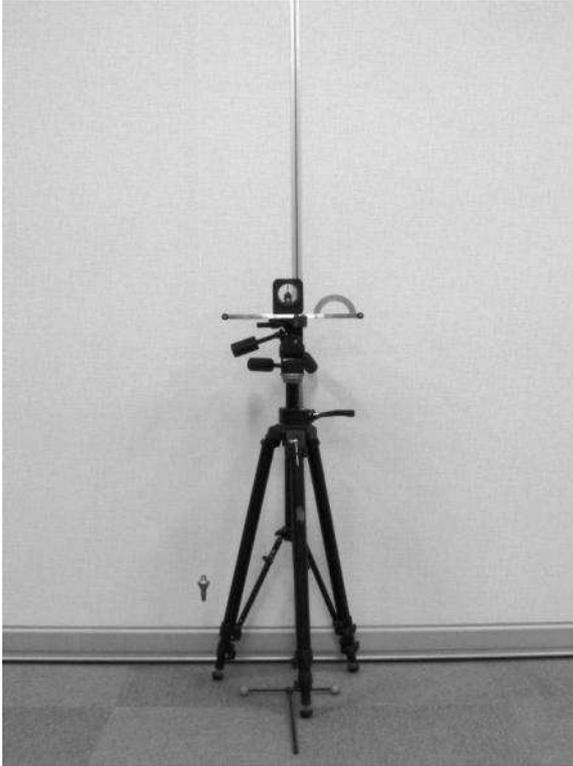


図 2-1 被写体と下げ振りの設置

角度計のバーの両端に直径 4mm の反射マーカを設置し，ランドマークとした．角度計に傾斜計を取り付け，三脚の上端に固定した．下げ振りを，天井からつり下げ，角度計の傾斜角度計測の基準とした．

## 2. 解析

撮影したデジタル画像から，角度計に添付した反射マーカの傾斜角度を算出するために画像解析ソフト ImageJ 1.43u を用いた（図 2-2）．使用したモニタは，19 型 TFT LCD モニタ（Logitech LCM-T194AD/S(S)）であり，解像度は 1280×1024 とした．

測定者は，大学生（4 年生）10 名（男性 5 名，女性 5 名）とした．カメラと被写体との距離 2 条件，焦点距離 2 条件，各条件にて撮影された 5 つの角度（88，89，90，91，92 度）について，傾斜角度を測定した．その際，モニタ上のデジタル画像の倍率は，カメラと被写体との距離が 2.5m の場合，広角 wide では 150% に拡大，望遠 tele では 50% に縮小した．3.0m の場合，広角 wide では等倍 100%，望遠 tele では 33.3% に縮小し，測定者全員で統一した．測定者は，1 枚の画像につき 3 回の測定をした．なお，測定者には真の値は知らせずに実施した．

表 2-1 PowerShot G12 の主な仕様

撮像素子	カメラ部有効画素数		約 1,000 万画素
	サイズ・タイプ, 総画素数		1/1.7 型高感度 CCD, 約 1,040 万画素
レンズ	焦点距離 [35mm フィルム換算]		6.1 (W) -30.5mm (T) [28 (W) -140mm (T) ]
	開放 F 値		F2.8 (W) -F4.5 (T)
	構成枚数		9 群 11 枚 (両面非球面レンズ 1 枚)
	光学ズーム倍率		5 倍
フォーカス制御			TTL オートフォーカス
露出制御	測光方式		評価, 中央部重点平均, スポット
	ISO 感度		通常時: オート, ISO80/100/125/160/200 /250/320/400/500/640/800/1000/ 1250/1600/2000/2500/3200
シャッタースピード			1~1/4000 秒 (オートモード)
絞り			F2.8-F8.0 (W) , F4.5-F8.0 (T)
記録関係	ファイルフォーマット		DCF 準拠, DPOF (Ver1.1) 対応
	データタイプ	静止画	JPEG (Exif2.3) /RAW (CR2)
	記録画素数	静止画	[4:3 時] ラージ: 3648×2736 画素 ミドル 1: 2816×2112 画素 ミドル 2: 1600×1200 画素 スモール: 640×480 画素
動作環境			温度: 0~40℃, 湿度: 10~90%
型番			PSG12

(Canon ホームページ <http://cweb.canon.jp/cgi-bin/camera/dcam/spec.cgi?p=psg12> より引用  
改変)

本研究では, レンズの焦点距離を 35mm 換算で広角端の 28mm, 望遠端の 140mm を用いた.  
その他の設定は, 絞りを f5.2, ピントはオートフォーカス, 縦横比を 4:3 とし, 画素数および  
画質はラージ (3648×2736 画素), 採光方式は中央部重点平均, ISO 感度は 400 とした.

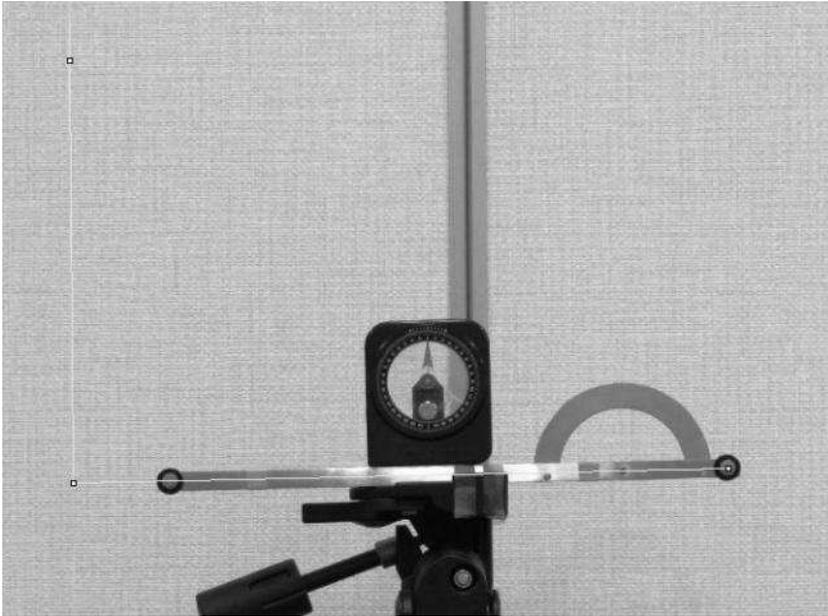


図 2-2 傾斜角度の計測方法

画像解析ソフト ImageJ 1.43u を用い、反射マーカーの中心を通る線と下げ振りとのなす角を計測した。

統計学的解析として、得られた傾斜角度を各距離、焦点距離にて多重比較検定 (Tukey) を行った。得られた傾斜角度と真の値との誤差 (絶対誤差) について、距離 **distance** ・焦点距離 **lens** ・角度 **degree** の要因にて、三元配置分散分析を行った。

### 2-2-3 結果

#### 1. 各距離、各焦点距離における実測値の多重比較検定 (表 2-2)

すべての条件、つまり 2.5m での広角 **wide** と望遠 **tele**, 3.0m での広角 **wide** と望遠 **tele** における 88 度, 89 度, 90 度, 91 度, 92 度のすべての角度間で、有意な差 ( $p < 0.05$ ) が認められた。

#### 2. 絶対誤差における距離 **distance** ・焦点距離 **lens** ・角度 **degree** での三元配置分散分析 (表 2-3, 2-4)

絶対誤差の平均値と標準偏差を表 2-2 に示す。三元配置分散分析の結果 (表 2-4), 交互作用については、(距離 \* 焦点距離) が有意 ( $p < 0.05$ ) だった。主効果としてレンズの焦

点距離 (lens) が有意 ( $p < 0.05$ ) であったが, 被写体までの距離 (distance) は有意ではなかった (図 2-3, 2-4).

表 2-2 被写体までの距離およびレンズの焦点距離における角度の実測値

距離	焦点距離	88 度	89 度	90 度	91 度	92 度
2.5m	wide	88.08 (0.19)	89.20 (0.10)	90.26 (0.11)	91.24 (0.13)	92.45 (0.14)
	tele	88.19 (0.16)	89.23 (0.10)	90.31 (0.12)	91.20 (0.17)	92.46 (0.12)
3.0m	wide	87.92 (0.08)	89.14 (0.29)	90.04 (0.20)	91.18 (0.11)	92.23 (0.14)
	tele	88.15 (0.17)	89.42 (0.09)	90.31 (0.10)	91.32 (0.22)	92.35 (0.11)

度  
(標準偏差)

表 2-3 被写体までの距離およびレンズの焦点距離における絶対誤差

距離	焦点距離	88 度	89 度	90 度	91 度	92 度
2.5m	wide	0.18 (0.13)	0.20 (0.10)	0.27 (0.11)	0.24 (0.14)	0.45 (0.15)
	tele	0.20 (0.14)	0.23 (0.10)	0.31 (0.13)	0.23 (0.13)	0.43 (0.14)
3.0m	wide	0.10 (0.05)	0.26 (0.17)	0.15 (0.13)	0.18 (0.11)	0.23 (0.14)
	tele	0.16 (0.11)	0.42 (0.09)	0.31 (0.10)	0.34 (0.20)	0.35 (0.11)

度  
(標準偏差)

表 2-4 絶対誤差における距離 distance・焦点距離 lens・角度 degree での三元配置分散分析の結果

ソース	タイプ III 平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
distance	.027	1	.027	1.701	.194
lens	.252	1	.252	15.936	.000
degree	.866	4	.217	13.690	.000
distance * degree	.431	4	.108	6.815	.000
lens * degree	.030	4	.007	.472	.756
distance * lens	.179	1	.179	11.305	.001
誤差	2.910	184	.016		
総和	18.403	200			
修正総和	4.695	199			

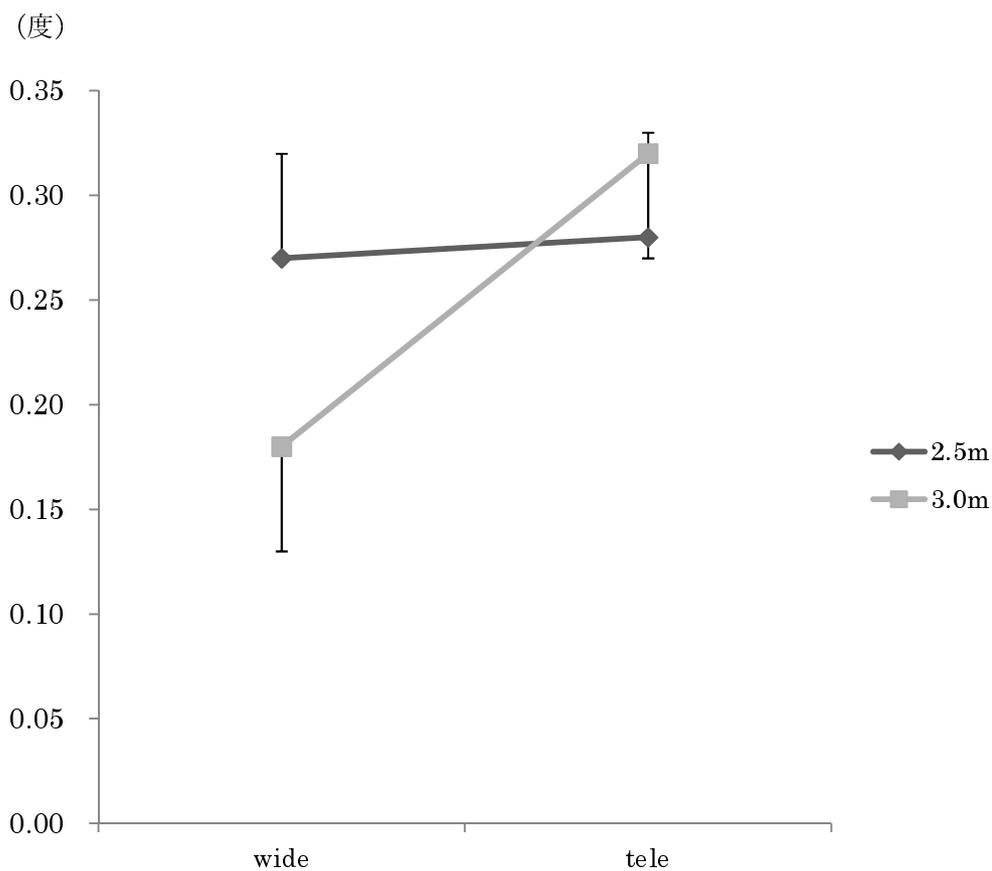


図 2-3 絶対誤差における距離 (distance) \* 焦点距離 (lens) の交互作用

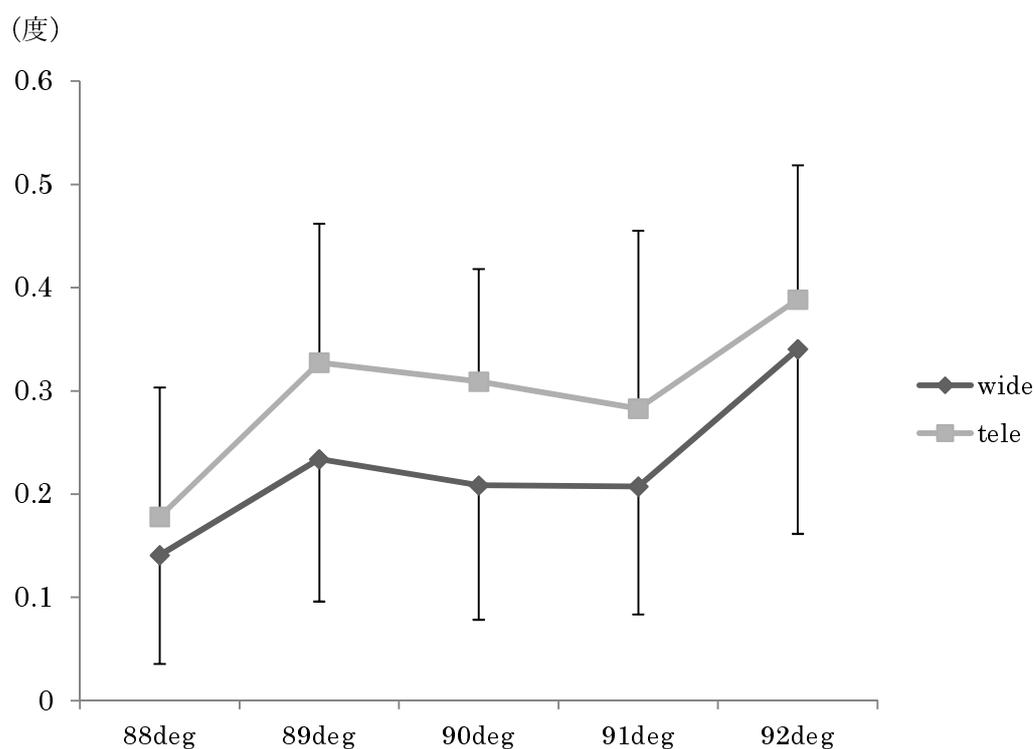


図 2-4 絶対誤差の焦点距離 (lens) による違い

#### 2-2-4 考察

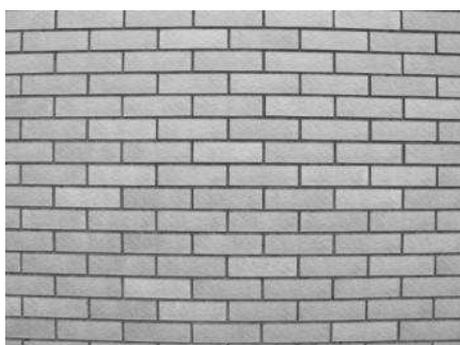
デジタルカメラにより水平線に対し 88~92 度の間を 1 度刻みで変化させた角度計を撮影し、10 名の測定者によりソフトウェアにて角度を算出した。カメラの撮影条件は被写体からの距離を 2.5m と 3.0m の 2 条件、レンズの焦点距離を広角 wide28mm と望遠 tele140mm の 2 条件とした。その結果、どの距離と焦点距離であっても、設定したすべての角度間で有意な差が認められた。絶対誤差における距離、焦点距離、設定角度の 3 要因による三元配置分散分析の結果、(距離\*焦点距離)において有意に交互作用が認められた。主効果として、距離は有意ではなく、焦点距離において有意であった。

本研究では、被写体である角度計を 1 度刻みに設定した。仙腸関節の可動性は回転で 1~4 度 (Sturesson, et al., 1989; Sturesson, et al., 2000) と報告されているため、骨盤アライメントの変化を測定するためには、小さな変化を検出できなければならない。本研究の結果では、撮影を被写体からの距離およびレンズの焦点距離の 4 条件いずれにおいても各角度間に有意な差が認められ、1 度の違いを検出できることが示された。このことは、アライメント変化を目的としたデジタル画像の測定において、1 度の変化を捉えることができるものである。よって骨盤アライメント変化にも応用が可能であることが示唆された。

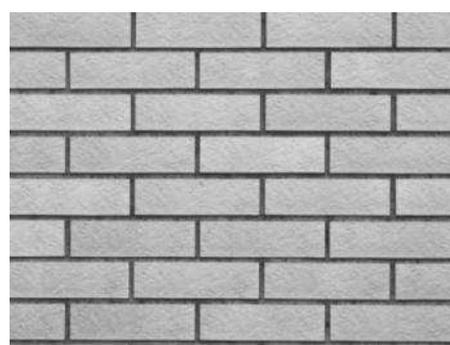
デジタル画像による角度測定において、撮影条件の違いが誤差に影響をおよぼすと考えられている（対馬, 2009）。つまりカメラの設定方法と被写体の設定方法である。本研究では、被写体を前額面上の変化のみとしたため、検証の対象とはしなかった。カメラの設定方法は、被写体からカメラまでの距離とレンズの焦点距離について、それぞれ2条件を設定し、角度測定におよぼす影響を確認した。三元配置分散分析の結果、（距離\*焦点距離）において有意に交互作用が認められた。距離2.5mにおいて、絶対誤差は焦点距離の広角と望遠におおきな違いはないが、距離3.0mでは、絶対誤差の広角と望遠に差が大きく、変化のパターンが異なることが示された。主効果については距離には認められなかったが、焦点距離に認められた。これは、被写体までの距離により絶対誤差の違いは生じないが、広角は望遠より有意に誤差が少ないことを示している。

広角が望遠より絶対誤差が小さい理由は、レンズ特性のひとつである歪曲収差が関与していることが考えられる。一般的に広角では樽型歪曲（中央が膨らむような歪み）、望遠では糸巻き型歪曲（中央がへこむような歪み）が生じやすいとされている（対馬, 2009）。また、広角は歪曲収差が出現しやすく、望遠は収差が小さい（図2-5）。にもかかわらず、広角において絶対誤差が小さかったことは、広角では被写体が画面中央の区画に映し出され、そこで角度を計測したため、歪曲の影響が少なかったと考えられた。望遠では、角度計測の際、画面いっぱいに被写体が映し出されるため、画面中央のみで計測した広角より歪曲の影響を受け、誤差が大きくなったものと推察された。

以上の結果をふまえ、骨盤アライメントのような変化の小さい角度を測定する際は、距離は2.5mと3.0mのいずれでもよいが、焦点距離は広角にすることにより誤差が小さくなるために有用であることが示唆された。



A. 広角端 (F4)



B. 望遠端 (F4.5)

図2-5 レンズの歪曲収差

一般的に、広角（A）では歪曲収差が出現しやすく、望遠（B）では出現しにくい。

## 2-2-5 まとめ

1. 2.5m の広角と望遠, 3.0m の広角と望遠のいずれの条件でも, 88~92 度において 1 度単位の差を検出することが可能である.
2. 絶対誤差が小さくなる条件は, 焦点距離を広角にすることである. ただし, 対象物が区画中央にあることが条件である. カメラの距離は 2.5m と 3.0m に違いはない.
3. 角度の算出には, ソフトウェア ImageJ を用いた. 算出のためのソフトウェア操作において生じる誤差は, 大きな誤差を生じない.
4. アライメント測定としてデジタル画像を用いた場合, 条件を整えば「撮影方法 (カメラの設定)」と「角度の測定方法 (ソフトウェアの使用)」の影響により真の値との誤差が生じる可能性は低いことが確認された. しかし, 「ランドマーク・マーカの設定方法」の影響により生じる誤差については確認できていない.

## 2-3 研究 1-2: 骨盤アライメント測定のためのデジタル画像解析の可能性

### —test-retest および仮想脚長差による検証—

#### 2-3-1 目的

骨盤アライメントの測定には, 高い精度が必要である. 研究 1-1 では, 被写体を 1 度ずつ変化させた場合, その差を測定することができるかどうか, デジタル画像を用いた角度測定により検証した. その結果, 1 度の違いを検出でき, 真の値との誤差が 1 度以上を示さなかったことを確認した. さらにカメラの設定方法, 角度の算出方法による影響も確認できた. しかし, 研究 1-1 では, 生体の骨盤アライメント計測を実施しておらず, デジタル画像による骨盤アライメントを測定が可能かを確認する必要がある.

デジタル画像を用いた関節可動域や関節角度, 下肢アライメント計測の信頼性については, 先行研究において高い値が報告されている. Blonna, et al., (2012) は, 肘関節の伸展および屈曲をデジタル画像により測定しており, 級内相関係数が, 伸展では 0.98, 屈曲では 0.96 であることを報告した. Schmitt, et al., (2008) は, 前額面における膝関節角度を測定し, 級内相関係数が 0.997, test-retest では 0.904 であることを報告した. しかし, 骨盤アライメント測定のためのデジタル画像による方法の信頼性については, 不明である.

