

2013年度修士論文

姿勢の違いが歩行と筋活動に与える影響

立命館大学大学院

スポーツ健康科学研究科

スポーツ健康科学専攻博士課程前期課程2回生

6232120016-3

藤谷 亮

# 姿勢の違いが歩行と筋活動に与える影響

立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科 博士課程前期課程2回生 藤谷亮

## 要旨

キーワード：異常姿勢、歩行分析、筋活動

### 【背景】

異常姿勢は関節や筋の構造に影響し、それらは頭痛、腰痛、肩こり、下肢関節疾患や抑うつ  
の発症と強く関連している。スポーツの現場でも、腰椎前弯症やスウェイバックとい  
った異常姿勢は肉離れや膝関節疾病の発生率が高い。これまで異常姿勢が立位や座位など静  
的な条件での検討されているものの、動的な検討はなく、下肢関節への影響を含め、まだ  
異常姿勢が身体に与える影響に関して不明な点が多い。

### 【目的】

本実験は同一被験者に異なる姿勢をとらせ歩行を計測し、歩行時の関節角度変位、筋活動  
を測定、検討することで、異常姿勢が動作時に下肢や体幹筋に及ぼす影響を明らかにする  
こととした。理想的姿勢とされる骨盤直立姿勢を基準とし、異常姿勢であるスウェイバッ  
ク、骨盤前傾姿勢と比較することで、それぞれの異常姿勢が動作に与える影響を検討する。  
また理想的姿勢を検討することで、姿勢改善の効果検証およびリハビリテーション、健康  
増進につなげることを目的とする。

### 【方法】

健康成人男性15名(年齢:24.3±3.4歳,身長:172.3±3.7cm,体重:65.1±7.9kg)を対象とした。  
全身49点の3次元座標値を、モーションキャプチャシステム(Motion Analysis CO, LTD,  
200Hz, 16台)で計測した。筋活動を筋電計(MQ16, KISSEI COMTEC CO, LTD, 1000Hz,  
8ch)を用い、体幹・股関節の表層筋(脊柱起立筋、腹直筋、外腹斜筋、大腿直筋、縫工筋)  
と深層筋(多裂筋、内腹斜筋、腸腰筋)のいずれも右側に貼付した。被験者は、歩行速度を  
一定にするためトレッドミル上にて姿勢条件①骨盤直立(NU)、②骨盤前傾(LO)、③ス  
ウェイバック(SW)をランダムにとらせ、その際の歩行および筋活動を計測した。そこ  
から歩行周期ごとの骨盤角度と下肢関節角度、重心変位、各筋活動を求めた。

### 【結果と考察】

NUでは歩行周期全般で骨盤変位を認めず、有意な内腹斜筋の活動量増加( $P < 0.01$ )を認めた。LOでは、遊脚終期からの立脚初期の骨盤回旋角度の増加( $P < 0.01$ )、前方重心を認めた( $P < 0.01$ )。筋活動では歩行周期全般で脊柱起立筋および多裂筋の活動量増加( $P < 0.01$ )を認めた。内腹斜筋においては歩行周期全般でNUよりも活動量が低下( $P < 0.01$ )を認めた。SWでは立脚初期の側方傾斜、股関節、膝関節屈曲、足関節背屈角度が有意に増加した( $P < 0.01$ )、また重心位置の低下を認めた( $P < 0.01$ )。筋活動においては、歩行周期全般で腹直筋の活動量増加( $P < 0.01$ )、内腹斜筋、腸腰筋の活動低下( $P < 0.01$ )。また立脚初期の大腿直筋、縫工筋の活動量増加( $P < 0.01$ )を認めた。

以上のことからNUは内腹斜筋の活動に伴い、体幹が安定化することで骨盤変位が減少。LOでは体幹前傾姿勢に対する姿勢保持に背筋群の活動が亢進し、その結果接地時の衝撃吸収に骨盤回旋が生じていると考える。SWは胸椎後弯に対して身体を保持するため、下肢に屈曲反応が生じ、体幹・下肢の表層筋の筋活動が増加する。その二次的影響として骨盤傾斜が増加すると考えられる。

### 【結論】

LO、SWの異常姿勢はいずれも歩行および筋活動に影響を与える。それらは姿勢変化に伴い立脚初期の荷重応答が変化することで、歩行時の骨盤動揺を増加させる。それに対し一般的な姿勢指導に用いられるNUは体幹深層筋の活動が賦活化することで、それら異常姿勢時の骨盤変位を有意に減少させる。

## **“The influence of different standing postures on gait and muscle activity”**

### **Abstract**

Key word: abnormal posture, gait analysis, muscle activity

#### [Purpose]

There is no research about the effect that abnormal posture gives movement. There are many questions about the effect of abnormal posture on body. This experiment made the same subject take the different posture and measured a joint angle and muscle activity in walking and reviewed the effect that abnormality posture gave to movement.

#### [Method]

The subject was 15 normal men ( $24.3 \pm 3.4$  age). I measured a three-dimensional coordinate value of 49 points of whole bodies in motion capture system (Motion Analysis company, 200Hz, 16units). I recorded muscle activity on outer muscle (erector muscle of spine, rectus abdominis muscle, obliquus externus abdominis muscle) and inner muscle (musculus multifidus, obliquus internus abdominis muscle) with the trunk using electromyograph (MQ16, KISSEI COMTEC CO, LTD, 1kHz, 8ch).

Furthermore, we put electrodes on outer muscle (rectus femoris muscle, musculus sartorius) and inner muscle (iliopsoas muscle) of the hip joint flexor. I used the treadmill by keeping walking speed constantly. The posture requirements made each attitude taken in ① pelvis standing straight (NU) and ② sway-back (SW) and ③ lumbar lordosis (LO) at random and measured a gait and muscle activity. We calculated a pelvic angle, the lower leg joint angle, the center of gravity position, and each muscle activity from every gait cycle.

#### [Results and Discussion]

NU did not accept significant pelvis displacement and showed high muscle activity of the obliquus internus abdominis muscle ( $P < 0.01$ ) in a gait cycle.

LO showed forward center of gravity ( $P < 0.01$ ) and an increase of pelvis rotation angle

of initial stance ( $P < 0.01$ ). Increased activity was observed in high erector spine / multifidus ( $P < 0.01$ ) through the gait cycle. Internal oblique muscle showed the lower activity than NU ( $P < 0.01$ ).

In SW, hip/knee flexion angle, ankle dorsiflexion and the degree of pelvic inclination of initial stance showed a significant increase ( $P < 0.01$ ). The muscle activity showed decreased activity of internal oblique muscle / iliopsoas activity ( $P < 0.01$ ) and an increase in the amount of the rectus abdominis muscle in SW. I observed muscle activity increase in the amount of rectus femoris / sartorius initial stance ( $P < 0.01$ ). SW bend Lower limbs to hold posture against retroversion of the trunk, and it is thought that activity of an outer trunk muscle and of outer muscle the lower limbs increases. In LO, back muscle activity increase for posture maintenance against the trunk anteversion and therefore pelvis rotation occurs.

[Conclusions]

We suggested that the abnormal posture of SW/LO affects the gait and muscle activity, and that they showed pelvis instability in walking. We also suggested that NU are useful as guidance posture at the time of the gait because NU can make decrease of pelvis displacement and increase of activity of the inner trunk muscle increases.

## 目次

<b>第1章緒論</b> .....	1
1.1研究の背景.....	1
1.1.1姿勢とは.....	1
1.1.2良い姿勢とは.....	1
1.1.3姿勢と健康.....	3
1.1.4異常姿勢に関する先行研究.....	4
1.1.5姿勢と歩行.....	5
1.2研究の目的.....	5
1.3本論文の構成.....	5
<b>第2章方法</b> .....	7
2.1被験者.....	7
2.2実験条件.....	7
2.3姿勢の規定.....	8
2.4データ収集.....	9
2.5データ処理.....	10
2.6測定項目および算出方法.....	11
2.6.1体幹部分および下肢関節角度.....	11
2.6.2筋電図測定部位.....	12
2.7統計処理.....	14
<b>第3章姿勢の違いが歩行に与える影響</b> .....	15
3.1結果.....	15
3.1.1ケイデンスステップ長.....	15
3.1.2姿勢条件.....	16
3.1.3歩行周期.....	18
3.1.4骨盤・下肢関節角度と重心変位.....	19
3.2考察.....	24
3.2.1骨盤直立姿勢が歩行に与える影響.....	24
3.2.2骨盤前傾姿勢が歩行に与える影響.....	25
3.2.3スウェイバック姿勢が歩行に与える影響.....	25

<b>第4章姿勢の違いが筋活動に与える影</b> .....	27
4.1結果.....	28
4.1.1体幹背側の筋活動.....	28
4.1.2体幹腹側の筋活動.....	30
4.1.3股関節屈筋の筋活動.....	32
4.1.4骨盤直立姿勢と骨盤前傾姿勢の比較.....	34
4.1.5骨盤直立姿勢とスウェイバック姿勢の比較.....	35
4.2考察.....	36
4.2.1骨盤直立姿勢が筋活動に与える影響.....	36
4.2.2骨盤前傾姿勢が筋活動に与える影響.....	36
4.2.3スウェイバック姿勢が筋活動に与える影響.....	37
<b>第5章総合討論</b> .....	39
5.1骨盤直立姿勢が歩行と筋活動に与える影響.....	39
5.2骨盤前傾姿勢が歩行と筋活動に与える影響.....	39
5.3スウェイバック姿勢が歩行と筋活動に与える影響.....	40
5.4本実験設定での限界.....	42
<b>第6章結論</b> .....	43
文献.....	44

## 第1章 緒論

### 1.1 研究の背景

#### 1.1.1 姿勢とは

近年高齢化社会を背景に人々の健康維持・増進への関心が高まっている。特に姿勢に関しては様々なメディアで多く取り上げられるようになり、健康増進の現場でも姿勢を計測し、その特徴を基にエクササイズを提供している(寺尾ら,2004)。こうした高まる関心の背景には、姿勢の美しさなど美容的な側面に加え、姿勢の崩れから生じる健康被害を食い止めたいと期待する傾向があるものと思われる。

そもそも姿勢とは広辞苑によると ① からだの構え。からだのさま。からだつき。② 事に当たる態度とある。姿勢という言葉は、身体の構えあるいは形態を意味するが、比喩的に態度や心構えを指すこともある(大島ら,1969)。これは古くから人々は姿勢という言葉を手からだの構えだけではなく、心や精神状態とも密接な関係性があるものとして扱ってきたからだと言える。喜び、幸福感、自信などは、伸展位が支配的な姿勢となって表れ、不幸や劣等感は屈曲位が顕著な姿勢となって表れる(中村ら,2012)。また異常姿勢を持つものでは抑うつ傾向が高くなる(Oatis,2012)。これは姿勢概念が心身状態を示すこと、もとより人が無意識に心身を映す鏡として姿勢を重要視してきたことが伺える。

姿勢を狭義の意味、つまり身体の構えとしてとらえた場合に、姿勢研究の第一人者であるKendall(2006)は、姿勢とは、運動に対する身体の全関節の肢位を合成したもので、姿勢は筋バランスという観点からも記述できると述べている。したがって力学的側面での狭義の姿勢とは単に物体としての身体の位置関係だけではなく、重力に抗する上での筋活動も含んで考えられるものということになる。

#### 1.1.2 良い姿勢とは

“良い姿勢”と“悪い姿勢”を判断する評価基準はどこに視点をおくかで異なる。力学的には物体としての安定性や効率などが問題となり、形態学的には脊椎、関節や筋の構造、神経学的には神経・筋活動や反射・反応など、運動生理学的には疲労、循環、エネルギー代謝など、心理学的には性格、心理状態などが評価する時の問題点となる。美容や踊りの立場からはプロポーション、表現方法などが中心となる。同一の姿勢でもそれぞれの立場によって異なった意義をもち、理解・評価される(中村ら,2012)。



力学的に良い姿勢とはストレスや緊張が最少の状態での身体の最も効率的な状態であるとされている。具体的には脊柱は正常なカーブを描き、下肢は荷重に対して理想的なアライメントである。骨盤は直立位で腹部・体幹・下肢に対して良いアライメントになっている。頭部は直立し、頸部の筋群に最少のストレスしか加わらないバランスの取れた位置にあると説明されている(Kendall et al.,2006)。

リハビリテーションや健康増進現場で理想的指導姿勢に用いられる骨盤直立姿勢は先行研究から座位・立位といった静的姿勢条件で内腹斜筋や多裂筋といった深層筋の筋活動が増加し、脊柱起立筋や腹直筋といった表層筋の筋活動減弱を示す(O'Sullivan et al.,2002; O'Sullivan et al.,2006)。また骨盤直立姿勢は頸部の筋群のストレスを最小にする(Caneiro et al.,2010)。これにより骨盤直立姿勢がKendallの示す“良い姿勢”の定義を満たしていると考えられる。しかし、骨盤直立姿勢に関しては未だ動的な検討はされていないため、骨盤直立姿勢を“良い姿勢”とするには動作時の効率や体幹・下肢関節へのストレスを検討することが必要である。

### 1.1.3 姿勢と健康

リハビリテーション、健康増進の現場では、姿勢の異常が関節や筋の構造に影響を与え、という前提のもとに姿勢評価が行われている(Morris et al.,1992;Kendall et al.,2006)。代表的な異常姿勢として、骨格筋等の収縮要素を使用せず、非収縮要素(靭帯や関節包など)の伸張性に依存した姿勢を受動姿勢(スウェイバックなど)といい(Sahrmann et al.,2005)、近年それらが頭痛、腰痛、肩こり、下肢関節疾患や抑うつと強く関連していると言われている(Culham et al.,1994; Nicolakis et al.,2000;Nicholson et al.,2001)。

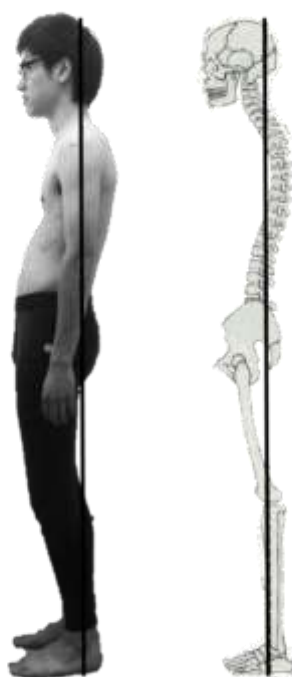


図 1 スウェイバック姿勢

疫学的調査で61%の高齢者に脊柱後弯姿勢がみられたとしている(黒川.,1987)。このように高齢者では、脊柱後弯姿勢を呈する割合は高く、脊柱後弯変形は高齢者の代表とする病態の一つであると。また脊柱後弯を呈する高齢者は、腰痛や膝関節痛等の関節痛を生じる事が多く(前島ら,2004;黒川ら,2010;森藤ら,2010)、かつ転倒の恐怖心から歩行困難感を抱いている(広瀬ら,2007)。また、脊柱後弯姿勢への不満も抱いており、外出機会の減少、QOLの低下を伴うと報告されている(Glassman et al.,2005;川田,2006)。

スポーツ現場でも、サッカー選手の姿勢と疾病に関する調査において腰椎前弯症やスウ

エイバックでは肉離れ、膝関節の疾病が有意に高い発生率を示す(Watson.,1995)。異常姿勢は筋骨格系の異常や患者の訴えと関連している(Dankaerts et al.,2006)。しかし、一般的に考えられている異常姿勢と筋骨格系における機能障害との関係については、客観的なエビデンスが得られていない。これらの関連性は先行研究より存在すると考えられるが、より明確に関連性を示すためには、異常姿勢が動作時にもたらす影響についての研究や姿勢に対する治療により疼痛や他の機能障害が軽減することを証明する研究が必要である。

#### 1.1.4 姿勢異常に関する先行研究

二次成長後の静的姿勢の検討において、異常姿勢であるスウェイバックは 31.1%、骨盤前傾姿勢は 27.2%存在したとしている(Dolphens et al.,2014)。このように異常姿勢は珍しいものではなく存在し、青年期から生じている問題と言える。またこの時スウェイバックを持つ被験者で、骨盤直立姿勢と比較して有意に腰痛や頸部痛の発症を認めたとしている(Mitchell et al.,2008;Dankaerts et al.,2006)。

静的な研究において脊柱と骨盤傾斜を変化させることで、体幹の表層筋と深層筋の活動が大きく変化することが分かっている。立位姿勢では骨盤直立姿勢からスウェイバック姿勢に変化させることで、姿勢保持に関与する深層筋：多裂筋、内腹斜筋の活動が減弱し、表層筋：腹直筋の活動が亢進する(O'Sullivan et al.,2002.,2006)。座位での検討でも骨盤直立姿勢と、胸椎伸展姿勢(胸を張った姿勢)、スランプ姿勢の比較でも立位同様に骨盤直立姿勢がもっとも深層筋の活動が亢進し、表層筋の活動減弱を示した。胸椎伸展姿勢は表層筋の活動の亢進と、深層筋の減弱を認め、受動姿勢であるスランプ姿勢はスウェイバック同様に深層筋の減弱を認めた。

治療観点から慢性的な腰痛・頸部痛をもつ患者において運動プログラムよりも骨盤直立を意識した姿勢教育を行うことで自覚症状を軽減させた(Bonetti et al.,2010)。姿勢は増悪することで症状が出現するだけでなく、動作・姿勢指導により症状が軽減できる。しかし、その動作・姿勢指導に関してどのような指導が効果的なのかを示すエビデンスはない。このように健常成人における静的姿勢の検討はされているものの、動的な検討が少ないため、異常姿勢が身体に与える影響に関して不明な点が多い。

### 1.1.5 姿勢と歩行

歩行は人間が最も簡便に用いる移動手段である。近年、健常成人でも歩行時に自然な体幹傾斜が存在することが注目され、国内外で体幹を前方傾斜、後方傾斜させた歩行の分析は行われている(Saha et al.,2008; 佐久間ら,2010)。しかし、この際の脊柱・骨盤姿勢の関与や筋活動に関しての検討は行われていない。高齢者の姿勢と歩行研究では、高齢者の姿勢を用いて小さな姿勢変化が脊柱・下肢に大きな影響を与え、バランス機能が変化することを示している(前島ら,2004;Rubenstein, et al.,2006)。また質量の重い体幹部の変化は歩行や動作時に下肢関節に影響を及ぼす(Mitnitski, et al.,1998;Leteneur et al.,2009)。

先行研究において姿勢(脊柱や骨盤傾斜)を変化させることで、筋活動が変化することはわかっている。ここから姿勢変化が歩行に影響を与えるものと考えられる。しかし、現在のところ静的な検討が中心で、異常姿勢が動作や下肢関節への影響についての検討はない。また理想的姿勢とされる骨盤直立姿勢の影響に関しても動的な検討はなく、姿勢教育・姿勢改善が身体に与える影響についても不明な点が多い。したがって理想および異常姿勢が疾病・健康増進・スポーツ場面で与える影響を検討する上で歩行に与える影響を検討する必要がある。

## 1.2 研究の目的

本実験は健常成人を対象とし、同一被験者において姿勢を変化させ動作を計測し、動作時の関節角度変位、筋活動を測定・検討することで、異常姿勢が動作時に下肢や体幹筋に及ぼす影響を明らかにすることとした。姿勢指導に用いられる骨盤直立姿勢を基準として、スウェイバックと骨盤前傾姿勢の二つの異常姿勢を比較することで、異常姿勢が歩行動作に与える影響を検討し、異常動作と機能障害との関係を検討する。また理想的姿勢時の歩行を検討することで、姿勢改善の効果から障害予防およびリハビリテーション、健康増進につなげることを目的とする。

## 1.3 本論文の構成

本論文の構成は以下に記す通りである。第2章では、本研究の方法について記した。第3章では、異なる姿勢が歩行に与える影響について記した。第4章では、異なる姿勢が歩行

時の筋活動に与える影響について記した。そして、第 5 章では、第 3・4 章から得られた知見を総合的に検討し、本研究の目的である、異常姿勢が歩行と筋活動に与える影響および骨盤直立姿勢が歩行および筋活動に与える影響について記した。第 6 章では、結論を記した。

## 第 2 章 方法

### 2.1 被験者

健常男子学生 15 名（年齢：24.3±3.4 歳, 身長:172.3±3.7cm, 体重:65.1±7.9kg）を対象とした。実験に先立って被験者に研究の目的、実験内容、データの取り扱いなどを説明し、協力の同意と署名を得た。なお本研究は、事前に立命館大学生命倫理委員会の「ヒトを対象とする研究倫理」の規定に基づき、各被験者に実験を行う前に、研究の目的・実験内容の承認【BKC-IRB-2011-06】を得たものである。

### 2.2 実験条件

同一被験者に 3 つの姿勢条件をとらせた状態での歩行と筋活動を計測した。歩行時の筋活動は速度に比例すること(Oatis,2012)から、速度を一定にするためトレッドミル上で測定を行い、歩行速度は日本人の平均平地歩行速度を参考とし、5.0km/h とした(山崎ら,1990)。3 つの姿勢条件は、条件 1：基準姿勢の骨盤直立位( Neutral ; 以下 NU)、条件 2：スウェイバック姿勢(Sway-back ; 以下 SW)、条件 3：骨盤前傾姿勢(Lordosis ; 以下 LO)とした。異なる姿勢条件を験者の指示に対して直ちにとれるように姿勢練習を行った。姿勢指導は、同一験者が指導を行い、測定はランダムに行った。

すべての歩行条件において、各条件の開始前に実験環境に慣れさせるため十分な練習を行わせた。測定に関しては歩行開始から 10 歩以上歩いた地点から開始し、10 歩行周期以上測定を行った。各条件において 2 回以上試技を行い、歩行中に著しく体幹の姿勢が変化した試技や不自然であると験者が判断した場合はやり直しさせた。

### 2.3 姿勢の規定

今回行った姿勢条件は、先行研究から健常成人の最も多くみられる異常姿勢である SW、骨盤前傾姿勢の検討を行なった。それぞれの姿勢定義は、SW は骨盤が前方に突き出した姿勢で、胸椎後弯の増強、腰椎前弯、骨盤の後傾および体幹の後方傾斜と定義されている。また LO は、骨盤の前傾に対して同様に腰椎の前弯が増強した姿勢で、体幹が前方傾斜している(Sahrmann et al.,2005;Kendall.,2006; Leteneur et al.,2009)。