本研究では再現性の確認とともに, 実際に骨盤アライメントに影響すると報告されてい

る介入による変化を検証した。本研究では、骨盤アライメントを変化させる方法として、仮想の脚長差を設定した。脚長差は、腰痛と関連することが報告されている。身体への影響としては、骨盤や腰椎のアライメントを変化させ、前額面において、短い下肢側へ骨盤が側方に傾斜し、腰椎は凸の側弯を呈することが知られている。一方、Timgren, et al., (2006) は、側弯を呈する症例において、長い下肢側の寛骨が後傾、短い下肢側の寛骨が前傾していたことを報告した。つまり脚長差は、骨盤という一塊として影響を及ぼしているわけではなく、可動性を有する仙腸関節があるために、左右の寛骨を偏位させている。よって、骨盤を構成する左右の寛骨への影響も検証すべきである。

研究 1・2 では、骨盤アライメントについてデジタル画像を用いて測定し、再現性および仮想脚長差により骨盤アライメントの変化を検出できるか検証することとした。

## 2-3-2 方法

### 1. 対象

対象は、若年健常男性 30 名 (年齢 21~24 歳) であった。採用基準は、BMI が標準値 (18.5~25 未満) の範囲、脚長差がテープメジャーによる測定で 1cm 未満とした。対象者は、無作為に仮想脚長差を適応するグループ (脚長差群 : leg length discrepancy: LLD) と、適応しないグループ (コントロール群 : control) の 15 名ずつに分けた。反射マーカーを骨盤に設置するため、スパッツに着替えた。

対象者には事前に紙面および口頭にて研究の目的を説明し、同意を得た。この研究は、聖隷クリストファー大学の倫理委員会の承認を得ている。

### 2. セッティング・準備

デジタル画像による角度計測のために、天井から、対象者が位置する場所の前後に下げ振りを垂らした (図 2-6)。カメラは三脚に取り付け、カメラの前縁から対象者の位置する場所までの距離を 2.5m とし、前方および左右の 3 カ所に設置した。カメラの傾きは、傾斜計により前後傾および側方傾斜を 0 度となるよう調整した。高さは、対象者の上前腸骨棘 (anterior superior iliac spine: ASIS) の高さにレンズ中央が合うように調節した。

デジタル画像による角度測定の指標となる反射マーカーを、左右の腸骨稜 (iliac crest : IC), 上後腸骨棘 (posterior superior iliac spine: PSIS), 上前腸骨棘 (ASIS) に設置した (図 2-6)。IC の反射マーカー設置部位は、母指により腹壁の側面後方から前方へ滑らせ腸骨稜を特定した。PSIS は、背側から、母指を、腸骨稜から後方にすべらせ PSIS の突起を確認し、突起を下方から上方へ押し上げるように触診して PSIS の先端を特定した。ASIS



図 2-6 撮影の方法

角度計測のための基準となる下げ振りを，対象者の側方に垂らした．反射マーカ－を，腸骨稜，上前腸骨棘，上後腸骨棘に貼付した．

は，前方から母指で ASIS を確認し，下方から上方へ押し上げるようにして ASIS の先端を確認した．

### 3. 手順

いずれの群の対象者も，はじめに，肩幅に足部を広げた立位となり，上肢は胸の前で組ませた．理学療法士により，骨盤へ反射マーカ－を設置した．その状態にてデジタルカメラにより前方，左右方向より 3 回ずつ撮影し，デジタル画像を得た．撮影後，反射マーカ－を取り外し，対象者は椅子座位にて休息をとった．コントロール群は，再びマーカ－を設置し，初回と同様の手順にてデジタルカメラで撮影した．脚長差群は，安静立位の条件に加え，左足の足底に 3cm のプラットフォームを挿入し仮想脚長差を設けた（図 2-7）．そのとき，右左下肢への荷重分布は等しくするよう，対象者へ指示した．初回と同様の手順にて，デジタルカメラで撮影した．



図 2-7 仮想脚長差の設定

仮想脚長差として、左足の足底に 3cm のプラットフォームを挿入した。そのとき、右左下肢への荷重分布は等しくするよう、対象者へ指示した。

#### 4. 解析

得られた画像を PC に取り込み、ソフトウェア (imageJ 1.43u) により、前額面における骨盤の側方傾斜、左右の矢状面における寛骨の傾斜を計測した。

前額面における両側の IC を結んだ線と下げ振りによる垂直な線とのなす角度を、骨盤側方傾斜角度(Lateral pelvic tilt)と定義した(図 2-8)。左右の矢状面における ASIS と PSIS を結んだ線と下げ振りによる垂直な線とのなす角度を、寛骨傾斜角度(Innominate inclination)と定義した(図 2-8)。右寛骨傾斜角度から左寛骨傾斜角度を引くことにより左右差を算出し、これを骨盤非対称性 (pelvic asymmetry) と定義した。

骨盤側方傾斜角度における 90 度は、腸骨稜を結ぶ線が床と平行であることを意味し、90 度より値が低くなることは、右に傾斜していることを示す。寛骨傾斜角度は、値がより小さく低くなると寛骨は前傾、大きくなると寛骨は後傾することになる。骨盤非対称性の値が、正であれば左の寛骨が右に比べ前傾しており、負であれば左の寛骨が右に比べ後傾していることを意味する。

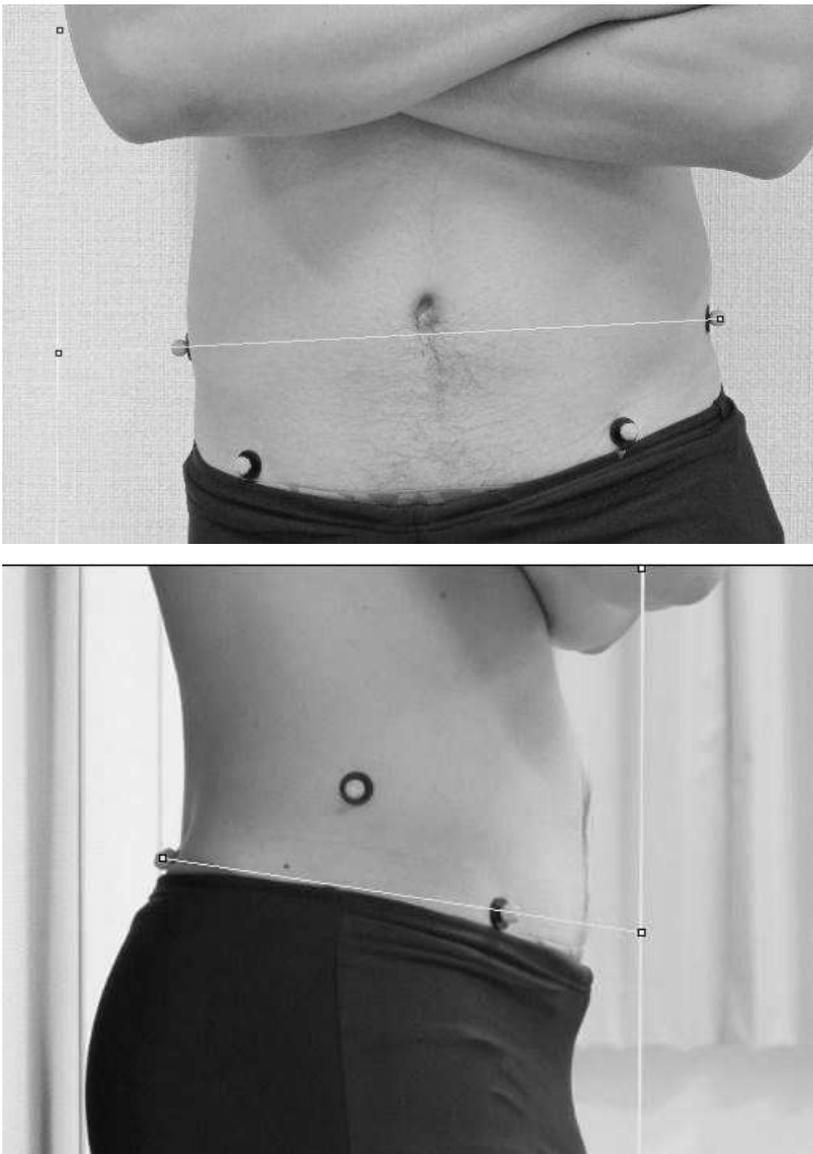


図 2-8 角度の計測方法

前額面では、両側の IC を結んだ線と下げ振りによる垂直な線とのなす角度を、骨盤側方傾斜角度(Lateral pelvic tilt)とした。左右の矢状面では、ASIS と PSIS を結んだ線と下げ振りによる垂直な線とのなす角度を、寛骨傾斜角度(Innominate inclination)とした。

仮想脚長差による骨盤アライメントへの影響を検証するために、グループ（仮想脚長差の適応および非適応）と測定時期（前 pre と後 post）の 2 要因にて、二元配置分散分析を行った。交互作用が認められた場合、グループの主効果も検証した。コントロール群においては、1 回目と 2 回目との誤差を算出し、級内相関係数 (1, 1) を求めた。危険率 5%未満を有意とした。

### 2-3-3 結果

#### 1. 脚長差群とコントロール群の骨盤アライメント (表 2-5)

表 2-5 に脚長差群とコントロール群の骨盤アライメントを示す。二元配置分散分析の結果、前額面における骨盤傾斜、右の寛骨傾斜、骨盤の非対称性で交互作用が認められた。骨盤傾斜は、脚長差群がコントロール群より有意に増加した。右の寛骨傾斜は、脚長差群がコントロール群より有意に前傾した。骨盤の非対称性では、脚長差群がコントロール群より有意に増加した。

#### 2. コントロール群における前後の誤差と絶対誤差 (表 2-6)

1 回目と 2 回目の誤差は、-0.09~0.39 度であった。絶対誤差は、0.71~1.83 度であった。

#### 3. 級内相関係数 (表 2-7)

単一測定の級内相関係数は、0.799~0.915 であった。

表 2-5 脚長差群 (LLD) とコントロール群 (control) の骨盤アライメント

Group	骨盤側方 傾斜角度*		寛骨傾斜角度 (右) *		寛骨傾斜角度 (左)		骨盤非対称性*	
	pre	post**	pre	post**	pre	post	pre	post**
LLD	89.7	82.7	78.4	75.3	79.2	80.7	-0.8	-5.4
	(2.4)	(2.6)	(4.3)	(4.1)	(3.9)	(3.5)	(1.7)	(2.4)
control	88.4	88.5	78.7	78.4	80.9	80.5	-2.2	-2.1
	(1.2)	(1.2)	(4.6)	(4.8)	(3.5)	(3.6)	(2.1)	(2.5)

度

(標準偏差)

\* : 交互作用 (p < 0.01)

\*\* : 主効果 (p < 0.01)

表 2-6 コントロール群における骨盤アライメント測定の誤差と絶対誤差 (度)

	誤差平均	最小	最大	絶対誤差 平均	最小	最大
骨盤側方傾斜角度	-0.09	-2.78	1.45	0.71	0.00	2.78
寛骨傾斜角度 (右)	0.30	-3.47	3.57	1.54	0.12	3.57
寛骨傾斜角度 (左)	0.39	-4.64	3.75	1.83	0.08	4.64
骨盤非対称性	-0.10	-2.53	1.88	1.18	0.18	2.53

表 2-7 コントロール群における級内相関係数 (1, 1)

	単一測定値 (95%CI)
骨盤側方傾斜角度	0.799(0.511-0.927)
寛骨傾斜角度 (右)	0.915(0.772-0.970)
寛骨傾斜角度 (左)	0.800(0.514-0.927)
骨盤非対称性	0.844(0.607-0.944)

#### 2-3-4 考察

デジタル画像による骨盤アライメントの測定を、時間をおき 2 回測定する test-retest を実施した。その結果、実測誤差は-0.09~0.39 度、絶対誤差は 0.71~1.83 度であった。級内相関係数については 0.799~0.915 であり有意な信頼性が認められた。

デジタル画像を用いた角度測定に関して、これまでに肘関節や指関節の屈曲および伸展可動域の信頼性が報告されている。指関節の可動域について、通常の方法による方法とデジタル画像による方法にて測定し、デジタル画像による測定は角度計と高い相関関係にあることが報告された (Georgeu, et al., 2002)。肘関節の可動域におけるデジタル画像を用いた角度測定では、級内相関係数が伸展では 0.98、屈曲では 0.96 であることが報告された (Blonna, et al., 2012)。一方、アライメントに関しては、下肢アライメントに関する報告がある。Schmitt, et al., (2008) は、大腿と下腿とのなす角度について、検者内信頼性は級内相関係数が 0.997、test-retest では 0.904 であることを報告した。Moncrieff, & Livingston, (2009) は、Q angle, 大腿脛骨角, 大腿長をデジタル撮影し、角度および距離

を測定した結果、Q angle がもっとも信頼性が低く、検者内信頼性は級内相関係数 0.458～0.845 であると報告した。本研究の結果では、前額面における左右の IC の傾斜の測定は、級内相関係数が 0.799 と substantial (表 2-8) となり、中等度の信頼性が確認された。矢状面における左右寛骨の傾斜の差、つまり寛骨の非対称性の測定は、級内相関係数が 0.844 と almost perfect (表 2-8) となり、高い信頼性が確認された。本研究による骨盤アライメント測定の結果は、デジタル画像によるアライメント測定をした先行研究に類似した信頼性を示した。

本研究は、仮想脚長差により前額面、矢状面の骨盤アライメントおよび骨盤非対称性に与える影響も検証した。骨盤側方傾斜角度は、左下肢にプラットフォームを挿入したことにより、骨盤は有意に左へ傾斜を示した。この結果は、これまでの先行研究と同様であった。

寛骨傾斜角度は、仮想脚長差の条件では、プラットフォームを挿入した反対側の寛骨が、有意に前傾を示した。一方、同側の左寛骨は、有意な変化は認められなかった。先行研究では、下肢長が長い側の寛骨は後傾することが報告されている。本研究において脚長を長くした側の寛骨に有意な変化を認めなかった理由は、寛骨が前傾し骨盤全体で前傾した、または寛骨の upslip (Schamberger, 2002) (図 2-9)、つまり寛骨が上方へ偏位した対象がいたと予測された。

骨盤非対称性では、pre では-0.8 度だったが、post (仮想脚長差の条件) では-5.4 度と有意な変化を示した。これは、寛骨傾斜角度の結果から、脚長を長くした反対側の寛骨が前傾し、相対的に脚長を長くした側の寛骨が後傾位にあることを示している。脚長差により生じた骨盤非対称性は、仙腸関節での全体的な接触圧およびピーク値を増加させる (Kiapour, et al., 2012)。さらに、左右の寛骨の傾斜が異なることは、寛骨に挟まれた仙骨の傾斜および回旋にも影響を及ぼし、腰椎の運動学を変化させる可能性がある。脚長差により骨盤非対称性を生じさせることは、仙腸関節および腰椎などへの運動学的な変化をもたらす腰痛の原因になると推察される。

本研究にて実施した仮想脚長差により、寛骨の側方傾斜と骨盤非対称性を引き起こすことが確認されたことは、先行研究と類似した変化であった。デジタル画像を用いた骨盤アライメント測定は、骨盤アライメントの変化を捉えることができる可能性が示唆された。

健康者を対象に、デジタル画像を利用したアライメント測定の再現性を確認した結果、級内相関係数では 0.799～0.915 となり、高い信頼性が得られた。デジタル画像を用いた角度測定の誤差を生じる要因の一つとして、マーカー設置方法による影響が考えられるが、本方法では一定の信頼性を確保できた。研究 1-1 では、カメラの設定が、被写体までの距離を 2.5m または 3m、レンズの焦点距離は広角にすることが望ましいと明らかになり、本研究 (研究 1-2) の結果も含め、今後、骨盤介入による骨盤アライメントの変化を明らかにする際、実施できることが確認された。

表 2-8 級内相関係数の値判定 (Landis, & Koch, 1977)

0.0–0.20	slight
0.21–0.40	fair
0.41–0.60	moderate
0.61–0.80	substantial
0.81–1.00	almost perfect

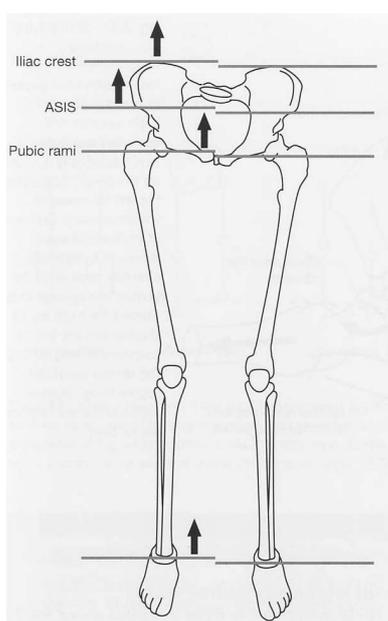


図 2-9 upslip (Schamberger, 2002 引用)

例えば図のように、右側の寛骨が左側の寛骨より上方へ偏位している状態は、「right upslip」と表現される。

### 2-3-5 まとめ

1. 級内相関係数は、0.799～0.915 であり有意な信頼性が認められた。IC, LAP (左 AISI-PSIS) の級内相関係数が、他の角度より低かった。
2. 絶対誤差は平均で 0.71～1.83 度であった。
3. デジタル画像による骨盤アライメントの測定は、一定の信頼性が認められた。骨盤アライメントは、介入により生じる変化の程度が小さいと予測されるが、本研究では、仮

想脚長差によって骨盤アライメントが有意に変化することを確認できた。次の課題として、運動療法により骨盤アライメントが変化するかどうか、確認する必要がある。

## 2-4 研究 1-3：リアライメントコンセプトを目的とした運動療法により骨盤アライメントは変化するか ーデジタル画像解析による検討ー

### 2-4-1 目的

骨盤非対称性に対する介入効果を検証するためには、骨盤アライメントを測定する手法が必要である。測定には、介入前後の比較が必要であるため、測定の誤差、再現性の確認が必要である。デジタル画像を用いた角度計測における誤差は、主にカメラ等の撮影方法、ソフトウェアでの角度測定方法、ランドマークの設置方法の3つが考えられる。研究 1-1 では、デジタル画像を用いた角度測定は、1度刻みの角度の差を検出することが可能であることを確認し、撮影方法およびソフトウェアでの角度測定方法に信頼性が認められた。研究 1-2 では、研究 1-1 により確認された方法により、骨盤にマーカを設置して、再現性を確認した結果、級内相関係数は、0.799～0.915 を示し、一定の再現性があることを確認した。

骨盤非対称性を変化させる条件や介入は、これまでにいくつか報告されており、脚長差や一方向性のスポーツ競技の継続は、骨盤の非対称性を生じさせるとされている (Timgren, & Sojola, 2006; Krawiec, et al., 2003)。骨盤非対称性は、腰痛と関連すること考えられているため (Schamberger, 2002)、腰痛の原因が骨盤の非対称性にある場合、骨盤を対称化させることが必要となる。しかし、介入により骨盤が対称化するかを検証した報告は少ない。Bendova, et al., (2007) により、骨盤底筋群の機能不全に対して電気刺激療法を実施し、骨盤アライメントが変化したことが報告されているが、骨盤非対称性を対称化させる運動療法の効果は検証されていない。

本研究 (研究 1-3) では、研究 1-1, 1-2 により確認された骨盤アライメントの測定方法にて、リアライメントコンセプトを目的とした運動療法を実施し、その前後で骨盤アライメントが変化するかを検証した。

## 2-4-2 方法

### 1. 対象

対象は男子学生 21 名（年齢  $21.2 \pm 0.8$  歳，身長  $170.3 \pm 5.5$ cm，体重  $63.2 \pm 5.7$ kg）とした。採用基準は，過去 1 年から現在に至るまで腰痛に関わる受診をしていないもの，現在腰痛がないもの，実験中に疼痛がないもの，その他（ATM®2 実施困難な者，閉所恐怖症である者，高血圧，心疾患など内科的リスクがある者，精神疾患，コミュニケーション障害がある者）とした。対象者には事前に紙面および口頭にて研究の目的を説明し，同意を得た。この研究は，聖隷クリストファー大学の倫理委員会の承認を得ている。

### 2. セッティング・準備

デジタル画像による角度計測のために，天井より下げ振りを垂らし，床への垂直線とした（図 2-6）。カメラの設置部位は三脚に固定したうえで，部屋の中央から前方および左右の 3 方向へ，2.5m のところにマーキングし，カメラの前縁が部屋中央から 2.5m になるように設定した。カメラの傾きについて，矢状面における前後傾，前額面における側方傾斜が 0 度（床と平行）になるよう，水平器を用い調節した。さらに，三脚にカメラを設置した際，水平面上におけるカメラの向きが，部屋中央に対し垂直になるよう目測にて確認し調節した。三脚の高さは，カメラを三脚に設置した際，対象者の床から上前腸骨棘までの高さと同じになるようレンズ中央までの高さを調節した。

### 3. 運動療法

骨盤への介入として，ATM®2 による運動療法を行った。対象者は背側にサポートパッドが密着するよう立位となり，2 本のベルトにより骨盤を，1 本のベルトにより胸郭を固定した。骨盤ベルトの位置は，上位ベルトが上前腸骨棘上を，下位ベルトが大転子上を目安に設置し（図 2-10），胸郭ベルトは，下部胸郭に設置した。ベルトを締める強さは，疼痛が生じず安静呼吸が制限されない範囲で，可能な限りベルトを強く締めた。3 本のベルトで固定した後，体幹運動の抵抗となるベルトを腋窩に通し，ベルトが最短になるよう調節した。設定後，対象者は頭の後ろで両手を組み，体幹屈曲方向に最大等尺性収縮を行った（図 2-10）。運動は 3 秒間の等尺性収縮を 10 回とした。