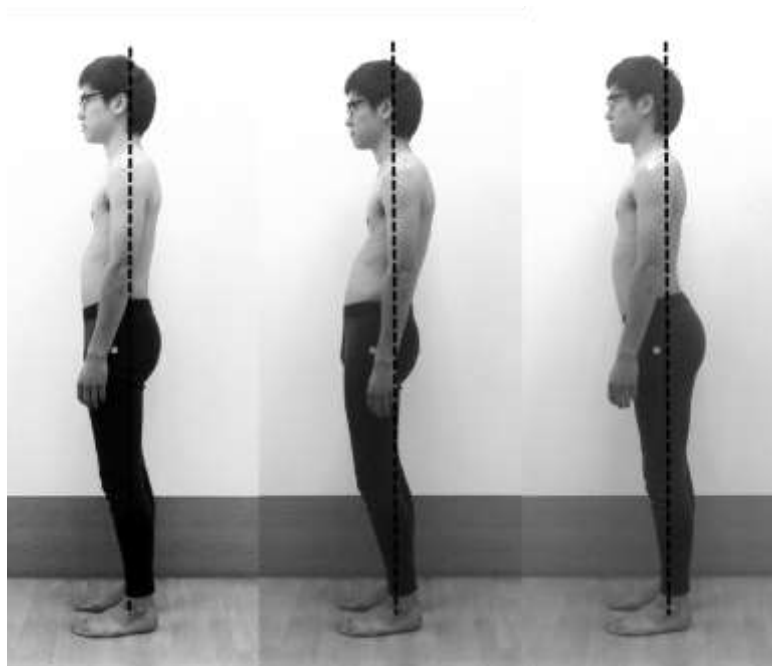


図 2 姿勢条件

(左から順に、条件 1 : 骨盤直立 : (NU)、条件 2 : スウェイバック : (SW)、条件 3 : 骨盤前傾 : (LO))

今回上記の姿勢定義を満たしているかを、SW は①胸椎後弯角度の増加、②腰椎前弯の増加、③骨盤の後方傾斜、LO は①骨盤前傾角度の増加、②腰椎前弯の増強という先行研究で示された特徴から規定し、歩行周期全般において条件とした特徴を認めることを確認した。

## 2.4 データ収集

全身の解剖学的特徴点に 49 点の反射マーカ―を貼付し、それぞれの 3 次元座標値を 16 台のカメラ(200Hz)を用い 3 次元モーションキャプチャシステム(Raptor-E Digital Real Time System, Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, CA, USA)で計測した。計測から得られた解剖学的特徴点の 3 次元座標値は、2 次のバターワース型ローパスフィルターを用いてカットオフ周波数 7 Hz で平滑化した。グローバル座標系の X 軸・Y 軸・Z 軸はそれぞれトレッドミルに対して前後・左右・鉛直方向とした。

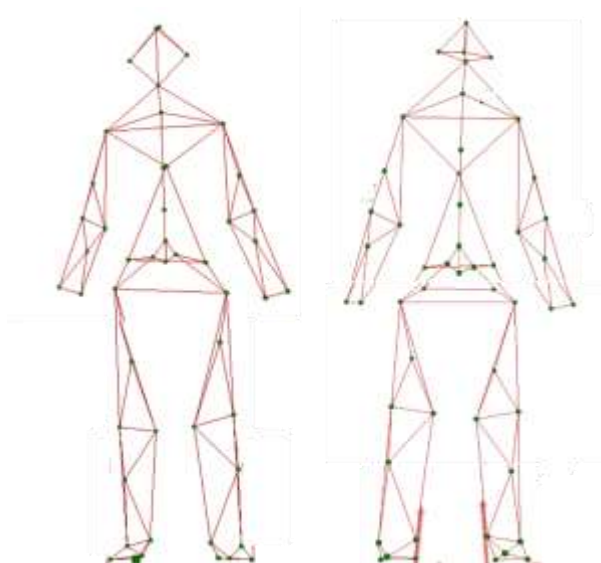


図 3 マーカ―セット



図 4 実験風景



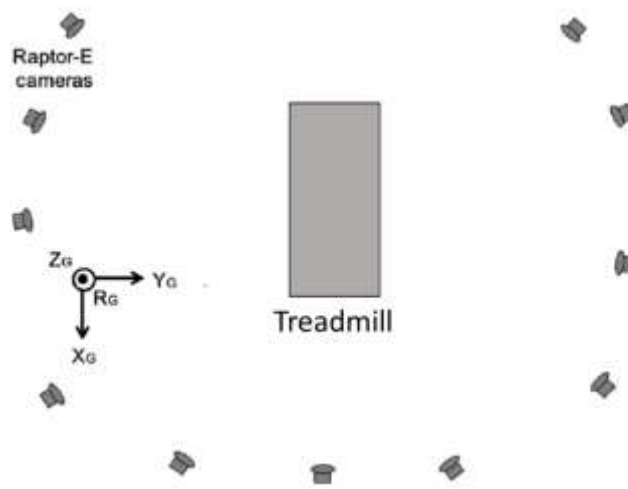


図 5 実験設定

筋活動の測定は表面筋電図を使用し、歩行中の筋活動を計測。表面電極にはセンサ部分  $1\text{cm} \times 1\text{cm}$  の ディスポーザブル電極(Ag/AgCl)を使用。十分な皮膚処理を行った後、電極間距離  $1.0\text{cm}$  で貼付。筋電図は、テレメトリー型筋電計(MQ16,KISSEI COMTEC CO,LTD, Japan)用い、記録周波数帯域  $20\text{-}500\text{Hz}$  で双極導出にて記録  $1000\text{Hz}$  のサンプリング周波数で専用のソフトウェア (VitalRecorder2、KISSEI COMTEC CO, LTD ,Japan) を用いてパーソナルコンピュータに記録。動作解析ソフト(Kine Analyzer、KISSEI COMTEC CO, LTD ,Japan) を用いて、トリガー信号を基に動作データと同期を行なった。フィルタ処理、整流処理を行い、各測定筋において等尺性最大収縮を行わせ、MVC を基準に歩行周期に合わせ正規化した。

## 2.5 データ処理

分析対象条件において踵接地から次の同側の踵接地までの 1 歩行周期を分析対象範囲とした。関節中心は各関節の両側に貼付したマーカーの midpoint とし、股関節については臨床歩行分析研究会の推定法(江原ら,1997)をもとに関節中心を推定した。そして、1 歩行周期を  $100\%$  として座標データを規格化し、各被験者について 2 回の試技の平均値を各被験者データとした。歩行の期分けは、15 名の条件ごとに平均値を基に算出した。いずれの条件にお

いても歩行周期の 0~65%を立脚期、66~100%を遊脚期とした。なお、重心位置の算出には江原らの算出方法に基づき、剛体リンクモデルに近似して算出した(江原ら.,2001)。

## 2.6 測定項目および算出方法

### 2.6.1 体幹部分角度および下肢関節角度

下図に示したように、体幹部分角度および下肢関節角度を求めた。

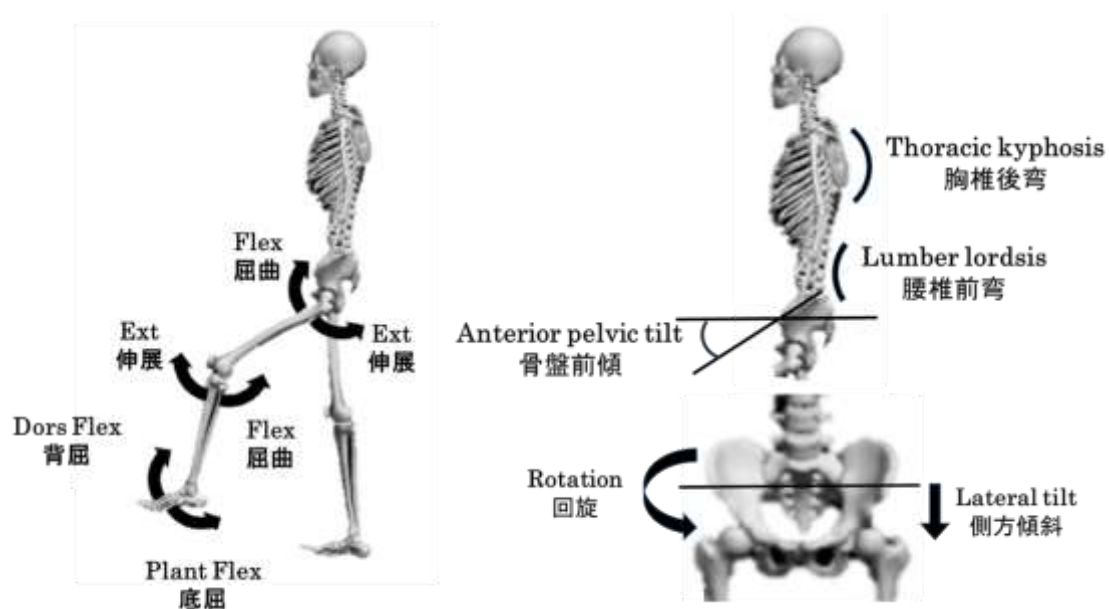


図 6 体幹および下肢関節角度定義

## 2.6.2 筋電図測定部位

測定部位は体幹腹側背側に位置する表面筋電図で計測可能な表層筋と深層筋で図7に示す部位に先行研究を参考に電極を貼付した(Ng et al.,2008;三浦,2012)。被験筋は8筋で体幹の表層筋(脊柱起立筋、腹直筋、外腹斜筋)と深層筋(多裂筋、内腹斜筋)にいずれも右側に貼付した。下肢に関しても同様に股関節屈筋の表層筋(大腿直筋、縫工筋)と深層筋(腸腰筋)に対して電極を貼付した。腸腰筋に関しては超音波画像法を用いて、縫工筋等とクロストークのない部位を同定し、電極貼付位置を決定した。

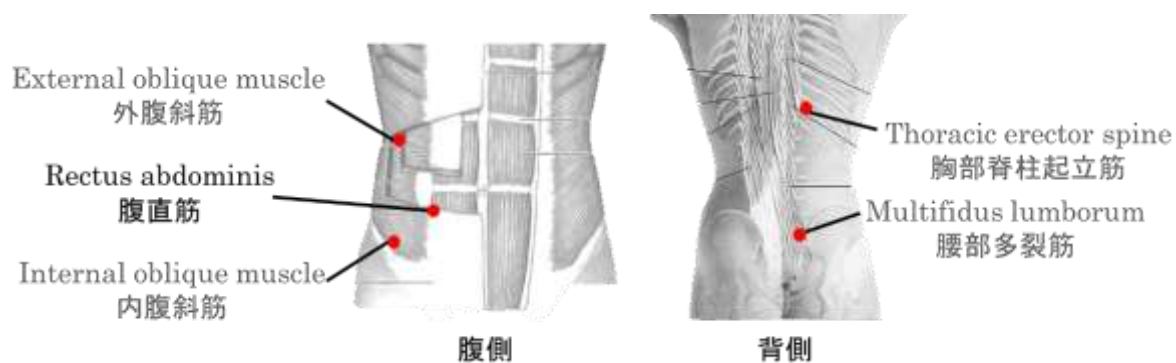


図7 体幹電極貼付部位

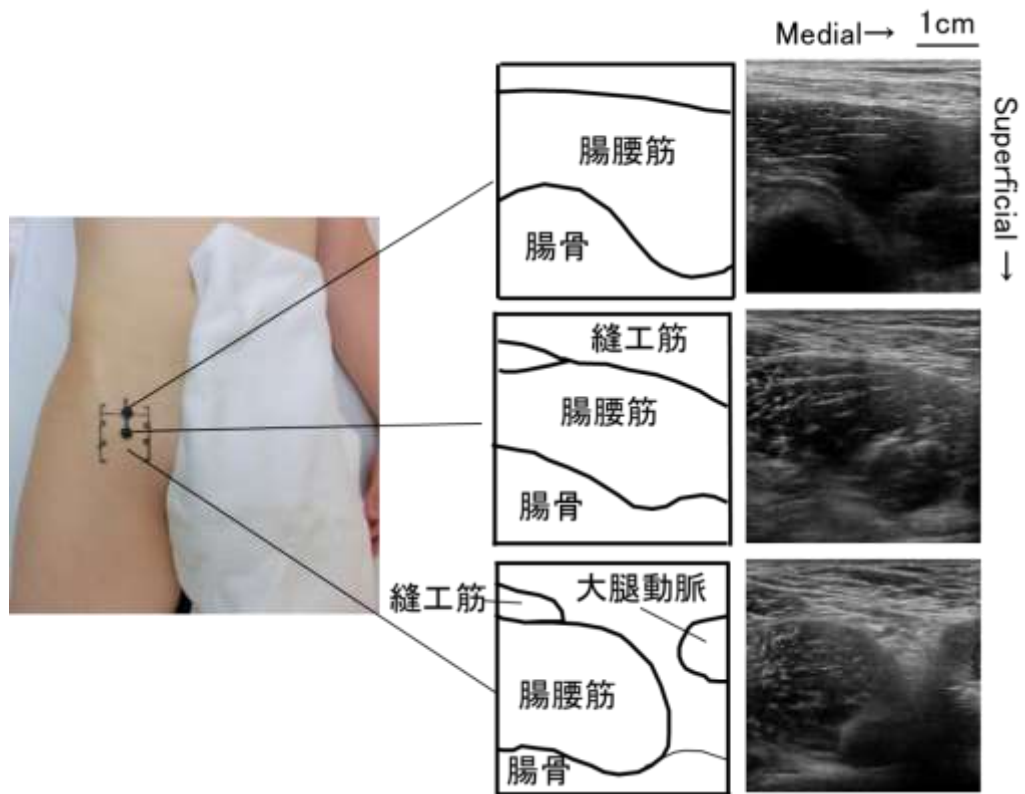


図 8 超音波画像診断法に基づく腸腰筋（右側）の表層露出部位の同定

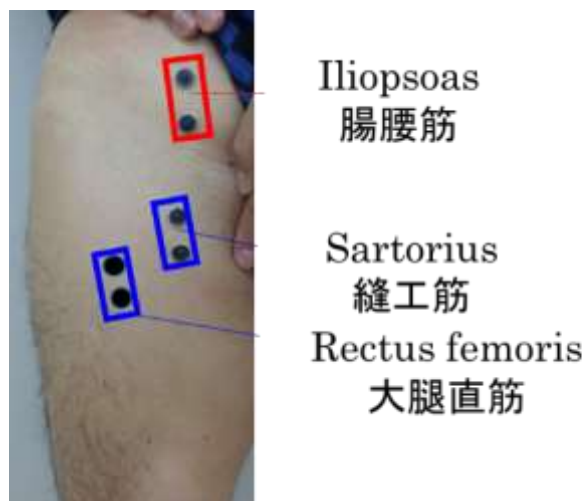


図 9 下肢電極貼付部位

## 2.7 統計処理

3 次元データ解析から得られたすべての測定項目に対して一元配置分散分析を歩行周期規格化時間 5%ごとに行い、有意差のある項目について Bonferroni 法による多重比較検定を行った。また筋活動に関しては、すべての測定筋の筋積分値に対して一元配置分散分析を Perry らの分類を基に全歩行周期を立脚期 0~65% (立脚初期 0~12%・中期 12~34%・終期 34~55%・前遊脚期 55~65%)、遊脚期 65~100%ごとに行い、有意差のある項目について Bonferroni 法による多重比較検定を行った。統計処理はいずれも統計解析ソフトウェア (SPSS Statistics Ver21 for Windows)を用い、有意水準は 5%未満とした。

### 第3章 姿勢の違いが歩行に与える影響

異常姿勢が歩行動作時の下肢関節および骨盤、重心に与える影響を検討することで、運動学の観点から、どのような特徴をしめし、その原因を検討することで、それぞれの姿勢条件が身体に与える影響を検討する。

#### 3.1 結果

##### 3.1.1 ケイデンス、ステップ長

表 1 は骨盤直立、スウェイバック、骨盤前傾歩行のステップ長、ケイデンスの平均値を示したものである。ケイデンス、ステップ長において条件間で統計学的な有意差はみられなかった。

表 1 各姿勢条件のケイデンス、ステップ長

	Neutral	Sway-back	Lordosis
Average cadence (step/min)	121.7±6.7	119±3.5	121.5±5.7
Normalized Step Length (step length/height)	0.40±0.02	0.41±0.01	0.40±0.01

The values are mean ± SD

### 3.1.2 姿勢条件 (矢状面における脊柱の角度、骨盤傾斜)

図 10 は歩行中の脊柱,骨盤角度の平均値を示し、3つの姿勢条件で比較したものである

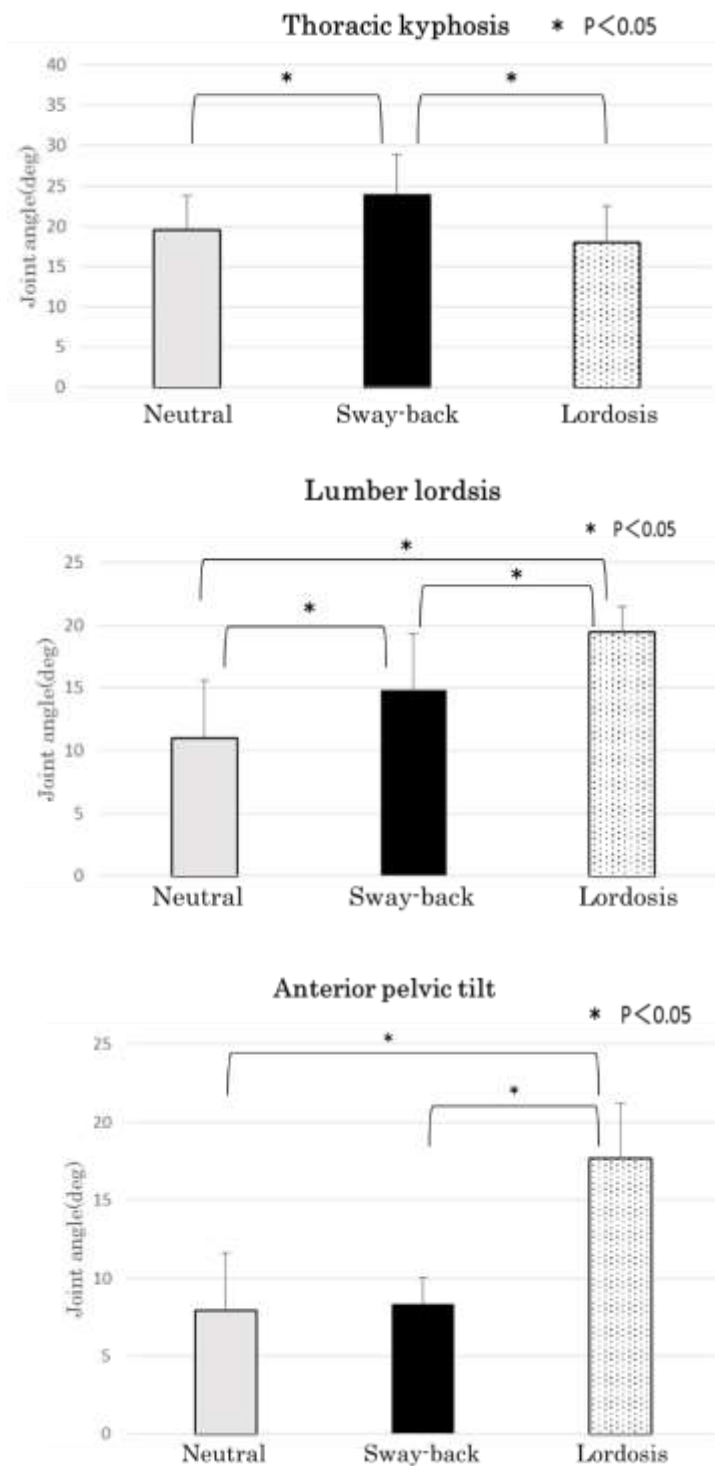


図 10 各姿勢条件の脊柱および骨盤角度

胸椎後弯角は歩行周期全般で SW が NU、LO に対して有意に胸椎が後弯していた( $P < 0.01$ )。腰椎では LO、SW、NU の順に有意に腰椎が前弯していた( $P < 0.01$ )。骨盤では LO が SW、NU に対して有意に骨盤が前傾していた( $P < 0.01$ )。

したがって先行研究より規定した姿勢定義である SW の①胸椎後弯角度の増加、②腰椎前弯の増加、③骨盤の後方傾斜、および LO の①骨盤前傾角度の増加、②腰椎前弯の増強は姿勢条件に照らして、いずれも有意にその特徴を示していたといえる。



図 11 各姿勢条件の確認 (左から順に Neutral、Sway-back、Lodosis)



### 3.1.3 歩行周期

歩行周期は、本研究では右足の踵接地から再び右足が接地するまでとした。Perry ら (2012) の分類に従い、歩行周期分けは全被験者の各条件間で平均値を算出した。その結果いずれの条件においても歩行周期の 0~65% を立脚期、66~100% を遊脚期となり、各条件間で有意な差を認めなかった。