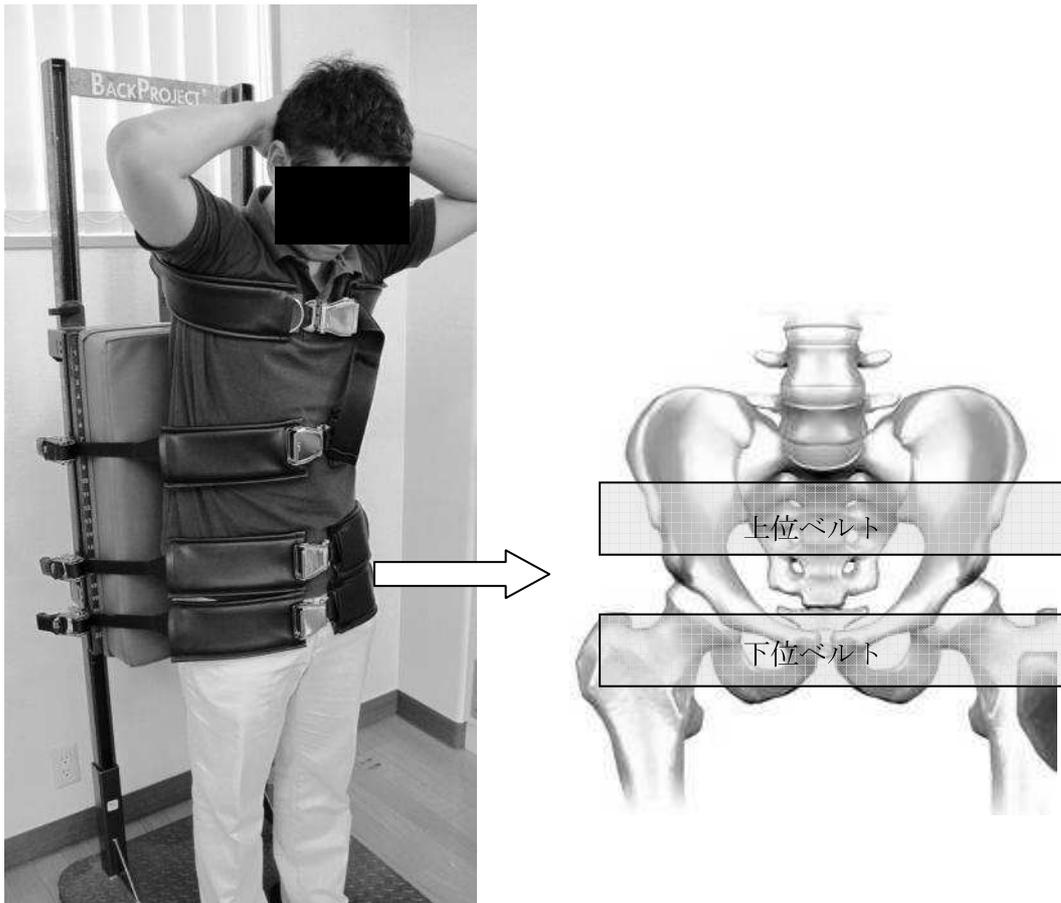


図 2-10 骨盤ベルトの設置部位と運動方法

左図に全体像を示す．骨盤ベルトは，上位を上前腸骨棘，下位を大転子が通過するように設置した．対象者は頭の後ろで両手を組み，体幹屈曲方向に最大等尺性収縮を行った．

#### 4. 手順

手順は，マーカーを骨盤に設置してデジタル撮影を行い，マーカーを外した上で運動を実施，その後再びマーカーを設置してデジタル撮影を行った．

対象者の着衣はスパッツとし，上前腸骨棘と上後腸骨棘は露出した．マーカーの設置方法は以下のように実施した．上後腸骨棘では，背側から母指を用い腸骨稜から後方にすべらせ上後腸骨棘の突起を確認し，突起を下方から上方へ押し上げるようにして上後腸骨棘の先端を特定した．上前腸骨棘では，前方から母指を用い腸骨稜から前方に滑らせ突起を確認し，突起を下方から上方へ押し上げるようにして上前腸骨棘の先端を特定した．

撮影方法は，前方から3枚連続で撮影し，その後左右方向から3枚連続で撮影した．撮影時の対象者の肢位は，足部を肩幅に広げ上肢は胸の前で腕組みをした．視線は正面に設定した目標物に向け，足部への荷重は左右均等になるよう指示した．

## 5. 解析

得られた画像を PC に取り込み、ソフトウェア (imageJ 1.43u) により骨盤アライメントを測定した。指標として、前額面では、基準線と両側の上前腸骨棘を結んだ線とのなす角度を測定し前額面寛骨傾斜角度とした。矢状面では、基準線と上前腸骨棘・上後腸骨棘を結んだ線とのなす角度を左右それぞれで測定した。左右で測定された角度を減算し絶対値にすることで、骨盤非対称性を算出した。

介入前後における前額面寛骨傾斜角度および骨盤非対称性の角度は、対応のある t 検定により比較した。危険率 5%または 1%未満を有意と判定した。解析には、PASW Statistics18 (IBM SPSS) を使用した。

### 2-4-3 結果

前額面寛骨傾斜角度と骨盤非対称性について、対象の 21 名のうち、いずれも介入前の値が 1 度以上であったものは 11 名であった。その 11 名では、介入前の前額面寛骨傾斜角度は 2.9 度であり、介入後では 1.8 度と有意に減少した。骨盤非対称性では、介入前が 3.6 度であり、介入後では 1.8 と有意に減少した。(表 2-9)

表 2-9 ATM®2 による運動療法前後の骨盤アライメント

	前額面寛骨傾斜角度	骨盤非対称性
運動療法前	2.9 (1.4)	3.6 (2.1)
運動療法後	1.8 (1.1)	1.8 (1.4)
p 値	<0.01	<0.01

度  
(標準偏差)

#### 2-4-4 考察

健常者を対象に、リアライメントコンセプトを目的とした運動療法として、骨盤をベルトで固定したまま運動する機器 ATM®2 を利用し、骨盤アライメントを介入の前後にて測定した。介入前の骨盤アライメントが前額面と矢状面のいずれも 1 度以上の角度あった 11 名を対象に、介入前後で傾斜角度の比較をおこなった。その結果、前額面寛骨傾斜角度は、介入前では 2.9 度であったが、介入後では 1.8 度に有意に減少した。骨盤非対称性においても、介入前は 3.6 度であったが、介入後では 1.8 度に有意な減少を示した。

前額面寛骨傾斜角度は、左右の ASIS を結んだ線のなす角度であるため、角度が大きければ、左右の上前腸骨棘の高さが違うことを示す。ASIS の高さに相違がでる要因としては、骨盤自体の側方傾斜、左右寛骨の前後傾の程度の違いが考えられる。本研究では、介入として立位の状態で骨盤をベルトで締めた。そのため骨盤自体が側方に傾斜したのではなく、寛骨の前後傾に変化が生じたと考えられた。

矢状面における角度である骨盤非対称性は、ASIS と PSIS を結んだ線のなす角度について左右差の絶対値を算出した。つまり、右または左の寛骨傾斜角度の程度が同程度であれば 0 度を示す。矢状面における左右差を生じる要因としては、前額面同様、右左の寛骨の傾斜角度が異なることを示す。本研究で使用した機器のベルトについては、上位のベルトを強く締めると骨盤が後傾し、下位を強く締めると骨盤は前傾することが予測される。もし骨盤自体の前後傾が生じたのなら、左右差に変化は生じない。しかし、左右差の減少が生じたということは、一側または両側の寛骨の前後傾角度に変化が生じたといえる。骨盤へのベルトが寛骨に及ぼす影響として、Vleeming, Buyruk, Stoeckart, & Karamursel, (1992) は、骨盤ベルトを 50N および 100N の緊張で締めたことにより、仙腸関節の矢状面における回旋を減少させたことを報告した。本研究では、骨盤部分のベルトがどの程度の強度により締めていたかは不明であるため、Vleeming らの研究とは直接的な比較は不可能だが、ATM®2 によりベルトで骨盤を締めたことは、寛骨の傾斜角度に影響したと推察できる。

本研究では、リアライメントコンセプトを目的として運動療法により、前額面寛骨傾斜角度および骨盤非対称性が有意に減少を示し、寛骨の前後傾に変化を生じさせたと推測された。よってベルトで骨盤を固定した運動療法を実施することで、骨盤の非対称性を減少させる可能性が示された。

#### 2-4-5 まとめ

1. 骨盤をベルトで固定した運動療法により、前額面における ASIS の傾き（前額面寛骨傾

斜角度) が, 2.9 度から 1.8 度へ有意に減少した.

2. 骨盤をベルトで固定した運動療法により, 矢状面における左右寛骨の前傾の差 (骨盤非対称性) が, 3.6 度から 1.8 度に有意に減少した.

3. リアライメントコンセプトを目的とした運動療法は, 骨盤の非対称性を減少させる可能性が示唆された.

## 2-5 第 2 章のまとめ

### 2-5-1 まとめ

腰痛の治療として, 骨盤非対称性への介入が腰痛軽減に有効である可能性があるため, 介入により骨盤アライメントが変化するかを検証する必要がある. しかし, 骨盤アライメントの測定にはゴールドスタンダードがない. 本章では, 研究 1-1 としてデジタル画像によるアライメント計測の精度を確認し, 研究 1-2 ではデジタル画像による骨盤アライメント計測の再現性を検証した. さらに研究 3 として骨盤をベルトで固定する運動療法 (ATM@2) による骨盤アライメントの変化について確認した.

研究 1-1 では, 1 度刻みで 88~92 度に変化させた角度計をデジタルカメラにより撮影し, 10 名の測定者によりソフトウェアにて角度を算出した. その際, カメラの設定条件として, 被写体からカメラまでの距離を 2 条件 (2.5m, 3.0m), レンズの焦点距離を 2 条件 (最大広角・望遠) とした. その結果, どの条件においても, すべての設定角度間に有意な差が認められ, 1 度の変化が検出できることが示唆された. カメラの設定条件による影響では, 被写体までの距離として 2.5m と 3.0m の違いは影響をおよぼさないが, レンズの焦点距離では, 広角が望遠より絶対誤差が小さく, 広角による撮影が有用であることが示唆された.

研究 1-2 では, 骨盤アライメント計測として, ランドマークに反射マーカを設置してデジタルカメラで撮影する方法を用い, 再現性を検証した. その結果, 絶対誤差は 1.18~1.83 度, 級内相関係数は 0.799~0.915 であった. デジタル画像による骨盤アライメントの測定に, 一定の信頼性が認められた. また, 骨盤アライメントに影響を及ぼすとされる脚長差を人為的に作成し, 骨盤アライメントの変化を検証した結果, 有意に前額面における骨盤傾斜および矢状面での寛骨傾斜の変化を検出した.

研究 1-3 では, リアライメントコンセプトを目的とした運動療法として, 骨盤をベルトで固定して体幹の等尺性収縮を行う ATM@2 を用いた運動療法を実施し, 骨盤アライメントの変化を測定した. その結果, 前額面, 矢状面ともに対称化が生じ, リアライメントコ

ンセプトを目的とした運動療法は、骨盤アライメントを変化させることが示唆された。

### 2-5-2 今後の課題

本章では、骨盤アライメントの測定方法を確認し、介入により骨盤アライメントが変化したことを確認した。骨盤アライメントが対称化することは、仙腸関節の適合性が高まり、骨盤非対称性により生じている腰椎の回旋、側屈が軽減することが予測される。これは腰痛の軽減に有効である可能性が考えられた。今後の課題としては、実際に腰痛患者を対象として介入を実施し、臨床的な効果を明らかにすることである。しかし、機械的腰痛を生じる要因は多岐にわたるため、一概に骨盤への介入が必ずしも効果的であるとは考えられない。さらに、機械的腰痛の原因を、診断し確定することは現時点において不可能である（松平, 2012）。そのため、臨床的な効果を検証する方略として、まずは腰痛患者を対象としたケースシリーズを実施し、介入の効果を経時的に調査し、臨床効果が認められるか確認することを課題とした。

## 第3章 研究2：腰痛患者に対する運動療法のケースシリーズ –リアライメントコンセプトを目的とした運動療法の効果–

### 3-1 目的

腰痛に対する骨盤アライメントを考慮した介入の効果を検証する方略として、介入による骨盤アライメントの変化を確認することが必要である。第2章(研究1)では、骨盤アライメントを、デジタル画像を用いて測定できるか確認し、その上でリアライメントコンセプトを目的とした運動療法が、骨盤を対称化させることを確かめた。骨盤非対称性は、仙腸関節の位置関係の異常を招き、腰椎の側屈および回旋を生じるため、腰痛の原因として考えられている。そのため、腰痛治療として骨盤を対称化することは、腰痛の軽減に有効である可能性がある。よって、研究1で骨盤の対称化を確認できたリアライメントコンセプトを目的とした運動療法が腰痛軽減に有効かを検証する必要がある。

近年報告された腰痛治療のシステマティックレビューでは、腰痛に対する運動療法の効果が概ね有効であるとされた(May, & Johnson, 2008; Macedo, Maher, Latimer, & McAuley, 2009)。国内の無作為化比較試験でも、腰痛体操は消炎鎮痛剤のみよりも優れており(Shirado, et al. 2010)、腹背筋の強化およびストレッチを合わせた運動療法は消炎鎮痛処置よりも有効であることが報告された(伊藤, 2008)。しかしながら、これらの研究ではどのような腰痛に、どのような運動療法が、どのようなメカニズムで効果をおよぼしたのかは不明のままである。

腰痛に対する運動療法では、腰痛の原因、例えば筋力低下や可動域制限を改善するようなアプローチが必要である。腰痛の原因には、筋力低下や柔軟性の低下のみならず、腰椎に隣接する骨盤や胸椎および胸郭の機能不全も指摘されている。骨盤の機能不全に関して、Al-Eisa, et al., (2006A)は、骨盤と体幹運動の非対称性について健常者と腰痛患者を比較し、腰痛患者では健常者より骨盤の非対称性が認められ、体幹の側屈や回旋の可動域も非対称性であったと報告した。胸椎と胸郭の機能不全について、腰痛との関連を詳細に検討した報告はみあたらないものの、胸椎伸展制限や胸郭柔軟性の低下は腰椎への機械的ストレスを増大させると推察され、腰痛治療として胸椎伸展可動域や胸郭柔軟性の獲得が必要であ

ると指摘されている(加賀谷・大畑, 2005; 平沼・岩崎, 2008)。従来, 腰痛に対する運動療法では, 腹背筋の筋力強化や腰背部および股関節周囲筋の柔軟性向上, 脊柱安定性の獲得を目的として実施されてきた。しかし, 腰部に隣接する骨盤や胸郭の機能不全への介入による腰痛治療の報告はなく, 腰痛治療の方略として骨盤および胸郭への介入が有効かを検証することは必要である。

骨盤アライメントへの介入により腰痛の軽減を試みた報告はこれまでにはないが, 骨盤および胸郭をベルトで固定し運動を行う ATM®2 (active therapeutic movement: ATM, BackProject 社) という機器が開発され, 米国の理学療法士やアスレティックトレーナーなどにより使用されている(藤縄・赤坂・亀尾, 2007; Kennedy, 2007)。ATM®2 を用いた運動療法は, ①骨盤および下部胸郭をベルトで固定することにより疼痛を消失, ②固定前に痛みを生じていた体幹運動方向(屈曲または伸展)への自動運動, ③その方向への最大等尺性収縮を数回行う, という手順で実施される。これにより, 関節の正常な位置を獲得し, 痛みがない運動をすることで中枢神経系が制御する筋活動パターンを変化させることが期待され, 即時に運動時痛を軽減するとされている。腰椎を屈曲したり伸展したりせず, 骨盤や胸郭を固定したまま運動するこれまでにない新しい運動療法であるため, Lewis, Erhard, & Drysdale, (2008)による側弯症に用いた症例報告, 一瀬ら(2013)による即時効果の検証しかみあたらない。

以上より, 従来実施している筋力強化や柔軟性改善のみではなく, これまでとは異なるコンセプト, つまり非対称性を改善させるリアライメントへ効果が期待できる運動療法が臨床的に効果的であれば, 腰痛の運動療法に有益な情報になり得ると考えた。本研究では, リアライメントコンセプトを目的とした運動療法の効果を検証する無作為化比較試験ための予備研究として, 動作時に疼痛を生じる非特異的腰痛患者に対し, リアライメントコンセプトを目的とした運動療法についてケースシリーズによる調査をおこない, 疼痛と QOL (quality of life) におよぼす影響について検証した。

## 3-2 対象と方法

### 3-2-1 対象

対象は, 2009年4月から8月までに浜松市内にある整形外科クリニックを受診した腰痛を有する外来患者とした。医師により理学療法(運動療法)の処方が出され, 採用基準を満たし除外基準に該当しない者に対し, 口頭と文書で研究の説明をし, 同意書に署名した者が研究に参加した。なお, 本研究は聖隷クリストファー大学倫理委員会の承認を得た。

採用基準は、年齢 20～60 歳の男女、体幹屈曲および伸展時に疼痛が visual analogue scale (VAS : 0～100mm) にて 30mm 以上の者、継続的な研究参加 (週 2 回, 4 週間および 8 週目の来院) が可能な者とした。除外基準は、診断が脊柱圧迫骨折、腫瘍、感染、分離・すべり症である者、ATM®2 による運動療法が実施困難な者、閉所恐怖症、内科的リスク、精神疾患、コミュニケーション障害がある者、妊婦とした。投薬については、研究開始の 1 週間前から終了までの 9 週間、内服薬および注射を原則として中止するが、医師が投薬を必要と判断した場合は対象から除外した。これらの基準を満たした 14 名 (男性 8 名, 女性 6 名, 平均年齢  $45.4 \pm 11.9$  歳, 平均身長  $164.5 \pm 10.6$ cm, 平均体重  $60.8 \pm 10.3$ kg) を対象とした (表 3-1)。

### 3-2-2 介入方法

介入方法は、ATM®2 を用い、立位での体幹屈曲または伸展の等尺性収縮を実施した (図 3-1)。介入する方向は、初回評価時の最大屈曲および最大伸展時に疼痛が強い運動方向とした。なぜならば、例えば体幹屈曲時に生じる疼痛に対し、ATM®2 を用いた運動療法によりアライメントの対称化が図られた状態で体幹屈曲運動をすることが、体幹屈曲時に必要な筋活動を学習できる可能性があるからである。アライメントおよび筋活動の変化が腰椎周辺の運動学を変化させ、力学的ストレスの軽減が期待できるため、介入方向は疼痛が生じる運動方向とした。運動療法をする設定として、介入運動が体幹屈曲運動の場合は背側に、伸展運動の場合は腹側にサポートパッドが密着するよう立位となり、2 本のベルトにより骨盤を、1 本のベルトにより胸郭を固定した。骨盤ベルトの位置は、上位ベルトが ASIS 上を、下位ベルトが大転子上を目安に設置し、胸郭ベルトは、下部胸郭に設置した。ベルトを締める強さは、疼痛が生じず安静呼吸が制限されない範囲で、可能な限りベルトを強く締めた。3 本のベルトで固定した後、体幹屈曲もしくは伸展運動を行い、腰痛が発生するようであれば胸郭のベルトをより上方へ移動させ可動域を制限し、体幹運動時に腰痛がない位置を決定した。その後、体幹運動の抵抗となるベルトを腋窩に通し、ベルトが最短になるよう調節した。運動の方法は、対象者は頭の後ろで両手を組み、体幹屈曲もしくは伸展方向に最大等尺性収縮を行った。1 回の介入運動は 3 秒間の等尺性収縮を 10 回とし、これを週 2 回、4 週間実施した。介入期間終了後、4 週間の経過観察期間を設けた。ただし、介入する 4 週間前に運動時痛が visual analogue scale にて 10mm 以下となり、治療継続の希望がない場合、介入を終了した。介入期間から経過観察期間を含め、その他の腰痛体操や民間療法を行わないようにし、腰痛を悪化させるような激しい運動は避けるよう指示した。家事や仕事内容に特別な指示はしなかった。



図 3-1 ATM®2 を用いた運動療法

骨盤への 2 本のベルトで固定し，下位胸郭を 1 本のベルトで固定する．抵抗用のベルトを腋窩へ通し，体幹および屈曲の等尺性収縮を行う．

### 3-2-3 測定方法

介入効果の判定は，疼痛の評価として visual analogue scale (VAS, 0~100mm), QOL の評価として腰痛特異的 QOL 尺度 Roland-Morris disability Questionnaire (RDQ) を行った．VAS は，立位での体幹最大屈曲時または最大伸展時に感じた疼痛の程度を，白紙上に引かれた 100mm の横線上へ，対象者本人により縦線を記入した．その際，0mm は「痛みが全くない」，100mm では「最大の痛みがある」と説明した．RDQ は，RDQ 日本語版 (福原, 2004) を使用し，対象者自身が記入した．RDQ は，24 項目からなる質問紙であり，24 点満点で点数が高いほど腰痛により QOL が制限されていることを示す．得られた得点から，マニュアル(福原, 2004)に従い偏差得点 (RDQ 偏差得点) も算出した．これは「偏差得点 = (RDQ 基準値 - 得られた得点) / RDQ 基準値の標準偏差 × 10 + 50」の式にて算出するもで，50 点が基準となり，50 点より低いとその年代および性別の平均より QOL の

程度が低いことを示す。測定時期は、いずれも介入前、4週間の介入期間終了時（介入終了時）、4週間の経過観察後（経過観察後）とした。VAS に関しては、即時効果を評価するために初回の介入直後にも記録した。さらに、疼痛の経時的変化について、毎回の介入前に記録し、介入期間の4週間で8回記録した。

### 3-2-4 解析

統計学的解析には、VAS および RDQ、RDQ 偏差得点の経過について反復測定分散分析および Bonferroni の多重比較検定を行った。また、初回の介入前後の VAS には対応のある t 検定を用いた。危険率 5%または 1%未満を有意と判定した。すべての解析には、Dr. SPSS II for Windows 11.0.1 J (SPSS Inc.)を使用した。

## 3-3 結果

対象者 14 名の属性として、今回受診した腰痛の罹患期間が 12 週未満の者は 9 名、12 週以上の者は 5 名であった。今回受診した腰痛が初発であった者は 2 名、再発であった者は 12 名であった。また、介入方向は屈曲が 6 名、伸展が 8 名であった（表 3-1）。

体幹運動時の VAS は、介入前  $55.4 \pm 13.7$  mm、介入終了時  $4.4 \pm 7.5$  mm、経過観察後  $6.5 \pm 7.6$  mm であり、介入前より介入終了時および経過観察後は有意に低下した（いずれも  $p < 0.01$ ）。介入終了時と経過観察後の比較では、有意な変化はなかった。また初回介入前後の VAS は、介入直後に  $26.9 \pm 17.2$  mm となり、介入前より有意に低値を示した（ $p < 0.01$ ）（表 3-2）。

体幹運動時の VAS について、経時的変化は反復測定分散分析が有意となり、初回の VAS に比べ、2 回目から 8 回目までのすべてで有意な低下を示した。3 回目から 8 回目までの間では、有意な差は認められなかった（図 3-2）。

RDQ は、介入前  $7.4 \pm 4.9$  点、介入終了時  $1.4 \pm 1.3$  点、経過観察後  $2.2 \pm 4.1$  点であった。VAS 同様、介入前より介入終了時と経過観察後は有意に低下し（ $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ）、介入終了時と経過観察後では有意な変化はなかった。RDQ 偏差得点は、介入前  $37.6 \pm 14.1$  点、介入終了時  $53.5 \pm 3.1$  点、経過観察後  $51.6 \pm 10.3$  点であった。介入前より介入終了時と経過観察後は有意に高値を示し（ $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ）、介入終了時と経過観察後では変化がなかった（表 3-2）。

表3-1 対象者の属性

No.	年齢 (歳)	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	Body Mass Index (kg/m <sup>2</sup> )	職業	診断*1	罹患期間*2 (週)	初発/再発*3	介入運動
1	28	女性	158.2	55.5	22.2	介護職	側弯症	0	再発	屈曲
2	35	男性	174.8	75.6	24.7	飲食業	椎間板症	> 12	再発	伸展
3	49	女性	147.9	48.8	22.3	主婦	狭窄症	> 12	再発	屈曲
4	59	男性	174.3	79.4	26.1	製造業	椎間板症	> 12	再発	伸展
5	37	女性	153.4	45.0	19.1	主婦	ヘルニア	2	初発	伸展
6	58	男性	169.4	60.1	20.9	農業	椎間板症	> 12	再発	伸展
7	24	男性	166.5	64.0	23.1	製造業	ヘルニア	8	再発	屈曲
8	55	男性	165.0	63.5	23.3	宅急便	椎間板症	0	再発	屈曲
9	39	女性	152.0	50.0	21.6	家事手伝い	椎間板症	> 12	再発	伸展
10	58	女性	152.5	48.5	20.9	製造業	椎間板症	2	初発	屈曲
11	53	男性	172.0	65.5	22.1	製造業	ヘルニア	8	再発	伸展
12	58	男性	181.7	68.3	20.7	生産	椎間板症	1	再発	伸展
13	41	男性	175.5	65.5	21.3	生産	ヘルニア	1	再発	屈曲
14	42	女性	160.0	61.0	23.8	サービス	椎間板症	0	再発	伸展

\*1 狭窄症：脊柱管狭窄症，椎間板症：腰椎椎間板症，ヘルニア：腰椎椎間板ヘルニア

\*2 罹患期間：今回受診した腰痛の罹患期間

\*3 初発/再発：今回受診した腰痛が初発か再発

表3-2 VASとRDQおよびRDQ偏差得点の介入効果

No.	VAS				RDQ			RDQ偏差得点		
	介入前	介入直後	介入 終了時	経過 観察後	介入前	介入 終了時	経過 観察後	介入前	介入 終了時	経過 観察後
1	43	3	0	0	13	1	0	18.1	54.2	57.2
2	68	25	8	1	6	5	0	45.3	47.3	57.7
3	40	9	19	19	3	1	3	51.2	55.2	51.2
4	75	34	3	4	3	3	5	49.4	49.4	44.5
5	50	21	12	7	1	2	0	53.7	50.2	57.2
6	47	30	24	20	8	1	2	37.0	54.4	51.9
7	49	36	14	4	10	1	4	25.3	53.5	44.1
8	56	26	2	19	6	1	0	42.0	54.4	56.9
9	59	69	4	0	2	1	0	50.2	53.7	57.2
10	39	20	0	1	5	0	0	45.9	58.0	58.0
11	47	32	5	11	7	2	15	39.5	51.9	19.7
12	51	9	0	0	18	2	0	12.2	51.9	56.9
13	66	48	0	0	14	0	0	15.0	57.2	57.2
14	85	14	1	5	8	0	2	41.3	57.2	53.2
平均	55.4	26.9†	6.6‡	6.5§ <sup>1</sup>	7.4	1.4‡	2.2§ <sup>2</sup>	37.6	53.5‡	51.6§ <sup>2</sup>
標準偏差	13.7	17.2	7.8	7.6	4.9	1.3	4.1	14.1	3.1	10.3

VAS: visual analogue scale (mm)

† : 介入前と介入直後の比較 (p<0.01)

RDQ: Roland-Morris disability Questionnaire (点)

‡ : 介入前と介入終了時の比較 (p<0.01)

§<sup>1</sup> : 介入前と経過観察後の比較 (p<0.01) , §<sup>2</sup> : 介入前と経過観察後の比較 (p<0.05)

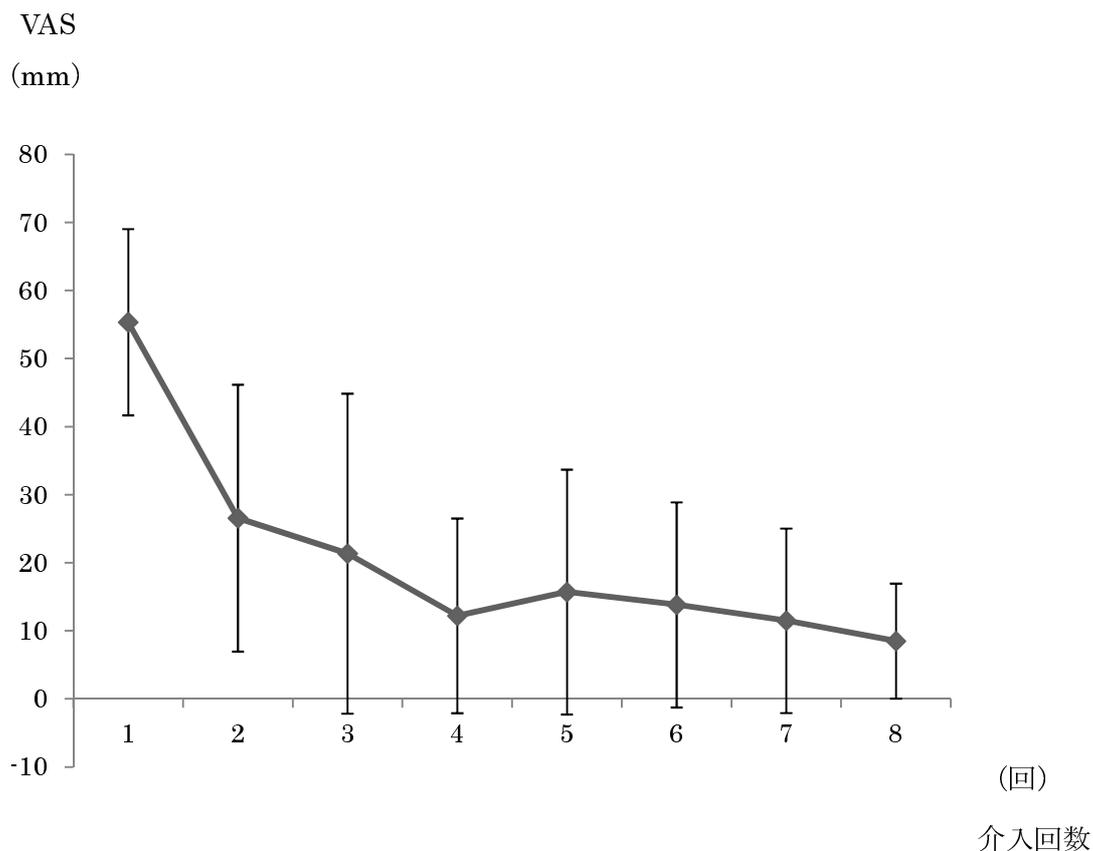


図 3-2 介入期間中における体幹運動時の VAS の推移

横軸は介入回数, 縦軸は VAS の程度を示す. 1 回目から 2 回目にかけて有意に軽減した.

### 3-4 考察

体幹屈曲および伸展時に疼痛が生じる機械的腰痛患者に対し, リアライメントコンセプトを目的とした運動療法を行った結果, 4 週間の介入終了時には体幹運動時の VAS および RDQ が有意に改善し, 経過観察後でもその効果は維持されていた. このことから, 筋力強化や柔軟性向上など従来の運動療法の方法とは異なり, 骨盤および胸郭を固定することでアライメントの対称化が期待できる運動療法は, 機械的腰痛患者の運動時痛の軽減および QOL の改善に有効である可能性が示唆された.

#### 3-4-1 運動時痛

本研究では, 体幹屈曲または伸展時の VAS が介入前から介入終了時において 55.4mm から 6.6mm へ有意な減少を示した. Wand, et al., (2004) は, 急性腰痛患者を対象に徒手

療法や運動療法の早期介入効果について検証した結果、最大を 10 とした VAS は介入前が 5.8、6 週間の介入後では 2.4 に減少したことを報告した。本研究結果でも VAS は減少を示しており、同様の傾向を示した。一般的に、急性腰痛は約 90% が 6 週間で緩解するといわれている (Frymoyer, 1988)。本研究の対象者 14 名のうち 9 名が腰痛を生じてから 12 週未満の急性腰痛患者であり、本研究でも 4 週間の介入期間において自然治癒による効果も考慮しておく必要がある。しかしながら、体幹運動時の VAS の経時的な推移については、反復測定分散分析において有意であり、多重比較法では 1 回目から 2 回目まで有意な変化を示した。加えて、1 回目の介入時では、介入直後に VAS が有意に軽減し即時効果が認められた。このことから、本研究の VAS の軽減は、自然治癒の効果のみならず ATM@2 による運動療法の効果も影響した可能性が考えられ、短期的な疼痛軽減に効果的であることが示唆された。

リアライメントコンセプトを目的とした運動療法が運動時痛を軽減するメカニズムとして、骨盤と胸郭へのベルトによる圧迫固定が影響すると推察された。骨盤固定の効果として、主に妊婦や出産後の女性に対する骨盤ベルトにより、仙腸関節の不安定性が軽減することや (Damen, Spoor, Snijders, & Stam, 2002) 寛骨の傾斜角度が矢状面上で減少したと報告されている (Vleeming, Buyruk, Stoeckart, Karamursel, & Snijders, 1992)。本研究においても、研究 1 において、健常者を対象に、ATM@2 を用いて骨盤および胸郭をベルトで固定し体幹屈曲運動を行った結果、骨盤の非対称性が有意な減少を示した。腰痛患者に対する ATM@2 を用いた運動療法により疼痛が軽減した要因として、骨盤の対称化が関与した可能性が示唆された。

下部胸郭のベルト固定による身体への作用については、関連する報告は見当たらない。唯一、一瀬ら (2013) より伸展時痛を生じる腰痛患者に対し ATM@2 による運動療法の効果では、下位胸郭の横径拡張が介入後に有意に増加したことが報告された。このことから、ATM@2 を用いた胸郭へのベルト固定が身体に及ぼす作用としては、ベルトの締め付けにより矢状面上で体幹を圧縮するため、下位肋骨が左右に拡張するいわゆるキャリパー様運動 (MacConaill, & Basmajian, 1969) (図 3-3) を促し、肋椎関節の可動性に影響をおよぼしたと推察した。このような骨盤や胸郭への作用が、体幹屈曲もしくは伸展時の脊柱運動と筋活動パターンを変化させ、腰椎への機械的ストレスを減少させることで疼痛を軽減させたものと考えられた。

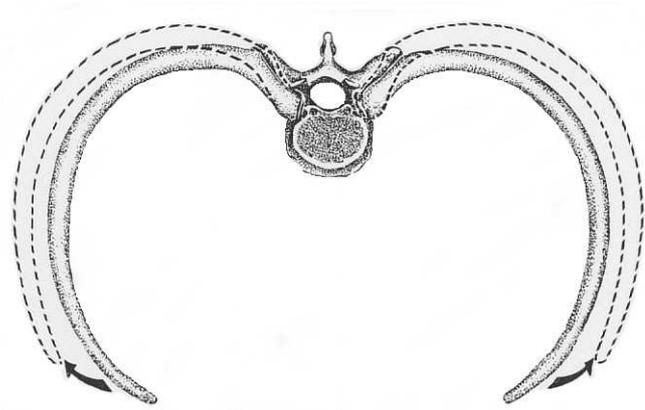


図 3-3 下位肋骨のキャリパー様運動 (MacConaill, & Basmajian, 1969 引用)

下位肋骨の運動方向は、キャリパーが広がるように側方に運動する。胸郭ベルトを締めることは、胸郭の前後径を減少させ、肋椎関節に可動性に影響したかもしれない。

### 3-4-2 QOL

RDQ において、本研究では介入前と比較し、介入終了時および経過観察後に有意な改善を示した。運動療法による RDQ への影響として、急性腰痛患者に 6 週間の理学療法を実施した結果、RDQ が 12.7 点から 4.5 点に改善したとの報告や(Wand, et al., 2004)、慢性腰痛患者に対して 12 週間の背部筋の筋力強化エクササイズの効果を検証し、RDQ が 12.4 点から 1.5 点に改善したこと報告されている (Dufour, Thamsborg, Oefeldt, Lundsgaard, & Stender, 2010)。本研究でも、介入前が 7.4 点と先行研究より若干低いものの介入後では 1.4 点と改善した。

日本人の腰痛を訴える者において、RDQ 得点は年齢や性別により平均値が異なるため、改善の程度は一概に比較できない(福原, 2004)。そのため、各年代および性別での基準値を 50 点とする偏差得点を算出した。その結果、介入後には有意に高値を示していた。一般的に 50 点より低値を示すと QOL が制限されていると解釈されるが、本研究対象者の RDQ 偏差得点は介入前が 37.6 点であり、日本人の腰痛有訴者の基準値(福原, 2004)より低値であった。しかし介入後では、50 点を超え QOL 制限が減少したことを示した。これらのことから、ATM@2 による運動療法の効果として QOL 改善に影響をおよぼした可能性が示唆された。但し、本研究デザインでは自然回復による影響を把握することが困難であるため、この点は今後の課題である。

QOL の改善は、運動時痛の軽減と関連することが予測される。本研究においては、多くの症例が疼痛と QOL が改善を示した。しかしながら、中には、運動時痛が初回時より経過観察後に軽減していても、QOL 尺度の RDQ が増悪しているケースが認められた。

Takahashi, et al. (2006) によれば, 腰痛を有する日本人の半数程度は, 腰痛の程度と RDQ の障害の程度に解離が認められたと報告し, その原因として, ストレスや抑鬱などを指摘した. 疼痛が軽減していても, QOL が増悪した症例では, なんらかの心理社会的なストレスを抱えていたかもしれない. 本研究では, 有用な心理社会的なストレス等の評価方法が確立していないこともあり, ストレス等の評価は実施できていない. この点も今後の課題である.

### 3-4-3 介入方法

腰痛を対象とした運動療法の介入効果を検証した近年の報告では, 介入時間や頻度・期間を 1 回 30~60 分, 週 2~3 回の 4~20 週間(Wand, et al., 2004; Koumantakis, Watson, & Oldham, 2005; Stuge, Lærum, Kirkesola, & Vøllestad, 2004; Rydeard, Leger, & Smith, 2006; Ferreira, et al. 2007)に設定していた. 本研究の介入方法は, 体幹屈曲および伸展の最大等尺性収縮を 3 秒間, 10 回, 所要時間は 10 分以内であり, 週 2 回を 4 週間実施した. このように本研究では, 1 回の介入時間および期間がいずれも先行研究よりも短縮されており, かつ介入終了時に疼痛と QOL の改善を示した点は, これまでの運動療法に関する報告よりも効率的な治療方法であると考えられた.

## 3-5 第 3 章のまとめ

### 3-5-1 結論

機械的腰痛患者を対象に, 骨盤および胸郭をベルトで固定して体幹の等尺性運動をする運動療法を週 2 回, 1 ヶ月間実施した結果, 介入が 1 回に 10 分程度, 週 2 回という少ない運動量であっても, 介入前と比較し疼痛と腰痛特異的 QOL 尺度の改善が認められた. 介入直後についても, 疼痛軽減の即時効果が認められた.

本研究における疼痛とは, 立位からの体幹屈曲および伸展運動時に生じた疼痛を VAS にて測定したものである. つまり, 骨盤固定による運動療法により機械的刺激によって生じていた疼痛が, 何らかの作用により軽減したことを示す. 疼痛軽減の仮説としては, 骨盤へのベルト固定により, 骨盤アライメントの対称化が得られた結果であると考えられる. 骨盤をベルトで固定する効果は, 仙腸関節の安定性を高め, 寛骨の傾斜角度を変化させることが報告されている. このことから本研究における運動時痛に対し, 骨盤ベルトを締めた運動療法により骨盤アライメントを変化させ, その結果, 機械的な刺激の加わり方が変

化したために疼痛軽減を引き起こしたものと考える。

### 3-5-2 今後の課題

本研究は、4週間の介入によるケースシリーズであった。そのため対照群を設定しておらず、疼痛およびQOLについて、他の治療に対する優位性は明らかではない。ケースシリーズによる介入の結果では、即時効果および4週間の介入による効果を確認できたが、4週間の自然経過による影響は考慮できていない。また対象が急性期と慢性期の症例が混在しており、4週間の介入効果を時期別で検討するには至らなかった。

今後の課題としては、対象を絞り、対照群を設定した比較試験を行う必要がある。対象に関しては、急性期の症例のみを対象とすることが必要であると考えられる。ケースシリーズでは、急性期と慢性期の症例が混在しており、回復の経過がことなることが予測されるため、腰痛の罹患期間を統一し、検討することが必要である。加えて、現在のシステムティックレビューや診療ガイドラインでは、急性期における運動療法の科学的根拠が認められていない。急性期のプライマリーケアでは、安静を避けること、つまり活動的であることが重要視されている。よって、運動療法の効果を急性期において検証することは、治療介入として新たな示唆を得ることができ有用である。また、腰痛は繰り返し生じることが多い。元史ら(2005)の報告では、腰痛による受診者のうち約80%が腰痛の既往を確認したており、本研究においても14名中12名が腰痛の既往を持っていた。慢性的な腰痛に移行することを避けるためにも、急性腰痛を早期に軽減させ再発を予防する必要がある。そのため、急性期を対象に治療効果を検証していくことが課題となる。

次章の研究3では、骨盤アライメントの対称化が期待できる運動療法を急性期の腰痛患者へ適応する無作為化比較試験を実施し、運動療法が効果的かを明らかにすることを課題とした。

## 第4章 研究3：腰痛患者に対する骨盤対称化に着目した

### 運動療法の無作為化比較試験

#### 4-1 目的

腰痛の治療では、90%以上が保存療法の適応となる。保存療法には、薬物療法や物理療法、徒手療法などがあるが、特に運動療法はコストがかからず自身で行えるなどメリットが多いことから、重要な治療手段と考えられている。

運動療法の効果は、概ね効果的とされているが、腰痛の病期や経過時期の違いにより否定的な意見も散見される。近年注目されている脊柱化安定エクササイズの効果について、Macedo, et al., (2009)は、他の介入と比較し、短期では介入なしよりも疼痛は軽減したが機能障害に差はなく、その他の運動療法よりも機能障害は改善したが疼痛には差を認めなかったと報告した。また、ヨーロッパにおける腰痛ガイドラインでは、急性期における運動療法の効果は認められないと報告した (Van Tulder, et al., 2006)。運動療法の効果は、時期や効果の及ぼし方に一定の見解は得られていない。

腰痛の運動療法を処方するには、腰痛を生じる原因を推定する必要がある。中でも動作時に腰痛を生じる機械的腰痛は、動作時に生じる機械的なストレスを除去および軽減することにより腰痛が軽減すると考えられる。腰痛の原因の一つに、仙腸関節を含む骨盤アライメント (Al Eisa, et al., 2006A, B) の非対称性が指摘されている。しかしそれらに対する運動療法は、十分に検討されていない。