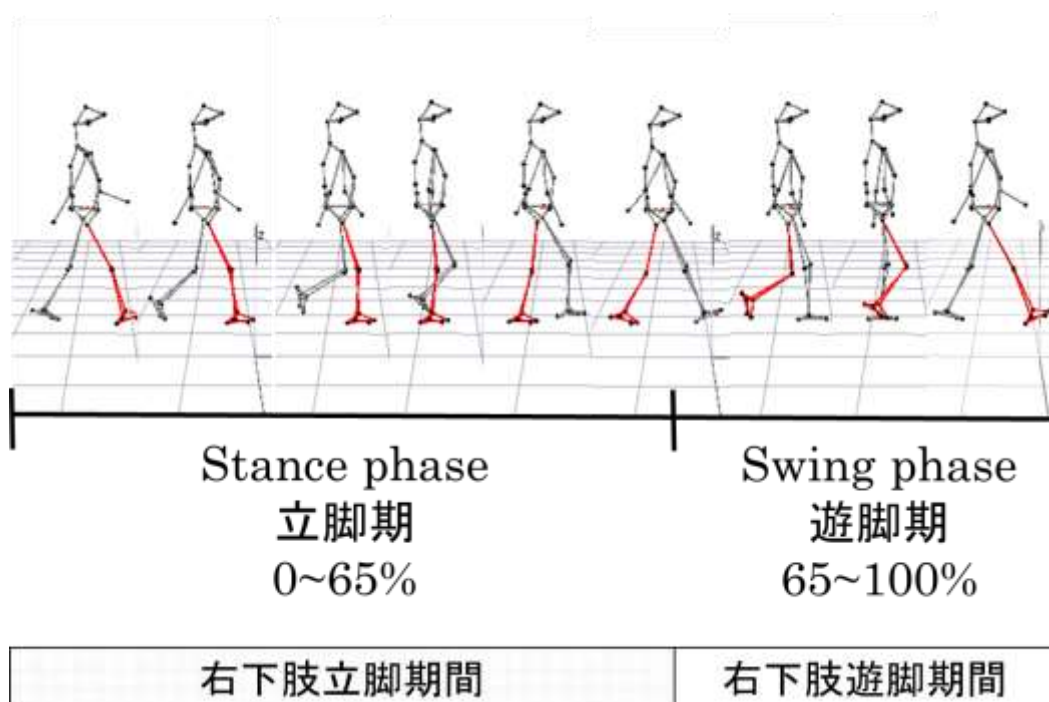
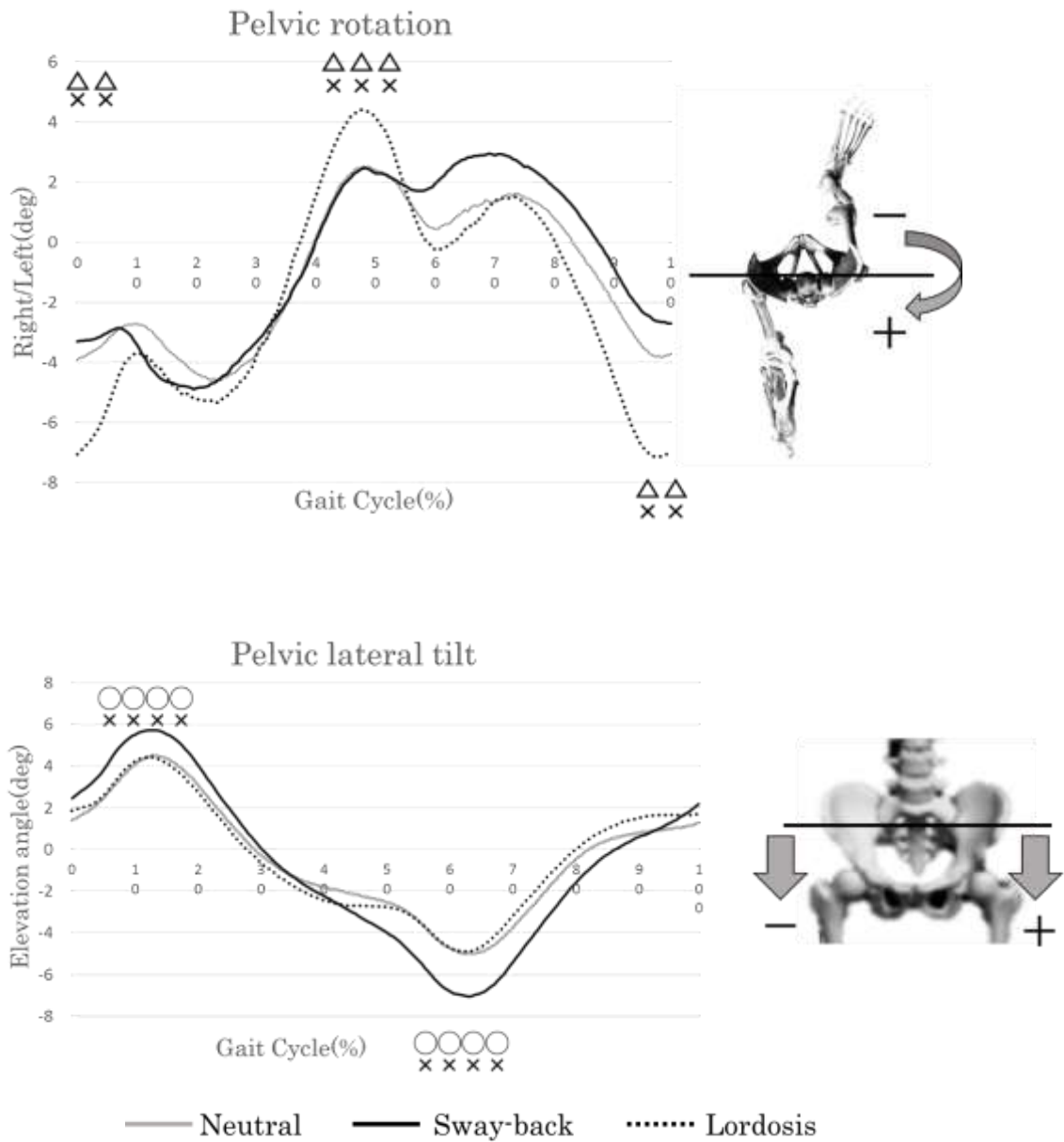


図 12 歩行周期(Gait cycle)

### 3.1.4 骨盤・下肢関節角度と重心変位

図 13、14 は骨盤および下肢関節角度変化を平均値で示したもの、図 15 は立脚期における下肢と身体重心の動きを示したものである。



- Neutral vs Sway-back ,  $P < 0.05$
- △ Sway-back vs Lordosis ,  $P < 0.05$
- × Neutral vs Lordosis ,  $P < 0.05$

図 13 骨盤の角度変化

まず骨盤の角度変化(図 13)で統計的な有意差を認めたのは、骨盤回旋角度 0~10%、40~55%、90~100%で LO の有意な骨盤回旋角度の増加を認めた( $P < 0.01$ )。0%歩行周期では、骨盤回旋角度が NU の 2 倍程度大きい。

次に統計的な有意差を認めたのは、骨盤側方傾斜角度で 0~20%、50~70%で SW の有意な骨盤側方傾斜角度の増加を認めた ( $P < 0.01$ )。

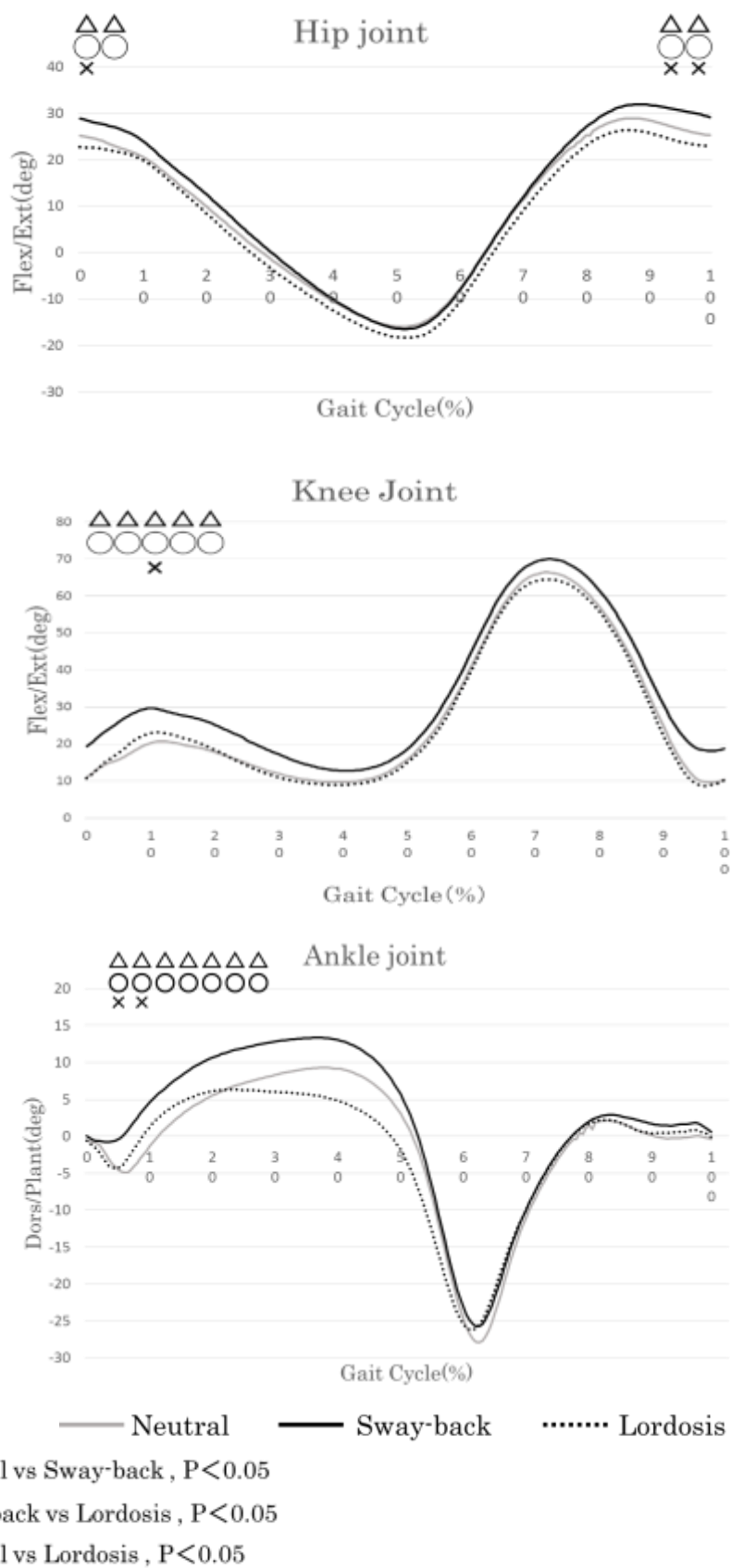
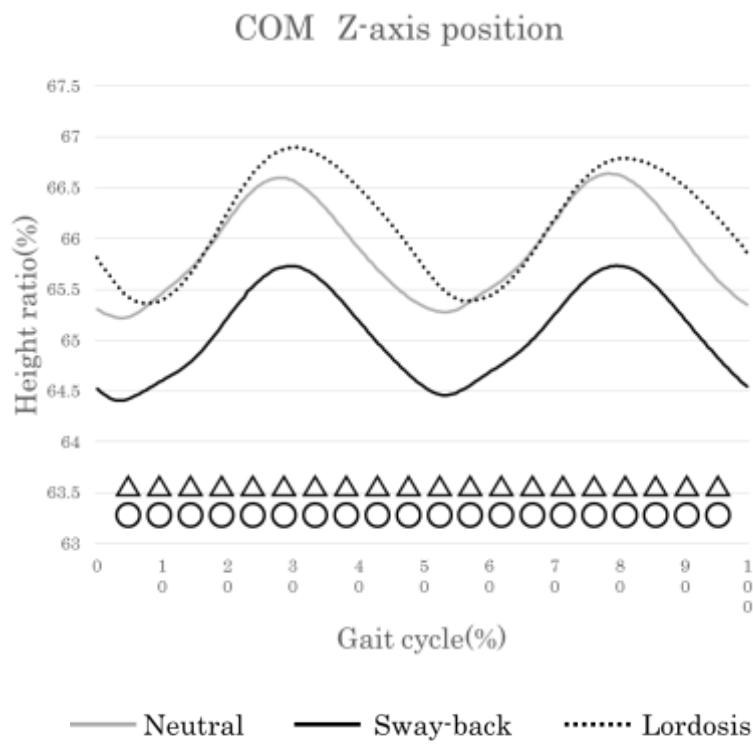
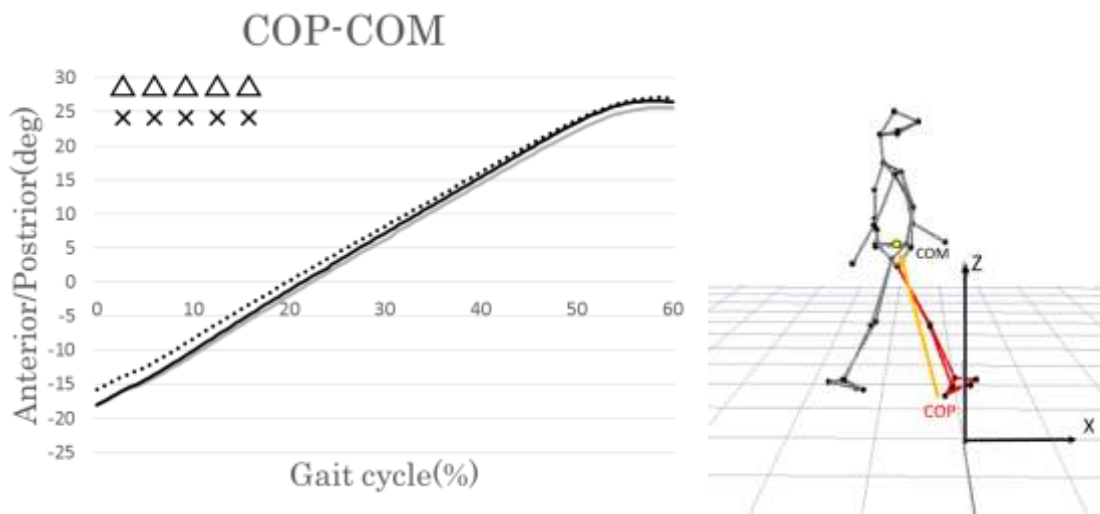