以上を踏まえ、第2章 (研究1) では、リアライメントコンセプトを目的とした運動療法が骨盤アライメントを変化させるかを検証し、介入後において骨盤の対称化が生じたことを確かめた。さらに第3章 (研究2) では、体幹の運動時に疼痛を生じる非特異的腰痛患者に対し、リアラインコンセプトを目的としてATM®2を用いた運動療法を4週間実施し、効果を検証した。その結果、疼痛およびQOLの改善に有用である可能性が示唆された (根地嶋, 他, 2011)。しかし、第3章 (研究2) の検討では、対照群を設定しておらず、他の治療に対する優位性は明らかになっていない。また、対象となった腰痛の経過期間が急性期と慢性期で混在していた。現在のシステマティックレビューや診療ガイドラインでは、急性期における運動療法の効果は認められていない。よって、骨盤アライメントに着目した運動療法について、対照群を設定し、急性期を対象とした介入効果を検証することが必要である。

以上より、本研究では、リアライメントコンセプトを目的とした運動療法の臨床効果について、急性腰痛患者を対象とし、従来から行われている消炎鎮痛処置を対象群として、無作為比較試験により明らかにすることを目的とした。

## 4-2 対象と方法

### 4-2-1 対象

対象は、浜松市内にある整形外科クリニックを受診した腰痛を有する外来患者とした。医師により理学療法（運動療法）の処方が出され、採用基準を満たし除外基準に該当しない者に対し、口頭と文書で研究の説明をし、同意書に署名した者が研究に参加した。

採用基準は、年齢 20～60 歳の男女、体幹屈曲および伸展時の疼痛が visual analogue scale (VAS : 0～100mm) にて 30mm 以上の者、腰痛の罹患期間が 12 週未満の急性腰痛である者、継続的な研究参加（週 2 回、2 週間の来院）が可能な者とした。除外基準は、診断が脊柱圧迫骨折、腫瘍、感染、分離・すべり症である者、ATM®2 による運動療法が実施困難な者、閉所恐怖症、内科的リスク、精神疾患、コミュニケーション障害がある者、妊婦とした。投薬については、内服薬および注射を原則として中止するが、医師が投薬を必要と判断した場合は対象から除外した。

本研究の研究デザインは無作為比較試験とした。対象は、同意が得られた後、封筒法により ATM®2 による運動療法と消炎鎮痛処置（電気刺激療法、温熱療法）を行う群（運動療法群）と消炎鎮痛処置のみを行う群（消炎鎮痛群）との 2 群に割付した。なお、本研究は聖隷クリストファー大学倫理委員会の承認を得ている。

### 4-2-2 介入方法

消炎鎮痛処置は、電気刺激療法と温熱療法を実施した。電気刺激療法では、スーパーカイン（ミナト）を用い、脊柱を挟むように左右の腰部に各 2 つ、計 4 つの電極を設置した。強度は、対象者が「心地よい」と感じる最大の強度とし、時間は 15 分間とした。温熱療法では、湿熱ホットパックを用い、椅子座位にて腰部全体を覆うように施行した。

運動療法として、ATM®2 を用いた立位での体幹屈曲運動または伸展運動を実施した。運動する方向は、初回評価時の最大屈曲および最大伸展時に疼痛が強い運動方向とした。

介入する運動が体幹屈曲運動の場合は背側に、伸展運動の場合は腹側にサポートパッドが密着するよう立位となり、2本のベルトにより骨盤を、1本のベルトにより胸郭を固定した。骨盤ベルトの位置は、上位ベルトが上前腸骨棘（以下、ASIS）上を、下位ベルトが大転子上を目安に設置し、胸郭ベルトは、下部胸郭に設置した。ベルトを締める強さは、疼痛が生じず安静呼吸が制限されない範囲で、可能な限りベルトを強く締めた。3本のベルトで固定した後、体幹屈曲もしくは伸展運動を行い、腰痛が発生するようであれば胸郭のベルトをより上方へ移動させ体幹の可動域を制限し、体幹運動時に腰痛がない位置を決定した。その後、体幹屈曲および伸展運動を10回行い、疼痛が生じないことを確認した。次に、体幹運動の抵抗となるベルトを腋窩に通し、ベルトが最短になるよう調節した。設定後、対象者は頭の後ろで両手を組み、体幹屈曲もしくは伸展方向に3秒間の最大等尺性収縮を10回行った。運動療法群では、消炎鎮痛処置を適応した後、運動療法を実施した。

いずれの群も、週2回、2週間実施した。介入の期間については、第3章（研究2）における疼痛の経過をみると、2週間でおおよそ低下していることから、2週間までとした。

対象者には、①介入中、他の腰痛体操や民間療法を行わないこと、②腰痛を悪化させるような激しい運動は避けることを依頼した。なお、家事や仕事内容に特別な指示はしなかった。

#### 4-2-3 測定方法

介入効果の判定は、体幹屈曲および伸展方向への運動時痛の評価として visual analogue scale (VAS, 0~100mm)、QOL の評価として腰痛特異的 QOL 尺度 Roland-Morris disability Questionnaire (RDQ) を用いた。さらに体幹可動性として、体幹屈曲・伸展および側屈の可動性を測定した。

VAS は、立位での体幹最大屈曲時および最大伸展時に感じた疼痛の程度を、白紙上に引かれた 100mm の横線上へ、対象者自身により縦線を記入した。その際、0mm は「痛みが全くない」、100mm では「最大の痛みがある」と説明した。

RDQ は、RDQ 日本語版（福原，2004）を使用し、対象者自身が記入した。RDQ は、24項目からなる質問紙であり、24点満点で点数が高いほど腰痛により QOL が制限されていることを示す。

体幹の屈曲可動性の測定には、立位体前屈計を用いた。計測台の上に膝関節を完全伸展した立位となり、手指を伸展位のまま最大前屈を1回実施し、床面と手指との距離を測定した。床面から下方に指先が到達した場合をプラス（+）、床面に到達しない場合をマイナス（-）とした。体幹の側屈可動性には、メジャーテープを用い、床から指先までの距離を測定した。体幹側屈では、体幹運動非対称性の指標として、左右差の絶対値を算出した。

体幹伸展可動性には、傾斜計を用いた。足部は肩幅に広げ平行にし、上肢は胸の前で腕組みをした立位をとり、傾斜計を胸骨に設置して、最大伸展を1回実施した。立位時と最大伸展時の傾斜角度を測定し、その差を算出して伸展可動性とした。

測定時期は、いずれの測定も介入前、2週間の介入期間終了時（介入終了時）とした。

#### 4-2-4 解析

統計学的解析では、VAS, RDQ および各方向の体幹可動性について、介入方法（消炎鎮痛群、運動療法群）と経過との2要因にて二元配置分散分析を行った。交互作用が有意であった場合、単純主効果、群間および経過での差の検定を行った。さらに各項目の介入前後の変化量を算出した上で、それぞれの項目間の相関係数を算出した。尚、運動療法群と消炎鎮痛群における属性を比較するために、対応のない t-test を行った。危険率5%または1%未満を有意と判定した。すべての解析には、Dr. SPSS II for Windows 11.0.1 J (SPSS Inc.)を使用した。

### 4-3 結果

#### 3-3-1 対象者属性

研究期間中に、腰痛を主訴とした同意が得られた外来患者数は44名であり、そのうち除外基準に適合せず、26名が研究に参加した（図4-1）。各群の症例数、男女比、年齢、罹患期間、腰痛既往の有無を表4-1に示す。

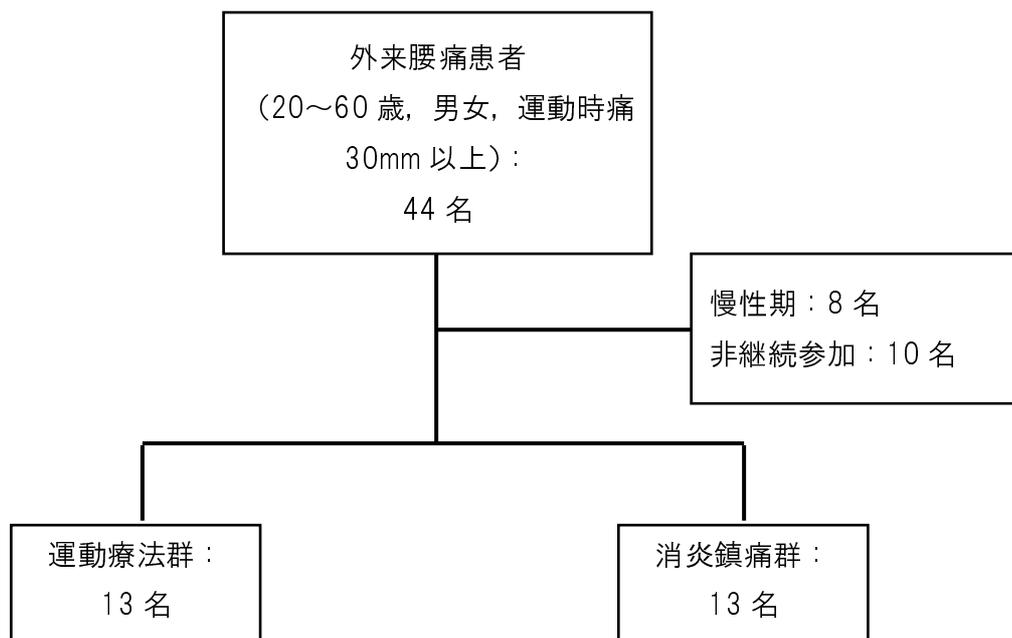


図 4-1 対象者のリクルートメント

研究参加の同意が得られた外来腰痛患者（20～60 歳，男女，運動時痛 30mm 以上）44 名の内，慢性期であった者が 8 名，継続的な参加が不可能であった者 10 名が除外され，運動療法群 13 名，消炎鎮痛群 13 名を解析の対象とした。

表 4-1 対象者の属性

	運動療法群	消炎鎮痛群
例数	13 名 (男性 9 名, 女性 4 名)	13 名 (男性 5 名, 女性 8 名)
年齢	38.5±8.5 歳	43.3±10.7 歳
罹患期間*1	0 週 (0~10 週)	0 週 (0~8 週)
腰痛既往の有無	8:5	8:5

\*1：中央値（範囲）

#### 4-3-2 介入前後における各項目の比較 (表 4-2)

介入による体幹屈曲および伸展時の疼痛の強さ、QOLの指標であるRDQの点数および体幹可動域について、二元配置分散分析の結果から、屈曲時の疼痛と体幹側屈可動性の左右差(側屈非対称性)に有意な交互作用を認めた(それぞれ  $p=0.03$ ,  $0.02$ )。さらに主効果の検定から、運動療法群および消炎鎮痛群では、屈曲時痛に関して介入前後に主効果が有意に認められた。また体幹側屈可動性の左右差(側屈非対称性)にも、介入前後に主効果が有意に認められた。その他の項目では、交互作用は認められなかった。

表 4-2 2週間の介入前後の結果

		運動療法群	消炎鎮痛群
屈曲時痛*	介入前	63.6 (23.3)	42.7 (20.2)
	介入終了時	13.5 (17.1)	21.8 (27.2)
伸展時痛	介入前	55.5 (23.4)	44.5 (30.4)
	介入終了時	9.6 (10.8)	19.2 (22.8)
RDQ	介入前	12.3 (3.7)	10.2 (5.2)
	介入終了時	1.8 (2.2)	2.9 (3.6)
屈曲可動性	介入前	-23.6 (21.3)	-17.7 (14.6)
	介入終了時	-7.0 (8.6)	-8.1 (11.3)
伸展可動性	介入前	27.2 (10.1)	27.6 (9.7)
	介入終了時	38.6 (8.4)	34.6 (12.9)
側屈非対称性*	介入前	4.5 (3.5)	2.2 (2.2)
	介入終了時	1.5 (1.0)	2.0 (1.6)

\* : 交互作用あり ( $p<0.05$ )

#### 4-3-3 各項目の変化量の関連性 (表 4-3)

各項目の変化量の関連性から、運動療法群において屈曲時の疼痛と体幹屈曲可動性 ( $r=0.617$ ,  $p=0.025$ )、RDQ ( $r=0.577$ ,  $p=0.039$ )、伸展時痛 ( $r=0.836$ ,  $p=0.000$ ) に有意な相関が認められた。RDQについては、体幹屈曲可動性にも相関が認められた ( $r=0.566$ ,  $p=0.000$ )。屈曲可動性と側屈非対称性に相関が認められた ( $r=0.610$ ,  $p=0.039$ )。

消炎鎮痛群では、屈曲時痛は、体幹屈曲可動性 ( $r=0.626$ ,  $p=0.022$ )、RDQ ( $r=0.705$ ,  $p=0.007$ ) に有意な相関が認められた。

表 4-3 介入前後の変化量における相関関係  
(運動療法群)

	屈曲時痛	伸展時痛	RDQ	屈曲可動性	伸展可動性	側屈非対称性
屈曲時痛	—	.836*	.577*	.617*	-.375	.405
伸展時痛		—	.324	.250	-.041	.390
RDQ			—	.566*	-.351	.358
屈曲可動性				—	.474	.610*
伸展可動性					—	.354
側屈非対称性						—

	屈曲時痛	伸展時痛	RDQ	屈曲可動性	伸展可動性	側屈非対称性
屈曲時痛	—	.490	.705*	.626*	-.302	-.368
伸展時痛		—	.460	.333	.209	-.435
RDQ			—	.393	-.252	.034
屈曲可動性				—	.429	-.353
伸展可動性					—	-.361
側屈非対称性						—

\* : p<0.05

## 4-4 考察

第 3 章 (研究 2) において、体幹の運動時に疼痛を生じる腰痛患者に対し、骨盤ありアライメントコンセプトを目的とした運動療法を 4 週間実施し、臨床効果を検証した。その結果、疼痛および QOL の改善に有用である可能性が示唆された (根地嶋, 他, 2011)。しかし、研究 2 では対照群を設定しておらず、他の治療に対する優位性は明らかになっていない。また、現在のシステマティックレビューや診療ガイドラインでは、急性期における運動療法の効果は認められていないため、急性期に焦点をあて、効果を検証することが必要であると考えた。研究 3 では、急性腰痛を対象とし、消炎鎮痛群との比較検証を行った。

### 4-4-1 介入効果

初回から介入 2 週間後における屈曲時痛と側屈可動性の左右差 (側屈非対称性) において、運動療法群が消炎鎮痛群よりも改善傾向が認められた。一方、伸展時痛は、軽減傾向にあるものの、2 群間に相違は認められない傾向にあった。

屈曲時痛に関して、いずれの群も 2 週後に疼痛は軽減しているが、その軽減のパターンに相違を認めた。さらに側屈非対称性も減少したことから、運動療法群が消炎鎮痛群よりも介入前から介入後への疼痛減少の変化量が大きかったことは、アライメントの対称化したことによっても、屈曲時痛を改善させる可能性が示唆された。

腰痛の軽減について、アライメントの対称化に加え、仙腸関節の安定性にも影響したことが考えられた。仙腸関節の安定性は、骨の形態および靭帯の緊張による *form closure* と、筋および筋膜の緊張による *force closure* の 2 つのメカニズムが考えられている (Vleeming A, Stoeckart R, Volkers AC, Snijders CJ. 1990; Vleeming A, Volkers AC, Snijders CJ, Stoeckart R. 1990)。腹部に存在する腹横筋や内腹斜筋は、仙腸関節の圧迫力を高め、骨盤が安定させることが指摘されている (Snijders CJ, Vleeming A, Stoeckart R & Mens J MA. 1995)。本研究で実施した骨盤および胸郭をベルトで固定して行う体幹運動は、腹横筋や内腹斜筋を含めた体幹深部筋の筋収縮が促され、仙腸関節の安定性が高まったことにより、疼痛の軽減が生じたものと推察された。

伸展時痛に関して、運動療法群、消炎鎮痛群ともに軽減していた。運動療法群では 55.5 から 9.6 と大きく軽減を示したが、消炎鎮痛群でも軽減しており、疼痛の変化パターンに統計学的有意差を認めなかった。また屈曲時痛は RDQ と相関関係にあるが、伸展時痛と RDQ には相関関係を認めていないことから、伸展時痛の変化パターンに運動療法群と消炎鎮痛群との間に差を認めない要因として、日常生活動作における体幹運動の方向が関与していると推察される。つまり日常生活の中で、体幹伸展動作よりも屈曲動作が多く行われるため、屈曲時痛に対して安静による除痛効果よりも介入による効果の方が影響を与えやすい。一方、伸展時痛では安静による除痛効果の影響を受けることから、運動療法群と消炎鎮痛群に違いが見られなかったと考えられる。

側屈可動性の左右差（側屈非対称性）に関して、運動療法群は介入前 4.5 と側屈の可動性に左右差が大きかったものの、介入後は 1.5 と左右差が軽減した。一方、消炎鎮痛群は介入前 2.2、介入後は 2.0 であり、左右差に経時的な変化は認められなかった。運動療法群が側屈非対称性を減少させた理由として、研究 1 で証明した骨盤対称化による影響が考えられる。研究 1 において、リアライメントコンセプトを目的として用いた ATM®2 による運動療法は、骨盤の対称化を得ることが確認された。骨盤非対称性は脊柱の側屈・回旋も偏らせるため、骨盤の対称化が得られれば脊柱運動の左右差も軽減されることが推測される。よって、本研究により側屈可動性の左右差が減少したことは、骨盤の対称化が影響したものと推察された。しかし運動療法群の側屈非対称性が介入前に大きかったことも影響した可能性もある。この点を踏まえても、骨盤の非対称性が大きい場合には効果的である可能性があり、骨盤非対称性の程度が小さい場合は、その効果は不明であると考えている。

#### 4-4-2 屈曲時痛に関連する要因

介入前後における屈曲時痛と体幹屈曲可動性には関連性が認められていた。骨盤をベルトで固定した運動療法によってこのような変化が得られた理由として、骨盤アライメントの対称化、腰背筋のリラクゼーション、仙腸関節の筋収縮による圧迫メカニズムが予測された。

動作筋と拮抗筋の関係では、主動作筋が収縮すると拮抗筋は弛緩するという相反神経支配にある。本研究では、骨盤および胸郭をベルトで固定し、さらに腋窩にベルトを通した状態で体幹屈曲の等尺性収縮を行った。これは体幹腹筋群を収縮させることで、腰背筋が弛緩する作用が期待され、その結果、腰背筋のリラクゼーションが得られたものと推察した。腰痛患者では、体幹を屈曲した際、健常者では生じない腰背筋の持続的な筋活動を認めたり (Kaigle AM, Wessberg P, Hansson TH. 1998; Sihvonen T, Partanen J, Hänninen O, Soimakallio S. 1991)、体幹屈曲と伸展の反復運動により脊柱起立筋の筋活動量が増加および筋スパズムを認める (Olson MW, Li L, Solomonow M. 2004) ため、本研究で実施した運動療法が腰背筋の筋緊張を低下させ、屈曲時痛が軽減したと推察した。

さらに屈曲時痛と体幹側屈可動域の左右差の変化量において、2群間に差が認められた。腰痛患者では、健常者に比べ、腰椎の側屈・回旋可動域の左右差および骨盤非対称性が有意に大きい。また体幹運動の左右差と骨盤非対称性には相関が認められている (Al-Eisa. 2006A)。加えて骨盤非対称性は腰痛と関連していることも報告された (Al-Eisa E, Egan DA, Wassersug R. 2004)、骨盤非対称性は、腰椎への負荷を変化させることが考えられる。このようなことから、本研究における運動療法により、骨盤の対称化がなされ、体幹側屈可動域の左右差および屈曲時痛に影響を及ぼしたことが推察された。

骨盤非対称性による体幹運動時に生じる疼痛の理由として、脊柱の側屈、回旋が生じていることが影響すると考えられる。骨盤の非対称性は、仙骨の回旋、傾斜を生じさせる。仙骨に連結する腰椎は、仙骨の動きに伴い側屈、回旋を生じる。側屈および回旋が腰椎に加わることは、ある部位へは圧縮する力、ある部位には伸張する力が加わることになる (Vleeming, Mooney, & Stoeckart, 2007)。側屈や回旋は、可動域は小さいものの腰椎が持っている運動であるため、通常、一時的な運動であれば疼痛を生じることはない。しかし、常に側屈および回旋が強いられ、そのまま腰椎の運動を反復して行うことは、破れ損傷を引き起こし、疼痛を生じさせる (Bogduk, 2008)。破れ損傷とは、組織の弱化が、反復することにより、組織が回復する時間が与えられず弱化が顕著になることである。よって、骨盤の非対称性を改善することは、腰椎へ側屈および回旋の偏りを軽減させるため、圧縮や伸張ストレスが軽減させ、結果的に疼痛が軽減すると推察された。

## 4-5 第4章のまとめ

### 4-5-1 結論

急性期の非特異的腰痛患者に対し、骨盤をベルトで固定したことによる運動療法を実施することは、屈曲時痛を改善させ、体幹側屈非対称性を軽減する効果が示唆された。これには拮抗筋である背部筋に対する相反神経支配によるリラクゼーション効果、骨盤アライメントの対称化による脊柱アライメントの正中化が得られたことが関与していると推察した。

急性期の腰痛症に対する運動療法には、効果的であるというガイドラインはない。しかし、本研究の結果から、骨盤アライメントに着目し、骨盤対称化を促す運動療法により、急性腰痛の改善に効果的である可能性を示した。

### 4-5-2 今後の課題

今回の無作為化比較対照試験では、2週間の介入期間を設けて実施した。外来腰痛患者（20～60歳，男女，運動時痛VASにて30mm以上）44名のうち、慢性期である8名を除いた36名にて調査したが、10名が継続して介入をできなかった。継続できない背景には、腰痛が軽減し治療を継続する必要性を患者自身が感じなくなったためだと推測される。また、対象の年齢は仕事を持った成人であるため、通院することに抵抗感を感じた可能性も推察された。

本研究の対象において、疼痛の程度が介入前において運動療法群が消炎鎮痛群よりも強い傾向にあった。これは1施設での調査であったことや継続できなかった症例もあり、対象者数が少なかったことが一要因であったと思われる。今後は、多施設間にてより対象者数を増やし、調査する必要があると考える。

## 第5章 総括

### 5-1 本研究の目的と結果

#### 5-1-1 本研究の目的

国民生活基礎調査では、腰痛は自覚する症状として男性で1位、女性では2位と常に上位を占めており、業務上疾病発生状況の調査でも、休業を4日以上した負傷に起因する疾病において腰痛は約8割を占めていた。腰痛は多くの人々を悩ませていることから、腰痛治療では、より短時間で症状を改善し、再発を防止できる治療法を確立することが求められている。

腰痛に対する運動療法では、その原因にアプローチする必要がある。しかし、骨盤アライメント腰痛の要因であることが指摘されているにもかかわらず、骨盤への介入効果を検証したものは少ない。腰痛治療の方略として骨盤アライメントへの介入が有効かを検証することは必要である。

骨盤非対称性を適合化すること、つまり骨盤のリアライメントは、関節の正常な位置を獲得する、つまり骨盤アライメントを対称化させ、それに伴い腰椎や胸郭の運動に偏りをなくし、筋活動の左右差も軽減されることが期待される（リアライメントコンセプト）。そのメカニズムにより、腰痛改善が期待できる。

本研究は、腰痛患者に対し、リアライメントコンセプトを目的とした運動療法が、骨盤アライメントに及ぼす影響および臨床的に効果的かを検証した。

#### 5-1-2 本研究の結果

研究1では、骨盤への介入効果を検証する方法を確立するため、デジタル画像による骨盤アライメント計測方法を検証した。その結果、撮影するカメラを一定の基準で設定すれば、精度の高い測定が可能であることが示された。その上で、健常者を対象に、リアライメントコンセプトを目的とした運動療法を実施し、介入前後で骨盤アライメントが変化するかを測定した。介入により、前額面および矢状面における骨盤非対称性が対称化する結果が得られた。骨盤アライメントが変化することは、脊柱の運動学的な変化についても影響すると考えられる。骨盤および脊柱の運動学的な変化は、機械的な刺激により生じる疼痛を変化させる可能性があり、人間工学的要因の強い非特異的腰痛患者への適応が有用である可能性が示唆された。

そこで研究2では、リアライメントコンセプトを目的とした運動療法を非特異的腰痛患

者に対して実施し、疼痛軽減や QOL の改善に効果的であるかをケースシリーズにより調査した。非特異的腰痛患者を対象に、週 2 回、4 週間の介入をした結果、介入前に比べ 4 週間後では有意に運動時痛および腰痛特異的 QOL が改善しており、介入後 4 週間の経過観察においても疼痛および QOL は維持されていた。効果の発生時期として、2 週間程度で顕著な疼痛の軽減が確認された。本研究の結果より、本運動療法が非特異的腰痛患者の疼痛と QOL を改善させる可能性が示唆されたが、これまで実施されているその他の理学療法との優位性は不明であった。

研究 3 では、急性腰痛患者を対象に、臨床的によく用いられている消炎鎮痛処置をコントロール（消炎鎮痛群）とし、骨盤対称化が認められた運動療法を実施する群（運動療法群）との無作為化比較試験を行った。その結果、消炎鎮痛群と運動療法群では、屈曲時痛および体幹側屈非対称性の改善するパターンの違いがみられた。本研究の結果より、骨盤アライメントを変化させる運動療法が、非特異的腰痛患者のなかでも急性腰痛患者の屈曲時痛と体幹側屈非対称性を改善させることが示唆された。

## 5-2 本研究で得られた知見と臨床への示唆

### 5-2-1 デジタル画像による骨盤アライメント計測の可能性

機械的腰痛の要因として骨盤アライメントが指摘されていることから、骨盤アライメントへの介入効果を確認する必要がある。しかし、骨盤アライメントへの介入が骨盤アライメントにおよぼす影響は明らかにされていない。その理由の一つとして、骨盤アライメントの計測方法に統一した見解がないためである。

骨盤アライメントにおよぼす影響を計測する指標には、左右寛骨の対称性を測定する方法がある。本論文においては、骨盤にマーカーを設置した状態で、デジタルカメラで撮影し、得られた画像をパーソナルコンピュータのソフトウェアにて骨盤の傾斜を測定する方法を用いた。

実際に骨盤アライメントを計測する前に、デジタル画像による角度測定が、真の値をどの程度反映しているのか確認する必要がある。その際、カメラの設定方法が角度算出にどのように影響するかも把握しておく必要がある。加えて、アライメント変化は程度が小さいことが予測されるため、例えば 1 度の違いを検出できるかも確認が必要である。本研究の結果では、デジタル画像による角度測定は、真の値との絶対誤差が 0.10~0.45 であり、概ね良好と判断した。カメラの設定は、被写体までの距離は 2.5, 3.0m のいずれでもよく、

レンズ焦点距離は広角が望ましかった。1度の変化は、88～92度のどの角度においても有意な差を示すことが確認できた。

このようなデジタル画像による角度測定の手段を用い、骨盤アライメントの計測を実施した。アライメントの変化を確認するためには、介入前後で骨盤アライメントを計測するのが方略のひとつである。この方法を実施するには、再現性について確認しておく必要がある。本研究では、骨盤へのマーカー貼付を2回実施し、再現性について確認した。その結果、絶対誤差が0.71～1.83度であり、級内相関係数は0.799～0.915を示した。さらに、骨盤アライメントの変化を検出できるか確認するため、仮想の脚長差を設けることで人為的に骨盤非対称性の状態とし、コントロール群との骨盤アライメントの比較を行った。その結果、仮想脚長差を設定した群は、前額面上で骨盤の側方傾斜、矢状面上で右寛骨の前傾、左右寛骨の傾斜の差である骨盤非対称性が有意に増加を示した。このようなことから、デジタル画像による骨盤アライメントの測定には、一定の再現性を認め、かつ仮想の脚長差による骨盤アライメントの変化を検出することができたため、運動療法による骨盤アライメントへ影響を検証するのに本方法を用いることの妥当性が確認された。

デジタル画像を用いたアライメントおよび角度測定では、カメラの設置位置、レンズの収差、傾き、角度算出のためのソフトウェアの精度やモニタ上の解像度、角度測定の指標の決め方など様々な要因により誤差を生じる。これらを大きくまとめると、①カメラの設定方法、②ソフトウェアの操作方法、③マーカーの設定方法に大別できると考える。本研究の結果から、骨盤アライメントの測定に関わらず、カメラの設定方法とソフトウェアの操作方法については、他部位のアライメントや角度測定に応用ができるものと考えている。

本研究により、骨盤アライメントの計測方法としてデジタル画像を用いる方法が明示できた。本方法は、骨盤のみならず、マーカーを設置するランドマークが明確であれば、姿勢やアライメントの計測としても応用が可能であると考えられる。

## 5-2-2 骨盤リアライメントコンセプトに基づく運動療法による骨盤アライメントの変化と腰痛患者への介入効果メカニズムについて

**【骨盤リアライメントコンセプトに基づく運動療法が骨盤アライメントを対称化するメカニズム】**

本研究で確認された骨盤アライメントの計測方法を用い、リアライメントコンセプトを目的とした運動療法により、骨盤アライメントが変化するかを検証した。骨盤への介入に用いた機器は、腰痛治療機器ATM®2であり、骨盤をベルトで固定して体幹の等尺性収縮を行う運動療法である。介入前後で骨盤アライメントを計測した結果、介入により前額面および矢状面における骨盤の非対称性が減少した。リアライメントコンセプトを目的とした運動療法は、骨盤アライメントを変化させることが示唆された。

ベルトで骨盤を固定した運動療法により、前額面および矢状面における非対称性が減少したということは、例えば一側の寛骨が前傾位にあった場合、対側の寛骨が相対的後傾位から前傾したことを示す。このような対称化を示した要因として、ベルトによる骨盤固定が考えられる。骨盤に対するベルトの効果としては、方法は異なるものの、妊婦における骨盤不安定性に対する骨盤ベルトの効果として、仙腸関節の不安定性が軽減することや (Damen, et al., 2002) 寛骨の傾斜角度が矢状面上で減少したと報告されている (Vleeming, et al., 1992)。本研究で用いた ATM®2 は、サポートパッドに身体を密着させ、骨盤を2本のベルトにより締めていくものである。ベルトで締めることは、図5-1 (A, B) に示したように、前傾した寛骨はベルトにより後傾方向へ力が加わり、後傾した寛骨は前傾方向へ力が加わることが推測され、その結果、非対称性の減少が生じたものと考えられた。本研究により、リアライメントコンセプトを目的とした運動療法は骨盤アライメントを変化させることが示され、ベルトによる固定は骨盤の非対称性の減少に有用である知見が得られた。

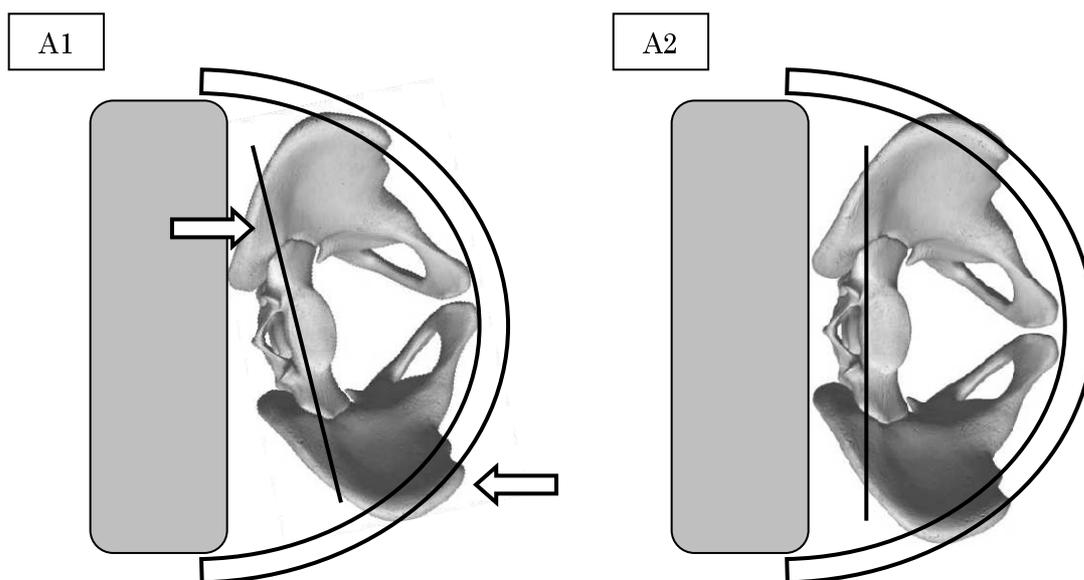


図5-1 (A) 予測される骨盤へのベルトによる固定の効果1 (水平面)

骨盤の非対称性は、左右の寛骨の前後傾の傾きに差がある状態である。例として、右寛骨が前傾し左寛骨が後傾している様子を、水平面にて示した (A1)。ATM®2によりベルトを締めることで、右寛骨は後傾が促され、左寛骨は前傾が促されることで、対称化が生じると推測される (A2)。

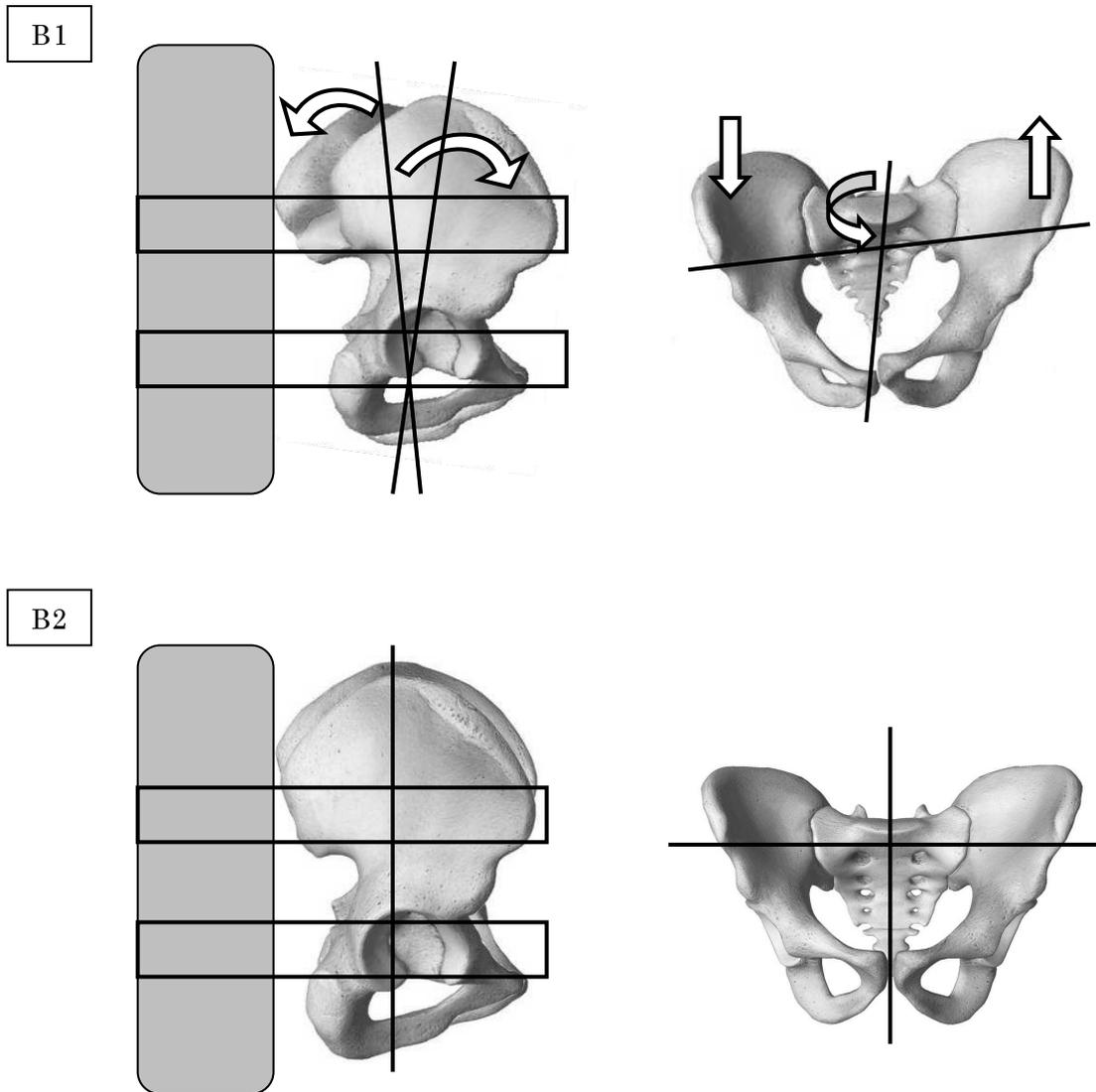


図 5-1 (B) 予測される骨盤へのベルトによる固定の効果 2

右寛骨が前傾し、左寛骨が後傾している図を (B1) に示す。ATM®2 によりベルトを締めることで、右寛骨は後傾が促され、左寛骨は前傾が促されることで、対称化が生じると推測される (B2)。

【骨盤リアライメントコンセプトに基づいた運動療法が非特異的腰痛における運動時痛を軽減するメカニズム】

(1) 骨盤アライメントの影響について

これまで述べてきたとおり、骨盤の非対称性は腰痛を生じる可能性がある (図 5-2)。そのため、骨盤の対称化は腰痛を軽減させる可能性があり、臨床における介入効果を検証す

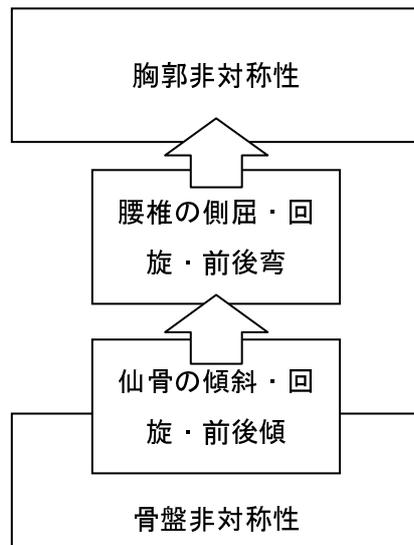


図 5-2 骨盤非対称性による腰痛発生メカニズムのモデル

骨盤非対称性は仙骨の傾斜・回旋・前後傾も生じている。仙骨の動きは、連結する腰椎および胸郭に影響し、アライメントが変化する。アライメントの変化は、関節の不適合や筋活動の偏りを招き、疼痛が生じる。

る必要がある。本研究では、リアライメントコンセプトに基づいた運動療法として ATM®2 を用い、運動療法後に骨盤非対称性の減少を確認することができた。本方法を用いることは、骨盤の対称化に伴い腰痛を軽減できる可能性があるため、人間工学的要因による非特異的腰痛患者を対象に、介入効果を検証した。

一つ目の検証として実施したケースシリーズでは、4 週間の介入の結果、体幹運動時の VAS および RDQ が有意に改善し、介入後 4 週間の経過観察でもその効果は維持されていた。このことから、骨盤および胸郭を固定して行う新しいコンセプトの運動療法は、機械的腰痛患者の運動時痛の軽減および QOL の改善に有効である可能性が示唆された。二つ目の検証として実施した無作為化比較試験では、リアライメントコンセプトに基づいた運動療法を実施することによって屈曲時痛を改善させることが示唆された。

骨盤の非対称性が腰痛の要因の一つとして考えられている理由は、寛骨の非対称性は仙骨の水平面、矢状面および前額面での傾きを変え（図 5-3）、仙骨に連結している腰椎のアライメントおよび胸郭にも影響することが背景にある（図 5-4）（平沼・岩崎, 2011）。腰椎の椎間関節は、関節面が縦に位置する。そのため屈曲伸展方向への運動には有利だが、骨盤非対称性により腰椎が回旋、側屈していると、椎間関節での衝突が生じ、椎間板への圧も偏りが生じると考えられている（Vleeming, et al. 2007; Chamberger, 2002）（図 5-5）。

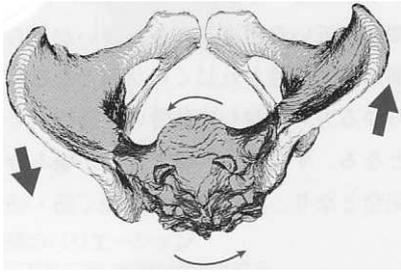


図 5-3 寛骨の前後傾に伴う仙骨の動き (平沼・岩崎, 2011)

右寛骨が前傾, 左寛骨が後傾した場合, 仙骨は左へ回旋する.

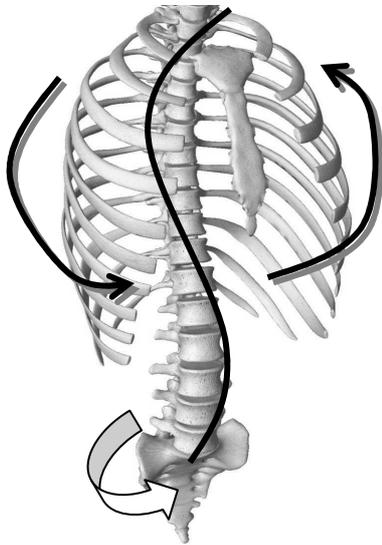


図 5-4 仙骨の傾斜および回旋が腰椎および胸郭へ及ぼす影響

仙骨に隣接する腰椎と胸郭が, 仙骨のアライメントに影響を受ける. 仙骨が左に傾斜および回旋することは腰椎を回旋および側屈させる可能性がある. それに伴い, 胸郭も回旋および側屈する.