图 14 下肢關節角度變化

下肢関節角度(図 14)では NU と LO では股関節角度は 0~5%、90~100%で有意差な減少を認めた( $P < 0.01$ )。

NU と SW では股関節角度は 0~10%、90~100%で有意な増加を認めた( $P < 0.01$ )。膝関節角度では 0~30%、足関節では 0~35%で有意な増加を認めた( $P < 0.01$ )。平均で比較すると NU よりも股関節の初期屈曲角度は  $10^{\circ}$  程度屈曲し、立脚期の膝関節屈曲角度も  $10^{\circ}$  屈曲し、足関節の立脚期の背屈角度も  $5\sim 10^{\circ}$  背屈していた。



- Neutral vs Sway-back ,  $P < 0.05$
- △ Sway-back vs Lordosis ,  $P < 0.05$
- × Neutral vs Lordosis ,  $P < 0.05$

図 15 重心位置の変化



重心位置の変位(図 15)では、LO で COM-COP が 0~20% で有意な前傾を示した( $P < 0.01$ )。踵接地から重心位置が平均と比較して  $5^\circ$  程度前方に位置しているのが分かる。

重心の高さでは SW で 0~100% で有意に低下を示した( $P < 0.01$ )。他の条件より平均で 1.5~2cm 程度重心位置が低下した。

## 3.2 考察

### 3.2.1 骨盤直立姿勢が歩行に与える影響

NU では骨盤の側方傾斜および回旋が減少した。歩行時の骨盤傾斜は重心の上下動および踵接地時の衝撃吸収に影響を与えている(関谷,2008;西守,2011)。今回重心の上下の振幅等に有意な差は認めなかったことから、踵接地時の衝撃が骨盤部に影響を示していないことが考えられる。体幹部の傾斜や変位は先行研究より、下肢関節や筋活動に大きく影響を及ぼすことが示されている(Saha et al.,2008)。NU は骨盤の変位がもっとも少なかったことから、下肢関節に影響が少なく、効率の良い姿勢であることが考えられる。

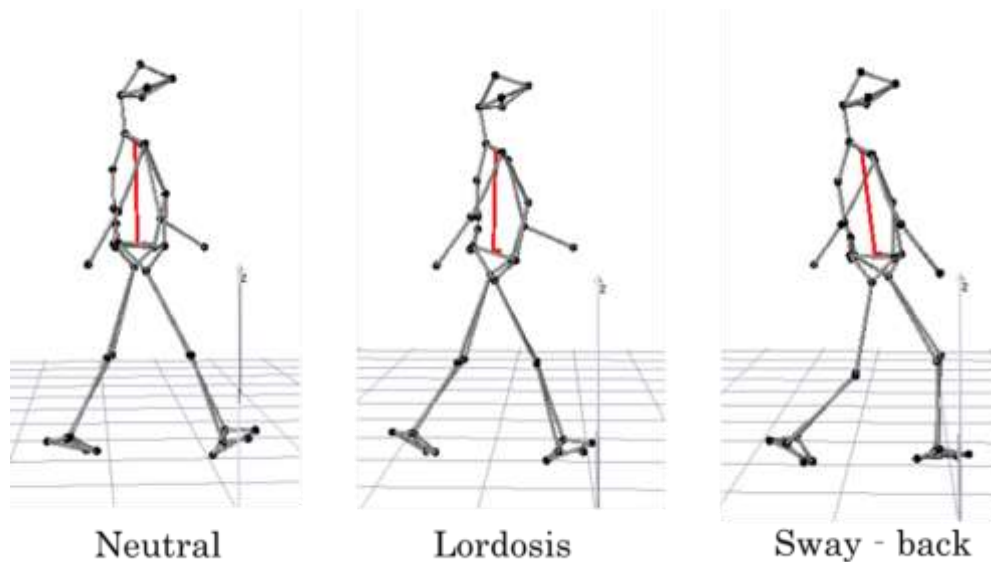


図 16 各姿勢での体幹傾斜



### 3.2.2 骨盤前傾姿勢が歩行与えるに影響

COM-COP の傾きから LO は重心が前方に傾斜している(図 15、16)。骨盤を前傾させることで腰椎前弯が増大し、結果体幹が軽度前傾する。腰椎前弯症では体幹前傾姿勢(Leaning-forward)とると言われ、体幹の傾斜が健常と比較して 5~10° 傾斜しているといわれている(Leteneur et al.,2009;佐久間ら,2010)。また体幹前傾歩行では、立脚前半の体幹・股関節伸展トルクが大きく、先行研究によると直立での歩行の 2 倍であったとしている(佐久間ら,2010)。したがって LO では骨盤の前傾に伴い体幹が前方傾斜するため、体幹の姿勢保持として、立脚初期に体幹・股関節伸展トルクが多く必要になることが考えられる。

LO では NU より、遊脚後期~立脚初期の骨盤回旋角度変位が優位な増加を認めた。立脚初期からの過剰な骨盤の回旋運動は、重心の上下動および踵接地時の衝撃吸収を示している(関谷,2008;西守,2011)。したがって LO では荷重および踵接地の衝撃に対して、体幹・下肢伸展筋群の反応が増強したため、立脚初期に急激な骨盤回旋が生じたと考えられる。またこの骨盤回旋は立脚側股関節の内旋運動を伴うため、股関節伸展筋である大殿筋、大腿二頭筋長頭は遠心性収縮となる。このことから LO は股関節、股関節伸筋群にかかるストレスが大きい姿勢といえる。

以上のことから LO は NU と比較し、骨盤前傾、体幹前傾の姿勢保持のために立脚初期の体幹・股関節伸展トルクの増大が骨盤回旋に影響を受けることから、NU よりも体幹・股関節に対して負荷がかかる姿勢であると考えられる。

### 3.2.3 スウェイバック姿勢が歩行に与える影響

SW では NU よりも立脚期の股関節、膝関節の屈曲および足関節背屈の増大を示した。これは胸椎の後弯に伴う体幹の後方傾斜を股関節の屈曲と下腿の大きな前傾により骨盤を前方へ出すことで身体重心が後方に残るのを軽減し、膝関節を屈曲することで身体を前方に移動しやすくしていたと考えられる。それらの体幹後傾に対する下肢屈曲反応の結果として重心位置が低下したといえる。

体幹後傾させた歩行では常に体幹および股関節屈曲モーメントが姿勢保持に働き、膝関節を大きく屈曲した結果膝関節の伸展トルクも増大すると言われている(Saha et al.,2008;Leteneur et al.,2009;佐久間ら,2010)。このことから SW でも同様に股関節屈曲、膝関節伸展トルクの増大が予想される。それは大腿直筋の張力の増大に起因する。



図 17 骨盤傾斜が与える下肢への影響

また骨盤の側方傾斜が立脚初期に見られた。骨盤側方傾斜の役割としては、重心上下動揺減少よりも踵接地時の衝撃吸収作用が有力と考えられている(関谷,2008)。体幹後傾姿勢では踵接地に大きな膝関節のモーメントが生じるため、接地時の衝撃吸収が大きくなるため骨盤傾斜が増大することが考えられる。この立脚側に対して反対側の骨盤傾斜はトレンドブルグ跛行と呼ばれ、膝関節内反モーメントの増大、膝関節痛の因子と考えられている(Chang et al.,2005;井野ら,2009)。また変形性関節症の機序と関係する(Mündermann et al.,2005;Asthephen et al.,2008)。この現象は通常股関節外転筋である中殿筋の弱化で生じる現象であるが、今回SWで有意に認められた、この要因としてSWに伴う体幹筋の活動の低下、また体幹後傾に伴う踵接地時の膝関節伸展モーメントの増大が起因するのではないかと考える。また大腿筋膜張筋が中殿筋よりも有意に活動した場合同様の現象が生じる(Fredericson et al.,2000)ことから、立脚側股関節屈曲モーメントが強く求められるため、大腿筋膜張筋の収縮力が増加したことも要因として考えられる。

#### 第4章 姿勢の違いが筋活動に与える影響

歩行時の筋電位を記録することで、筋肉の活動を知ることができる。先行研究により体幹傾斜時の体幹・下肢モーメントに関するは検討されている。しかし、その際の筋活動を記録したものはない。また脊柱姿勢の変化や異常姿勢が動作時にどのような筋活動パターンをもっているのかについての検討は未だない。筋活動においては静的なものが中心で動的な記録はない。また体幹の表層筋・深層筋に着目したものが中心で、股関節の筋群に着目したものはない。本章では体幹の表層筋・深層筋、股関節屈曲側の表層筋・深層筋の姿勢条件における活動パターンおよび活動量を検討することで、異常姿勢が身体に与える影響を検討する。

## 4.1 結果

下図は全被験者の各筋活動の平均値を示したものである。

### 4.1.1 体幹背側の筋活動

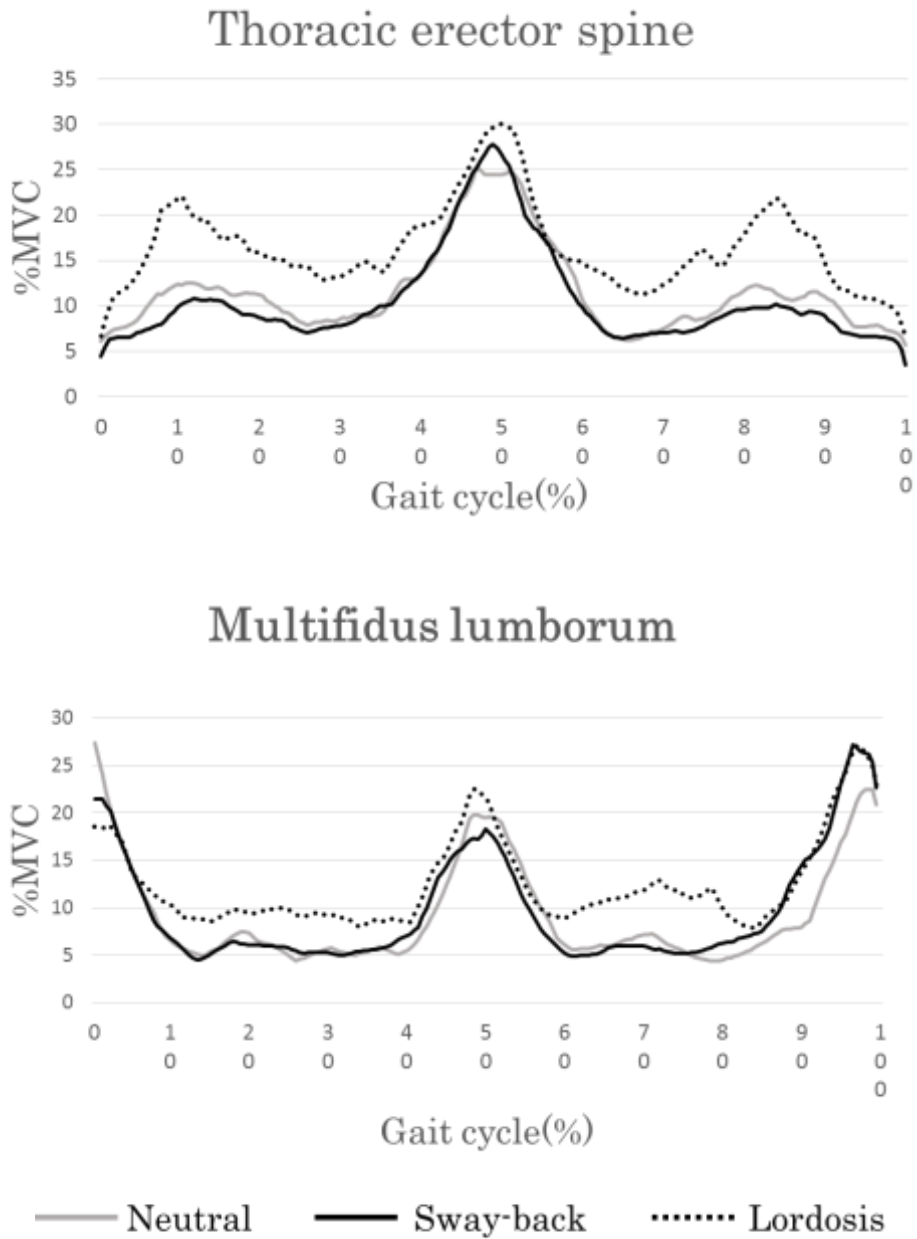


図 18 体幹背側の筋活動

体幹背側の筋活動は LO において、脊柱起立筋、多裂筋とも歩行周期全般で高い活動を示した(図 18)。他の条件と比較し脊柱起立筋、多裂筋では最大で 2 倍の高い筋活動を認めた。脊柱起立筋は対側の踵接地時に強く働く (Ng et al.,2008;三浦,2012)とされているが、LO において同側の踵接地時にも同等の高い筋活動量を示した。また多裂筋は対側および同側の踵接地期にピークを示した。

筋活動パターンに関してはいずれの条件も同様に踵接地に先行して多裂筋の筋活動がピークを迎え、その後脊柱起立筋の筋活動が生じている。

4.1.2 体幹腹側の筋活動

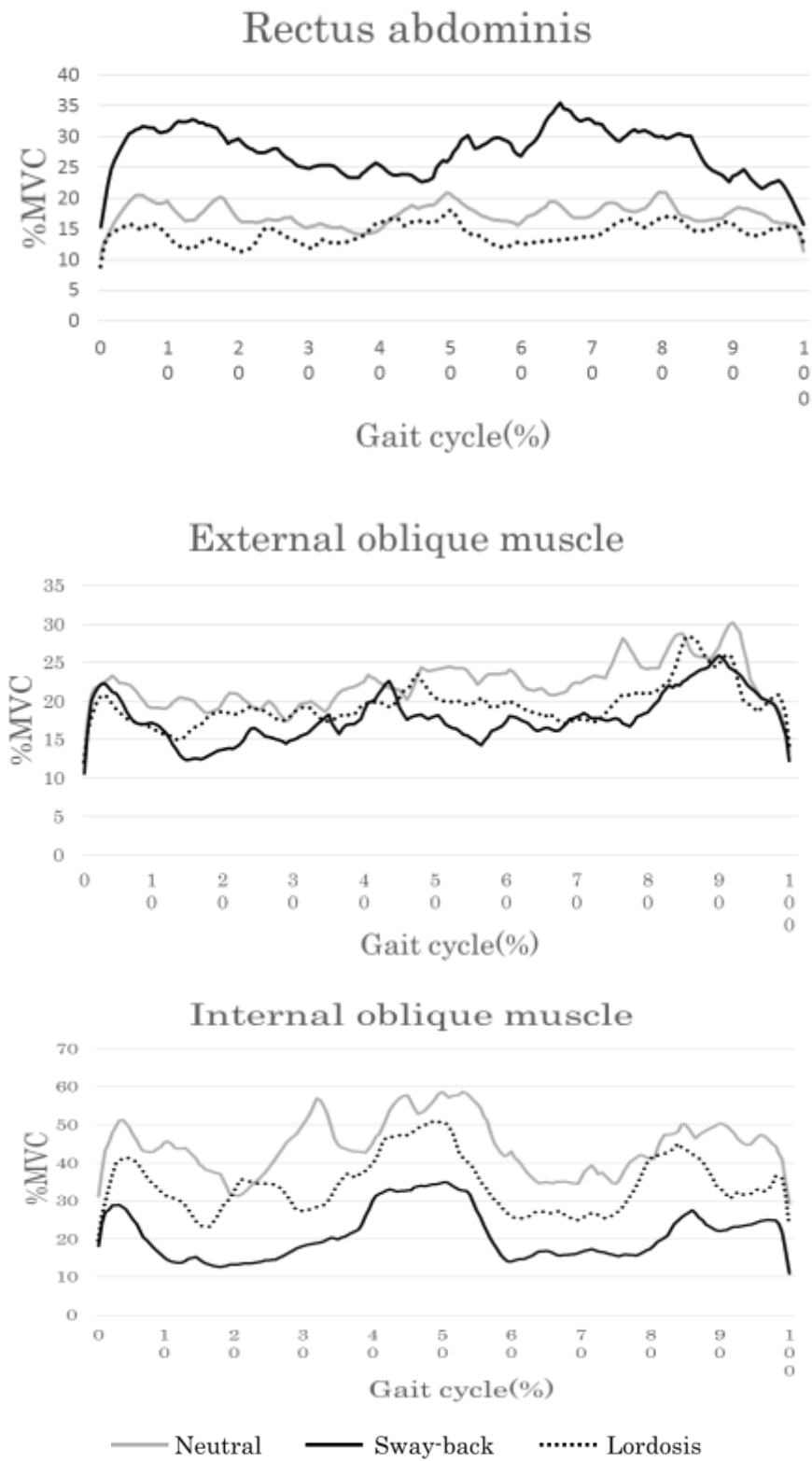


図 19 体幹腹側の筋活動

体幹腹側の筋活動(図 19)に関して、腹直筋において SW は他の条件よりも全歩行周期において 2 倍程度高い筋活動を示した。また内腹斜筋においては全歩行周期において NU、LO、SW の順で 10%程度の活動量の低下が見てとれる。他の体幹腹側筋群と比較し外腹斜筋に関しては姿勢条件間の差は認めない。また腹部の筋活動でも姿勢条件間で筋活動のピークに差は認めなかった。

体幹の筋活動パターンは先行研究と類似し、いずれの姿勢条件においても同様のパターンを示した。内腹斜筋では他の腹側の筋活動と異なり、左右の立脚期初期にピークが生じる。