例えば, 骨盤全体が左へ回旋している状態では, 腰椎および胸郭は右へ回旋させなければ, 体幹が正面を向くことができない (図 5-6). 骨盤が回旋した状態で体幹を正中位に保持したまま体幹の伸展や屈曲を行えば, 椎間関節や椎間板に偏ったストレスを加える (図 5-5). そのため, 骨盤非対称性のままで運動を行うことは, 常に腰椎の運動学的な変化をもたらす物理的なストレスが加わるため疼痛が生じるものと推察できる. このような腰痛が生じる理由から, 骨盤リアライメントコンセプトに基づいた運動療法が非特異的腰痛に

における運動時痛を軽減させた理由として、骨盤アライメントの対称化が生じたことが腰椎および胸郭の運動学的な変化、つまり腰椎および胸郭に存在する関節の適合性が改善され、椎間関節や椎間板などに加わる力学的なストレスを軽減した結果であると考えた。

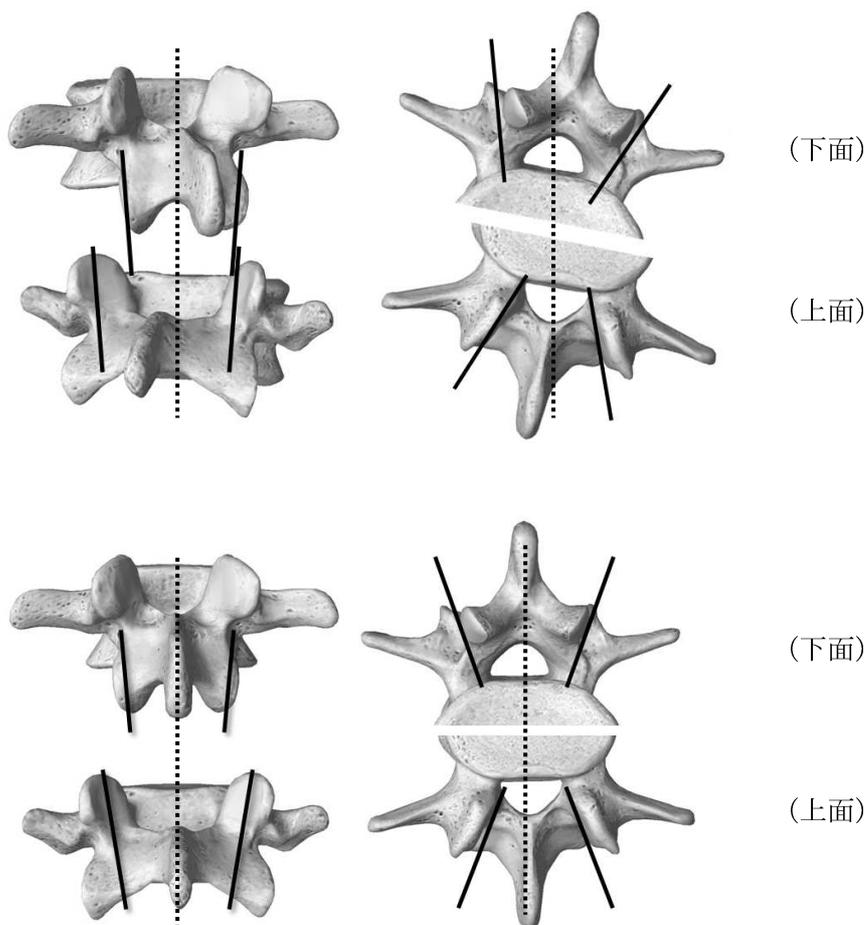


図 5-5 骨盤回旋時の腰椎椎間関節

上図は、上位の椎骨が左に回旋し、下位の椎骨が右へ回旋した図である。下図は、上位および下位の椎骨が中間位に位置している図である。上位と下位の回旋が生じると、上位椎骨の下関節面と下位椎骨の上関節面は、適合せず衝突する（上図）。

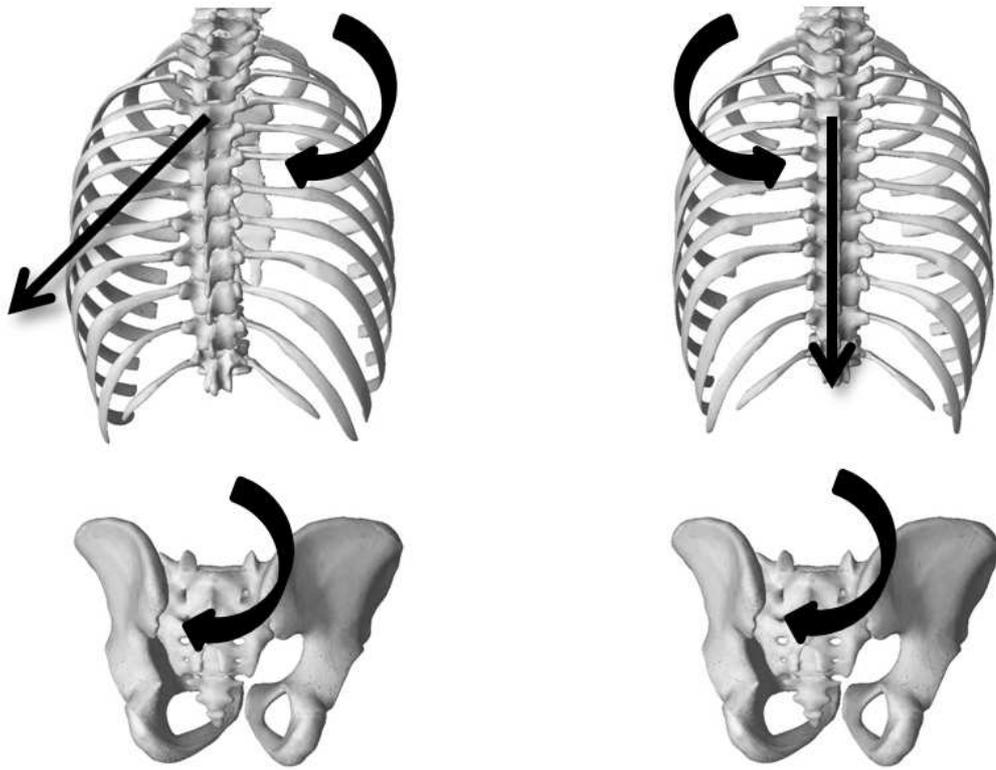


図 5-6 骨盤と胸郭との位置関係

骨盤が右回旋した場合、そのまま体幹を伸展すると体幹は左へ倒れてしまう（左図）。体幹を正中位にて伸展するには、胸郭を左に回旋する必要がある（右図）。

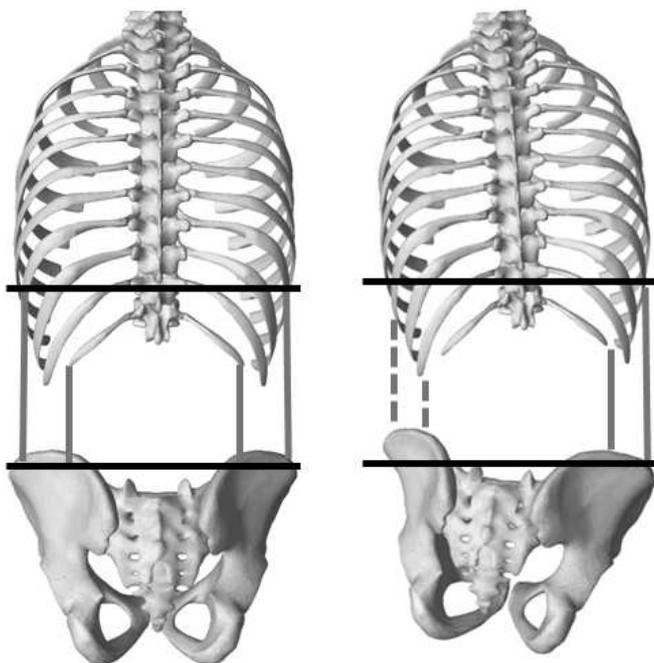


図 5-7 骨盤および胸郭アライメントと筋活動

右図は、骨盤が右へ傾斜している例を示す。骨盤の傾斜により、胸郭と骨盤との間に位置する筋は非対称的になるため、筋活動を生じる際も、活動量に差違を生じることが推察される。左図は骨盤および胸郭の位置関係が対称であることを示している。

腰痛を生じるメカニズムには、筋活動の非対称性も考えられている。骨盤の非対称性は、腰椎および胸郭の非対称性を伴うことは述べたとおりである。例えば、骨盤全体が右へ傾斜している状態では、腹背部にある筋の起始停止の位置関係や走行に左右差が生じる（図 5-7）。もしそのままの状態で行えば、筋活動の左右差が生じ、ある筋に過剰な収縮や筋緊張を亢進させ、その結果疼痛を生じると推察される。骨盤アライメントと筋活動の関連については十分に検討されていないが、筋断面積の左右差を調査した研究では、患者群が健常者群より左右差が大きいことや (Hides et al. 1994)、腰痛患者では腹横筋の活動に左右差がある (Ferreira et al. 2004) ことが報告されている。このようなことから、腰痛患者では体幹筋の活動には左右差があり、その背景にアライメントが関与することが考えられた。本研究で実施した運動療法では、ベルトで固定することにより骨盤の対称化を生じさせた。骨盤アライメントを対称化することは筋の起始停止や走行を対称化させることが期待される。アライメントの対称化が得られた状態で体幹の屈曲および伸展運動を行うことは、体幹筋を対称的に活動させることになり、さらに反復して行うことは対称的

な筋活動を学習させることにつながるであろう。研究 1-3 にて介入後に骨盤の対称化が得られた理由としては、筋活動の学習がなされれば、ベルトでの固定を外してもアライメントおよび筋活動の対称化が維持されるためだと考えられた。

本研究で行った運動療法において、良肢位での筋収縮の学習ができることは、再発予防に役立つことが考えられる。例えば、物理療法により腰痛が軽減したとしても、アライメントの非対称性が腰痛の原因であったならば、ふたたび非対称性による腰部へのストレスが加わり再発すると考える。従来から実施されている背臥位での腹筋運動にしても、骨盤の非対称性が存在していれば非対称性の筋収縮を訓練することになる。骨盤非対称性を改善することは、筋収縮の対称化も期待できる。

本博士論文により、健常者を対象にリアライメントコンセプトを目的とした運動療法を行った結果、骨盤の非対称性が有意に減少を示した。加えて、非特異的腰痛患者における運動時痛が軽減したこと、体幹側屈の非対称性が減少したことは、骨盤の対称化が関与したことが示唆された。

## (2) 骨盤アライメント以外の影響について

疼痛軽減のメカニズムとして、骨盤の対称化の他に、腰背筋のリラクゼーション効果が考えられた。急性腰痛患者に対する介入では、屈曲時痛の軽減量と体幹屈曲可動性に相関を認めた。体幹屈曲可動性は、背面に位置する腰背筋およびハムストリングスが主な制限因子となる。本研究における介入ではハムストリングスへの直接的な介入は行っていないため、腰背筋の筋緊張緩和により腰背部筋の伸張性が高まったことが、体幹屈曲時の可動性を向上させた要因の一つであると推察された。

## (3) まとめ

腰痛が発生する要因のひとつに、アライメント不良が考えられている (図 1-6 参照)。骨盤アライメントが不良であった場合、腰部を構成する組織への影響として以下の事が考えられる。骨盤アライメントは、寛骨と仙骨の動きに依存する。よって、寛骨の位置関係が非対称的である場合、寛骨と仙骨からなる仙腸関節に力学的ストレスが加わっている可能性がある。骨盤の非対称性は、仙骨の傾斜・回旋・前後傾を伴う。仙骨の動きに連動し腰椎も側屈・回旋・前後弯するため、腰椎運動時に腰椎椎間関節において、ある運動方向では力学的ストレスが増大する可能性がある。さらに、椎間関節にある関節包や椎間を連結する靭帯や筋・筋膜においても、起始停止の位置や走行の変化により、ある運動方向では伸張および圧縮のストレスが加わることが推測される。これらの要因により、関節や靭帯、筋・筋膜に疼痛が生じることが考えられる。そのため、骨盤アライメントを修正することは、疼痛発生部位への力学的ストレスを軽減させ、疼痛軽減につながるものと考えられる (図 5-8)。

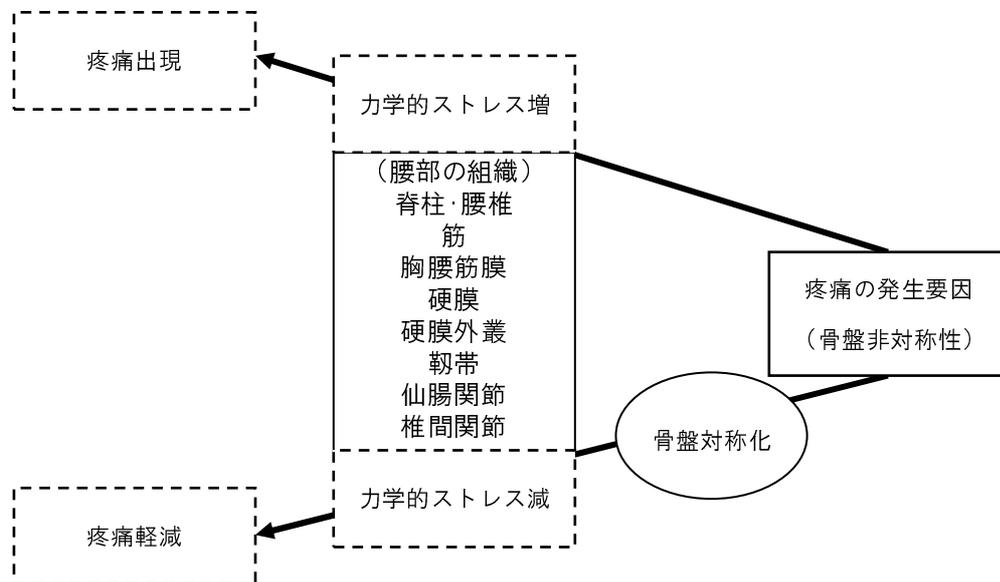


図 5-8 腰痛発生要因と発生部位の関係

骨盤非対称性による腰部へのストレスが疼痛を生じることが予測されるため、骨盤対称化により腰部への力学的ストレスが軽減し疼痛が改善すると考えられる。

### 5-3 本研究の限界と課題

#### 5-3-1 デジタル画像による骨盤アライメント計測の課題

本研究では経験年数が 10 年以上の理学療法士 1 名が、すべてのマーカーを設置した結果である。よって、例えば触診技術を学んでいる段階の学生が実施した場合や、数名の検査者間での再現性については不明である。また、触診技術の向上により、さらに再現性が向上するかどうか未確認である。今後は、マーカー設置について再現性を高める手段や、触診練習の効果、検査者の信頼性について検証していく必要がある。

#### 5-3-2 リアライメントコンセプトに基づく運動療法による骨盤アライメント変化の課題

本研究におけるデジタル画像での解析結果では、骨盤非対称性の減少を認めたが、デジタル画像がどれほど正確に寛骨の傾斜を反映しているかは定かではない。マーカを用いた計測の問題点として、骨が動いても皮膚上のマーカは骨の動きを追従できないことがこれまでも指摘されている。よって、寛骨の傾斜の変化は、マーカを貼付したままで計測するとランドマークとマーカの貼付位置がずれる可能性がある。このような現象に対し、本研究ではマーカを介入前にはずし、介入後に再び貼付する方法を実施したため、ランドマークの移動を追従できないことは回避できていると推測され、一定の妥当性はあると考えている。しかし、本研究結果は体表から検知できるランドマークについての位置関係の変化であり、仙腸関節で生じる実際の運動との妥当性については、今後の検討課題と言える。

骨盤非対称性の減少については、即時効果を確認することができた。しかし、数時間後、数日後の持続効果については不明である。運動療法により、骨盤アライメントへの影響がどの程度持続するかは、腰痛の治療効果や再発予防とも関連する可能性があるため、骨盤対称化の持続効果についても今後、検証する必要がある。

### 5-3-3 非特異的腰痛患者に対する骨盤リアライメントコンセプトに基づいた運動療法 についての課題

骨盤非対称性の減少が、どのように運動時痛を軽減させたかは本研究のみでは解明できない。仮説として、寛骨の傾斜が変化したとすれば、寛骨は仙骨と関節を形成しているため、寛骨の動きが仙骨の傾斜や回旋を変化させる。それに伴い、仙骨の上位に位置する腰椎のアライメントおよび運動学的な変化が生じ、力学的なストレスの減少が影響すると考えられる。Al-Eisa, et al., (2006A) は、骨盤の非対称性と体幹運動可動域の非対称性に関連があることを報告している。そのため、骨盤の対称化が腰椎の運動学的な変化が生じさせたと考えられるが、実際の変化までは確認できていないため、仙骨、腰椎、胸郭などを含めた生体力学的検証が必要である。

本研究で実施した運動療法は、身体をベルトで固定し体幹の伸展および屈曲の等尺性収縮を実施する。そのため、運動療法が身体におよぼす影響は骨盤アライメントのみではない可能性もある。運動療法では、ベルトによる固定の後、体幹の等尺性収縮を実施するため、筋活動に影響を及ぼしていることが予測される。腰痛患者が普段行っている前屈する動作では、骨盤非対称性のままであり、筋活動も非対称性に生じている可能性がある。一方、本運動療法では、骨盤アライメントが対称化した状態で体幹の等尺性収縮を行うため、筋活動も対称化が得られるかもしれない。運動時痛軽減の機序を明らかにしていくためには、屈曲伸展運動の動作解析や筋電図学的検討も必要と考える。

本臨床研究の対象は、体幹屈曲および伸展による運動時痛がある者であり、非特異的腰

痛の要因である人間工学的要因による腰痛を治療対象とした。運動により疼痛が増強するため、何らかの力学的なストレスが腰痛の原因と捉えることができる。よって、リアライメントコンセプトに基づく介入により疼痛が軽減したことは、人間工学的要因による腰痛治療として有用であることが示唆された。一方、非特異的腰痛のもう一つの要因である心理社会的要因については、本研究の対象者においてどの程度影響があったのかは不明である。対象は20～60歳の男女である。そのため仕事に従事していたり、抱きかかえることが多い乳幼児期の子育て中のケースもあると推測され、心理社会的にストレスが多いことも考えられる。よって、より人間工学的要因に焦点を絞った効果を検証するには、心理社会的要因の影響が少ないことを確認する必要がある。現時点では、日本人を対象とした心理社会的要因の検査などは未確立である（菊池，2009）ため、スクリーニング方法を含め検討が必要である。

本研究では男女を対象としており、治療効果については男女差の影響までは詳細に検討できていない。本研究の介入方法では、骨盤アライメントに着目しているため、出産を経験した女性では、運動療法が身体に及ぼす影響が異なる可能性も考えられる。男女差を考慮した介入が必要なのかどうかも調査していく必要があり、これらが明らかになれば、より効率的に治療できる可能性がある。

## 第6章 結論

腰痛のほとんどが非特異的腰痛であるが、腰痛を生じる原因ははっきりしていない。腰痛を生じる要因に骨盤アライメントが指摘されているものの、これまで骨盤アライメントに関する介入研究はなされていない。本研究では、腰痛の原因の一つである骨盤アライメントに着目し、骨盤アライメントが介入により変化するか、腰痛患者の運動時痛およびQOLが改善するかを検証した結果から、以下の結論とした。

- リアライメントコンセプトを目的とした運動療法は、骨盤の対称化に有効である。
- 運動時に疼痛が生じる急性腰痛患者への介入は、短期効果に有効である。
- 骨盤アライメントを対称化させる運動療法は、人間工学的要因による非特異的腰痛の治療において、新たな手段として活用できる。

## 【謝 辞】

本論文の作成に当たっては、多くの皆様のご協力がなければ完成することは出来ませんでした。この場を借りて、感謝の意を述べさせていただきます。

本論文の作成に当たり、私の進み具合がどんなに遅くとも、終始一貫して丁寧なご指導ご鞭撻を賜りました、聖隷クリストファー大学大学院保健科学研究科理学療法開発学の大城昌平教授に心から感謝を申し上げるとともに敬意を表します。研究に対する心構えや進め方、論文作成など多くのご指導いただき、誠にありがとうございました。京都橘大学の横山茂樹教授には、研究を進める上で壁にぶつかっているとき、ご助言いただき何度も助けていただきました。先生のご支援なくして完成はありませんでした。ありがとうございました。広島国際大学の蒲田和芳先生には、研究の進捗を気にしていただき、いつも暖かいお言葉をいただき、さらに研究方法および介入方法など多くのご助言をいただきました。心より感謝申し上げます。こぼり整形外科クリニックの杉浦武先生、久保裕介先生、杉山秀平先生そして小堀かおり医院長には、臨床調査を進める上であまりに多くのご協力をいただき、感謝の念に堪えません。そしてご協力いただいた皆様のおかげで一定の成果を出すことが出来ました。ありがとうございました。

聖隷クリストファー大学リハビリテーション学部理学療法学科の教員の皆様には、いつも励ましの言葉をいただきました。そして業務を遂行するに当たり後方支援をいただき、感謝申し上げます。

最後に、いつも暖かく見守り続け、支援し続けてくれた家族に心から感謝の意を表し、謝辞といたします。

## 【文 献】

- Al-Eisa, E., Egan, D., & Wassersug, R. (2004). Fluctuating asymmetry and low back pain. *Evolution and Human Behavior*, *25*(1), 31-37.
- Al-Eisa, E., Egan, D., Deluzio, K., & Wassersug, R. (2006A). Effects of pelvic skeletal asymmetry on trunk movement: three-dimensional analysis in healthy individuals versus patients with mechanical low back pain. *Spine*, *31*(3), E71-E79.
- Al-Eisa, E., Egan, D., Deluzio, K., & Wassersug, R. (2006B). Effects of pelvic asymmetry and low back pain on trunk kinematics during sitting: a comparison with standing. *Spine*, *31*(5), E135-E143.
- Al-Eisa, E. (2010). Indicators of adherence to physiotherapy attendance among Saudi female patients with mechanical low back pain: a clinical audit. *BMC musculoskeletal disorders*, *11*(1), 124. doi: 10.1186/1471-2474-11-124.
- Andersson, G. B. (1999). Epidemiological features of chronic low-back pain. *The Lancet*, *354*(9178), 581-585.
- Assendelft, W. J., Morton, S. C., Yu, E. I., Suttorp, M. J., & Shekelle, P. G. (2004). Spinal manipulative therapy for low back pain. *Cochrane database syst Rev*, *1*(1).
- Bendová, P., Růžička, P., Peterová, V., Fričová, M., & Špringrová, I. (2007). MRI-based registration of pelvic alignment affected by altered pelvic floor muscle characteristics. *Clinical Biomechanics*, *22*(9), 980-987.
- Blonna, D., Zarkadas, P. C., Fitzsimmons, J. S., & O'Driscoll, S. W. (2012). Accuracy and inter-observer reliability of visual estimation compared to clinical goniometry of the elbow. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *20*(7), 1378-1385.
- Blyth, F. M., March, L. M., Nicholas, M. K., & Cousins, M. J. (2005). Self-management of chronic pain: a population-based study. *Pain*, *113*(3), 285-292.
- Boden, S. D., Davis, D. O., Dina, T. S., Patronas, N. J., & Wiesel, S. W. (1990). Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic patients. *J. Bone Joint Surg. Am*, *72*, 403-408.
- Bogduk, N. (齋藤昭彦監訳) . (2008). 腰椎・骨盤領域の臨床解剖学, 原著第4版. エルゼビアジャパン

- Bronfort, G., Haas, M., Evans, R. L., & Bouter, L. M. (2004). Efficacy of spinal manipulation and mobilization for low back pain and neck pain: a systematic review and best evidence synthesis. *The Spine Journal*, *4*(3), 335-356.
- Cairns, M. C., Foster, N. E., & Wright, C. (2006). Randomized controlled trial of specific spinal stabilization exercises and conventional physiotherapy for recurrent low back pain. *Spine*, *31*(19), E670-E681.
- Cassidy, J. D., Côté, P., Carroll, L. J., & Kristman, V. (2005). Incidence and course of low back pain episodes in the general population. *Spine*, *30*(24), 2817-2823.
- Cibulka, M. T., Delitto, A., & Koldehoff, R. M. (1988). Changes in Innominate Tilt After Manipulation of the Sacroiliac Joint in Patients with Low Back Pain An Experimental Study. *Physical Therapy*, *68*(9), 1359-1363.
- Clare, H. A., Adams, R., & Maher, C. G. (2004). A systematic review of efficacy of McKenzie therapy for spinal pain. *Aust J Physiother*, *50*(4), 209-216.
- Damen, L., Spoor, C. W., Snijders, C. J., & Stam, H. J. (2002). Does a pelvic belt influence sacroiliac joint laxity?. *Clinical Biomechanics*, *17*(7), 495-498.
- DonTigny, R. L. (1985). Function and pathomechanics of the sacroiliac joint a review. *Physical Therapy*, *65*(1), 35-44.
- Dufour, N., Thamsborg, G., Oefeldt, A., Lundsgaard, C., & Stender, S. (2010). Treatment of chronic low back pain: a randomized, clinical trial comparing group-based multidisciplinary biopsychosocial rehabilitation and intensive individual therapist-assisted back muscle strengthening exercises. *Spine*, *35*(5), 469-476.
- Elnaggar, I. M., Nordin, M., Sheikhzadeh, A., Parnianpour, M., & Kahanovitz, N. (1991). Effects of spinal flexion and extension exercises on low-back pain and spinal mobility in chronic mechanical low-back pain patients. *Spine*, *16*(8), 967.
- Endean, A., Palmer, K. T., & Coggon, D. (2011). Potential of MRI findings to refine case definition for mechanical low back pain in epidemiological studies: a systematic review. *Spine*, *36*(2), 160.
- Fast, A. (1988). Low back disorders: conservative management. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *69*(10), 880-891.
- Ferreira, M. L., Ferreira, P. H., Latimer, J., Herbert, R., & Maher, C. G. (2002). Does spinal manipulative therapy help people with chronic low back pain?. *Australian Journal of Physiotherapy*, *48*(4), 277-284.

- Ferreira, P. H., Ferreira, M. L., & Hodges, P. W. (2004). Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity. *Spine*, *29*(22), 2560-2566.
- Ferreira, P. H., Ferreira, M. L., Maher, C. G., Herbert, R. D., & Refshauge, K. (2006). Specific stabilisation exercise for spinal and pelvic pain: a systematic review. *Australian Journal of Physiotherapy*, *52*(2), 79-88.
- Ferreira, M. L., Ferreira, P. H., Latimer, J., Herbert, R. D., Hodges, P. W., Jennings, M. D., ... & Refshauge, K. M. (2007). Comparison of general exercise, motor control exercise and spinal manipulative therapy for chronic low back pain: a randomized trial. *Pain*, *131*(1-2), 31-37.
- Frymoyer, J. W. (1988). Back pain and sciatica. *The New England journal of medicine*, *318*(5), 291-300.
- Georgeu, G. A., Mayfield, S., & Logan, A. M. (2002). Lateral digital photography with computeraided goniometry versus standard goniometry for recording finger joint angles. *Journal of Hand Surgery (British and European Volume)*, *27*(2), 184-186.
- Gnat, R., & Saulicz, E. (2008). Induced static asymmetry of the pelvis is associated with functional asymmetry of the lumbo-pelvo-hip complex. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, *31*(3), 204-211.
- Gnat, R., Saulicz, E., Biały, M., & Kłaptocz, P. (2009). Does pelvic asymmetry always mean pathology? Analysis of mechanical factors leading to the asymmetry. *Journal of Human Kinetics*, *21*(1), 23-32.
- Hansen, H. C., McKenzie-Brown, A. M., Cohen, S. P., Swicegood, J. R., Colson, J. D., & Manchikanti, L. (2007). Sacroiliac joint interventions: a systematic review. *Pain Physician*, *10*(1), 165-184.
- Hides, J. A., Stokes, M. J., Saide, M. J. G. A., Jull, G. A., & Cooper, D. H. (1994). Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine*, *19*(2), 165-172.
- Jenkins, E. M., & Borenstein, D. G. (1994). Exercise for the low back pain patient. *Baillière's clinical rheumatology*, *8*(1), 191-197.
- Kaigle, A. M., Wessberg, P., & Hansson, T. H. (1998). Muscular and kinematic behavior of the lumbar spine during flexion-extension. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, *11*(2), 163-174.
- Kasai R. (2006). Current trends in exercise management for chronic low back pain: comparison between strengthening exercise and spinal segmental stabilization exercise. *J Phys Ther Sci*, *18*, 97-105.

- Kennedy, J. (2007). Active Therapeutic Movement (ATM) Therapy in a Chiropractic Clinic. *AMERICAN CHIROPRACTOR*, 29(5), 30.
- Kiapour, A., Abdelgawad, A. A., Goel, V. K., Souccar, A., Terai, T., & Ebraheim, N. A. (2012). Relationship between limb length discrepancy and load distribution across the sacroiliac joint—a finite element study. *Journal of Orthopaedic Research*, 30(10), 1577-1580.
- Koumantakis, G. A., Watson, P. J., & Oldham, J. A. (2005). Trunk muscle stabilization training plus general exercise versus general exercise only: randomized controlled trial of patients with recurrent low back pain. *Physical therapy*, 85(3), 209-225.
- Krawiec, C. J., Denegar, C. R., Hertel, J., Salvaterra, G. F., & Buckley, W. E. (2003). Static innominate asymmetry and leg length discrepancy in asymptomatic collegiate athletes. *Manual therapy*, 8(4), 207-213.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *biometrics*, 159-174.
- Lee, D., Lee, L.J., (2011). *The pelvic girdle*, 4th edition. New York: Churchill Livingstone.
- Levangie, P. K. (1999). The association between static pelvic asymmetry and low back pain. *Spine*, 24(12), 1234-1242.
- Lewis C, Barrett J, Lopez W, Pesce S, Smelser J, & Donaldson M. (2006, October). A pilot study of the ATM2TM (Active Therapeutic Movement) Device for use in the treatment of low back pain. The 12th annual meeting of the American Academy of Orthopaedic Manual Physical Therapists, North Carolina.
- Lewis, C., Erhard, R., & Drysdale, G. (2008). Kyphoscoliosis improvement while treating a patient for adhesive capsulitis using the active therapeutic movement version 2. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 31(9), 715-722.
- MacConaill, MA., Basmajian, JV. (1969). *Muscles and movements: a basis for human kinesiology*. Williams & Wilkins, USA, 165-167.
- Macedo, L. G., Maher, C. G., Latimer, J., & McAuley, J. H. (2009). Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain: a systematic review. *Physical Therapy*, 89(1), 9-25.
- Maigne, J. Y., Aivaliklis, A., & Pfefer, F. (1996). Results of sacroiliac joint double block and value of sacroiliac pain provocation tests in 54 patients with low back pain. *Spine*, 21(16), 1889-1892.

- Matsudaira, K., Konishi, H., Miyoshi, K., Isomura, T., Takeshita, K., Hara, N., ... & Machida, H. (2012). Potential risk factors for new onset of back pain disability in Japanese workers: Findings from the Japan epidemiological research of occupation-related back pain study. *Spine*, *37*(15), 1324-1333.
- May, S., & Johnson, R. (2008). Stabilisation exercises for low back pain: a systematic review. *Physiotherapy*, *94*(3), 179-189.
- Mayer, J., Mooney, V., & Dagenais, S. (2008). Evidence-informed management of chronic low back pain with lumbar extensor strengthening exercises. *The Spine Journal*, *8*(1), 96-113.
- McKenzie R. (1972). Manual correction of sciatic scoliosis. *NZ Med J*, *76*, 194-199.
- Moncrieff, M. J., & Livingston, L. A. (2009). Reliability of a digital-photographic-goniometric method for coronal-plane lower limb measurements. *Journal of sport rehabilitation*, *18*(2), 296-315.
- Murphy, P. L., & Volinn, E. (1999). Is occupational low back pain on the rise?. *Spine*, *24*(7), 691-697.
- Olson, M. W., Li, L., & Solomonow, M. (2004). Flexion-relaxation response to cyclic lumbar flexion. *Clinical Biomechanics*, *19*(8), 769-776.
- O'Sullivan, P. B., Phytty, D. M., Twomey, L. T., & Allison, G. T. (1997). Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine*, *22*(24), 2959-2967.
- Pai, S., & Sundaram, L. J. (2004). Low back pain: an economic assessment in the United States. *The Orthopedic Clinics of North America*, *35*(1), 1.
- Rackwitz, B., de Bie, R., Limm, H., von Garnier, K., Ewert, T., & Stucki, G. (2006). Segmental stabilizing exercises and low back pain. What is the evidence? A systematic review of randomized controlled trials. *Clinical rehabilitation*, *20*(7), 553-567.
- Richardson, C. A., Snijders, C. J., Hides, J. A., Damen, L., Pas, M. S., & Storm, J. (2002). The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine*, *27*(4), 399-405.
- Rydeard, R., Leger, A., & Smith, D. (2006). Pilates-based therapeutic exercise: effect on subjects with nonspecific chronic low back pain and functional disability: a randomized controlled trial. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, *36*(7), 472-484.

- Schamberger, W. (2002). *The malalignment syndrome*. Churchill Livingstone.
- Schmitt, H., Kappel, H., Moser, M. T., Cardenas-Montemayor, E., Engelleiter, K., Kuni, B., & Clarius, M. (2008). Determining knee joint alignment using digital photographs. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *16*(8), 776-780.
- Schwarzer, A. C., Aprill, C. N., & Bogduk, N. (1995). The sacroiliac joint in chronic low back pain. *Spine*, *20*(1), 31-37.
- Shekelle, P. G., Adams, A. H., Chassin, M. R., Hurwitz, E. L., & Brook, R. H. (1992). Spinal manipulation for low-back pain. *Annals of Internal medicine*, *117*(7), 590-598.
- Shirado, O., Doi, T., Akai, M., Hoshino, Y., Fujino, K., Hayashi, K., ... & Iwaya, T. (2010). Multicenter randomized controlled trial to evaluate the effect of home-based exercise on patients with chronic low back pain: the Japan low back pain exercise therapy study. *Spine*, *35*(17), E811-E819.
- Sihvonen, T., Partanen, J., Hanninen, O., & Soimakallio, S. (1991). Electric behavior of low back muscles during lumbar pelvic rhythm in low back pain patients and healthy controls. *Arch Phys Med Rehabil*, *72*(13), 1080-7.
- Slade, S. C., & Keating, J. L. (2006). Trunk-strengthening exercises for chronic low back pain: a systematic review. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, *29*(2), 163.
- Snijders, C. J., Vleeming, A., Stoeckart, R., & Mens, J. M. A. (1995). Biomechanical modeling of sacroiliac joint stability in different postures. *Spine*, *9*, 419-432.
- Stovall, B. A., & Kumar, S. (2010). Reliability of bony anatomic landmark asymmetry assessment in the lumbopelvic region: application to osteopathic medical education. *JAOA: Journal of the American Osteopathic Association*, *110*(11), 667-674.
- Stuge, B., Lærum, E., Kirkesola, G., & Vøllestad, N. (2004). The efficacy of a treatment program focusing on specific stabilizing exercises for pelvic girdle pain after pregnancy: a randomized controlled trial. *Spine*, *29*(4), 351-359.
- Sturesson, B., Selvik, G., & Udén, A. (1989). Movements of the sacroiliac joints. A roentgen stereophotogrammetric analysis. *Spine*, *14*(2), 162.
- Sturesson, B., Uden, A., & Vleeming, A. (2000). A radiostereometric analysis of movements of the sacroiliac joints during the standing hip flexion test. *Spine*, *25*(3), 364-368.

- Takahashi, N., Kikuchi, S., Konno, S., Morita, S., Suzukamo, Y., Green, J., & Fukuhara, S. (2006). Discrepancy between disability and the severity of low back pain: demographic, psychologic, and employment-related factors. *Spine*, *31*(8), 931-939.
- Timgren, J., & Soinila, S. (2006). Reversible pelvic asymmetry: an overlooked syndrome manifesting as scoliosis, apparent leg-length difference, and neurologic symptoms. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, *29*(7), 561-565.
- Trainor, T. J., & Wiesel, S. W. (2002). Epidemiology of back pain in the athlete. *Clinics in sports medicine*, *21*(1), 93-103.
- Van Tulder, M., Becker, A., Bekkering, T., Breen, A., Gil del Real, M. T., Hutchinson, A., ... & Malmivaara, A. (2006). Chapter 3 European guidelines for the management of acute nonspecific low back pain in primary care. *European Spine Journal*, *15*, s169-s191.
- Vleeming, A., Stoeckart, R., Volkers, A. C. W., & Snijders, C. J. (1990). Relation between form and function in the sacroiliac joint: Part I: clinical anatomical aspects. *Spine*, *15*(2), 130-132.
- Vleeming, A., Volkers, A. C. W., Snijders, C. J., & Stoeckart, R. (1990). Relation between form and function in the sacroiliac joint: Part II: Biomechanical aspects. *Spine*, *15*(2), 133-136.
- Vleeming, A., Buyruk, H. M., Stoeckart, R., Karamursel, S., & Snijders, C. J. (1992). An integrated therapy for peripartum pelvic instability: a study of the biomechanical effects of pelvic belts. *American journal of obstetrics and gynecology*, *166*(4), 1243-7.
- Vleeming, A., Mooney, V., & Stoeckart, R. (Eds.). (2007). *Movement, stability & lumbopelvic pain: integration of research and therapy*. Churchill Livingstone Elsevier.
- Wand, B. M., Bird, C., McAuley, J. H., Dore, C. J., MacDowell, M., & De Souza, L. H. (2004). Early intervention for the management of acute low back pain: a single-blind randomized controlled trial of biopsychosocial education, manual therapy, and exercise. *Spine*, *29*(21), 2350-2356.
- Weksler, N., Velan, G. J., Semionov, M., Gurevitch, B., Klein, M., Rozentsveig, V., & Rudich, T. (2007). The role of sacroiliac joint dysfunction in the genesis of low back pain: the obvious is not always right. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, *127*(10), 885-888.

- Williams, P. C. (1955). Examination and conservative treatment for disk lesions of the lower spine. *Clin Orthop*, 5, 28-40.
- Young, R. S., Andrew, P. D., & Cummings, G. S. (2000). Effect of simulating leg length inequality on pelvic torsion and trunk mobility. *Gait & Posture*, 11(3), 217-223.
- 遠藤健司, 金岡恒治. (2008). *最新 腰痛症ハンドブック*. シュプリンガー・ジャパン
- 福原俊一. (2004). *Roland-Morris Disability Questionnaire (RDQ) 日本語版マニュアル: 腰痛特異的 QOL 尺度*. 医療文化社.
- 藤縄理, 赤坂清和, & 亀尾徹. (2007). *マリガンのマニュアルセラピー 原著第5版*. 協同医書出版.
- 蒲田和芳, 杉野伸治, 山内弘喜. 骨盤・胸郭アライメント法(PTR プログラム). *理療* 38(4), 62-76.
- 平沼憲治, 岩崎由純 (監修), (2008). *コアコンディショニングとコアセラピー*. 講談社サイエンティフィク.
- 板場英行, 吉尾雅春編, (2010). *運動療法とは何か. 運動療法学総論 第3版*. 医学書院.
- 一瀬 浩志, 伊藤 一也, 杉野 伸治, 秋山 寛治, 根地嶋 誠, 蒲田 和芳 (2013). ATM2を用いた短時間の運動療法が体幹伸展時痛を有する腰痛患者の骨盤アライメント、下位胸郭横径拡張および疼痛に及ぼす即時効果. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 21(3), 725-730.
- 伊藤 俊一, (2008). 腰痛に対する多施設間共同研究実践モデル. *理学療法学*, 35(8), 435-438.
- 加賀谷善教, 大畑健太郎, (2005). 腰痛発生機序からみた運動療法の選択. *スポーツトレーニング科学*, 6, 44-48.
- 菊池臣一. (2005). 腰痛に対する新しい概念. *ジェロントロジーニューホライズ*, 17, 76-81
- 菊池臣一. (2003). *腰痛*. 初版. 東京. 医学書院.
- 菊池臣一. (2009). *非特異的腰痛のプライマリ・ケア*. 初版. 東京. 三輪書店.
- 厚生労働省, 安全衛生関係統計等一覧.  
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei11/> (2013年3月1日)
- 厚生労働省, 国民生活基礎調査. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/20-21kekka.html> (2013年3月1日)

- 増田圭太, 伊藤一也, 宮園真輔, 岡西奈津子, & 蒲田和芳. (2008). 108 腰痛治療器 ATM2 による体幹屈曲エクササイズが健常者の体幹可動域に及ぼす即時効果: 無作為化対照研究 (骨・関節系理学療法, 一般演題 (ポスター発表演題), 第 43 回日本理学療法学会). *理学療法学*, *35*(2), 80.
- 松平浩. (2012). FORUM 学会報告 第 41 回日本脊椎脊髄病学会 腰痛の新たな概念: 運動器 (脊椎) dysfunction と脳 dysfunction の共存. *Practice of pain management: 学際的治療による有効な疼痛マネジメントを追求する*, *3*(3), 202-211.
- 日本整形外科学会, 日本腰痛学会 (2012). 腰痛診療ガイドライン 2012. 南江堂
- 根地嶋誠, 杉浦武, 久保裕介, 小堀かおり, 蒲田和芳, 横山茂樹, & 大城昌平. (2011). 機械的腰痛患者に対する骨盤・胸郭固定による等尺性運動が疼痛および QOL に与える影響: ATM [R] 2 を利用した運動療法. *理学療法科学*, *26*(2), 225-230.
- 白土修. (2008). *腰痛 診断と治療の基礎, 腰痛の理学療法*. 三輪書店
- 関口美穂, 菊池臣一. (2008). *腰痛の病態と治療 新しい概念と戦略, 腰痛の理学療法*. 三輪書店
- 対馬 栄輝, (2009). 異常歩行の運動学的・運動力学的分析(II). *理学療法*, *26*(1), 97-105.
- 対馬栄輝, & 石田水里. (2003). デジタル画像上の角度測定における検者間・検者内信頼性. *理学療法科学*, *18*(3), 167-171.

## 腰痛に関するアンケート調査 (RDQ)

腰が痛い、ふだんやっていることがなかなかできなくなることがあります。以下の項目は、腰が痛いときに起こることを表したものです。この中に、あなたの「今日」の状態にあてはまるものがあるかもしれません。項目を読みながら、今日のあなたの状態を考えてみてください。あなたの状態にあてはまる場合には「はい」に、あてはまらない場合には「いいえ」に○をつけて下さい。

## 今日、腰痛のために：

1	腰痛のため、大半の時間、家にいる	はい	いいえ
2	腰痛を和らげるために、何回も姿勢を変える	はい	いいえ
3	腰痛のため、いつもよりゆっくり歩く	はい	いいえ
4	腰痛のため、ふだんしている家の仕事を全くしていない	はい	いいえ
5	腰痛のため、手すりを使って階段を上る	はい	いいえ
6	腰痛のため、いつもより横になって休むことが多い	はい	いいえ
7	腰痛のため、何かにつかまらなると、安楽椅子(体を預けて楽に座れる椅子、深く腰掛けた姿勢)から立ち上がれない	はい	いいえ
8	腰痛のため、人に何かしてもらうよう頼むことがある	はい	いいえ
9	腰痛のため、服を着るのにいつもより時間がかかる	はい	いいえ
10	腰痛のため、短時間しか立たないようにしている	はい	いいえ
11	腰痛のため腰を曲げたりひざまずいたりしないようにしている	はい	いいえ
12	腰痛のため、椅子からなかなか立ち上がれない	はい	いいえ
13	ほとんどいつも腰が痛い	はい	いいえ
14	腰痛のため、寝返りがうちににくい	はい	いいえ
15	腰痛のため、あまり食欲がない	はい	いいえ
16	腰痛のため、靴下やストッキングをはくとき苦労する	はい	いいえ
17	腰痛のため、短い距離しか歩かないようにしている	はい	いいえ
18	腰痛のため、あまりよく眠れない(痛みのために睡眠薬を飲んでいる場合は「はい」を選択して下さい)	はい	いいえ
19	腰痛のため、服を着るのを誰かに手伝ってもらう	はい	いいえ
20	腰痛のため、一日の大半を、座って過ごす	はい	いいえ
21	腰痛のため、家の仕事をするとき力仕事をしないようにしている	はい	いいえ
22	腰痛のため、いつもより人に対していらいらしたり腹が立ったりする	はい	いいえ
23	腰痛のため、いつもよりゆっくり階段を上る	はい	いいえ
24	腰痛のため、大半の時間、ベッド(布団)の中にいる	はい	いいえ