### 4.1.3 股関節屈筋の筋活動

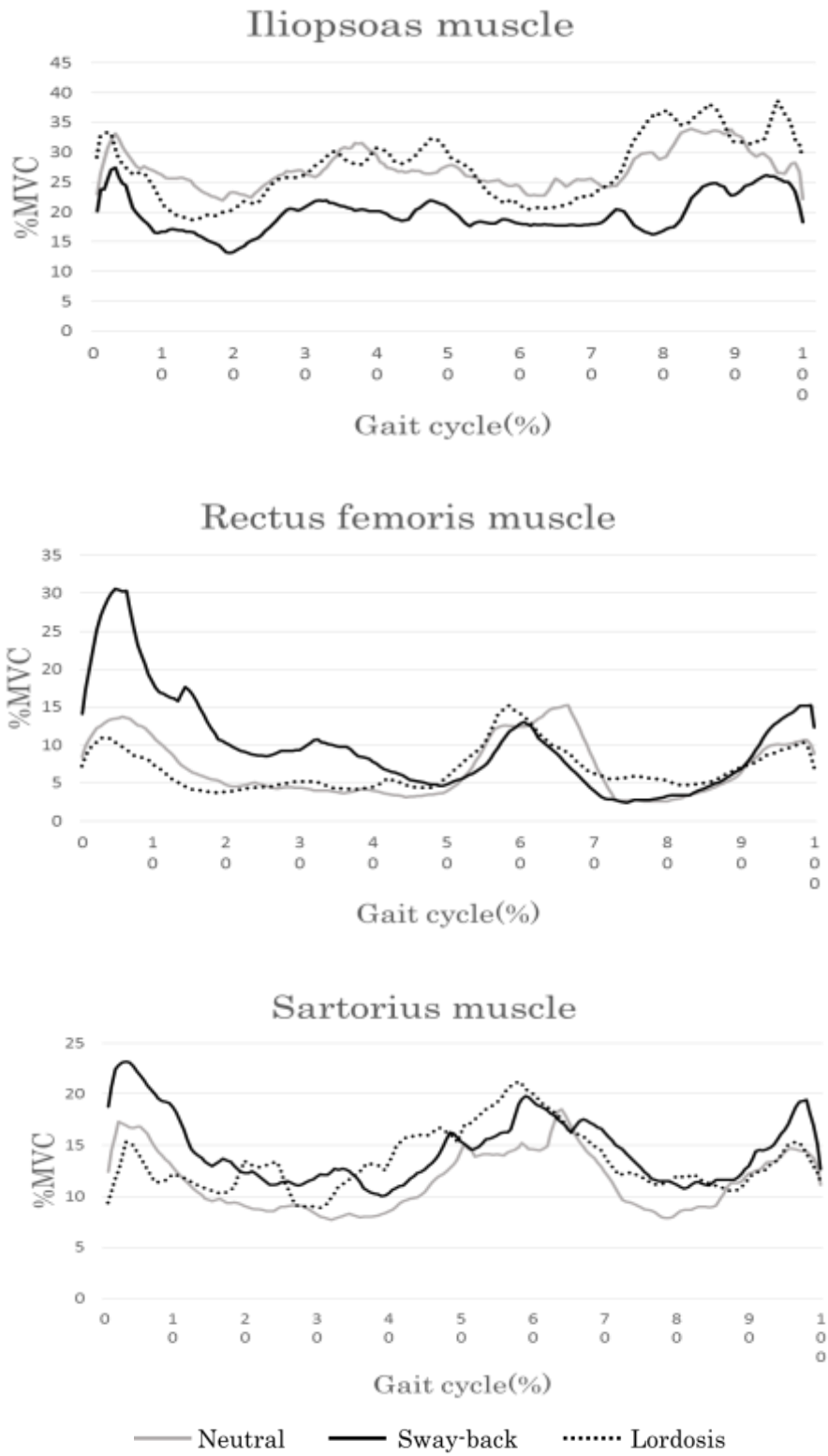


図 20 股関節屈筋の筋活動



股関節屈筋の活動(図 20)に関して、腸腰筋では全歩行周期において SW が有意に低い筋活動を示した( $P < 0.01$ )。大腿直筋においては立脚初期～立脚中期にかけて、縫工筋においては立脚初期に SW が有意に高い筋活動を示した( $P < 0.01$ )。特に大腿直筋においては立脚初期に 10%MVC 程度高い活動を示した。股関節屈筋の筋活動においても各姿勢条件間で活動のピーク区間に差を認めなかった。

腸腰筋の筋活動は他の股関節屈筋と異なり、立脚初期と終期に活動のピークを迎えるのではなく、歩行周期全体をとして活動していた。

#### 4.1.4 骨盤直立姿勢と骨盤前傾姿勢の比較

以下の図 21 は、歩行周期 0~100%の区間で NU と LO を比較し、有意差を認めた区間を示している。

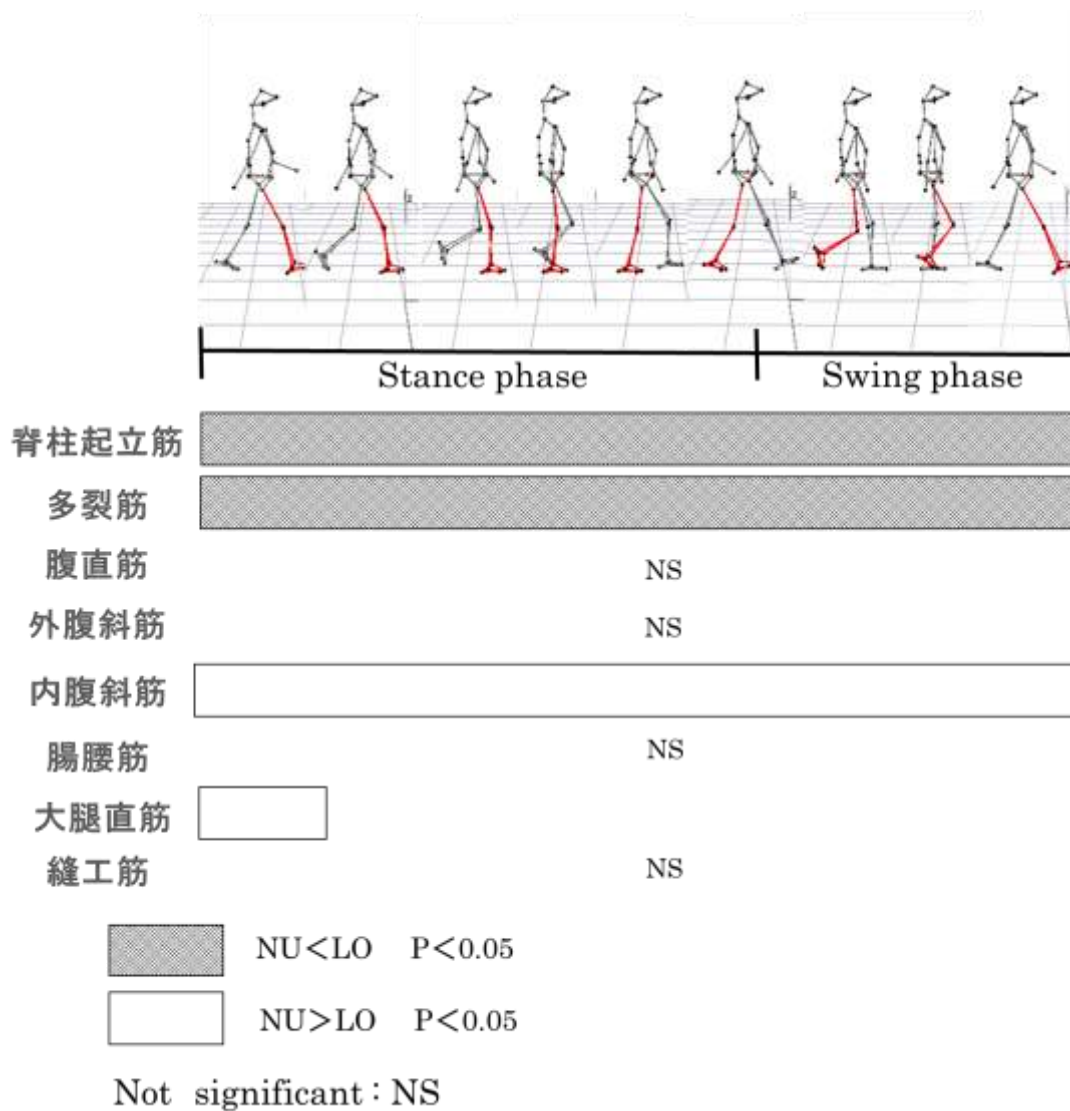


図 21 骨盤直立と前傾位の筋活動比較

LO は NU と比較して、歩行周期全般で脊柱起立筋、多裂筋が優位に高い筋活動を示した (P < 0.01)。また内腹斜筋に関しては歩行周期全般で優位に活動の低下を示した (P < 0.01)。股関節屈筋の活動においては 0~12% で大腿直筋が優位な活動低下を示した (P < 0.05)。

#### 4.1.5 骨盤直立姿勢とスウェイバック姿勢の比較

以下の図 22 は、歩行周期 0~100%の区間で NU と SW を比較し、有意差を認めた区間を示している。

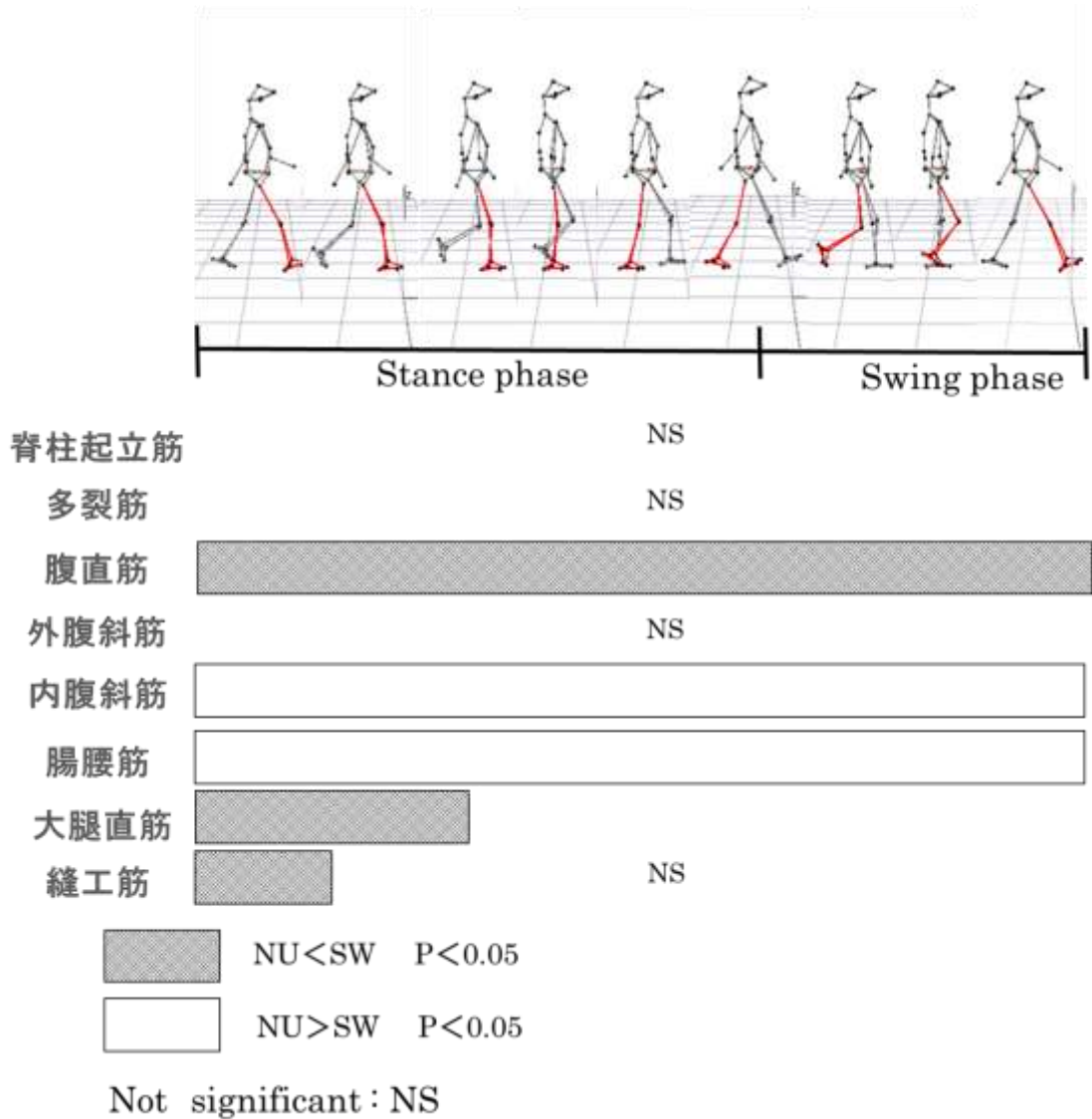


図 22 骨盤直立とスウェイバックの筋活動比較

SW は NU と比較して、歩行周期全般で体幹腹側では腹直筋が高い活動( $P < 0.01$ )を示し、内腹斜筋では低い活動( $P < 0.01$ )を示した。また股関節では歩行周期全般で腸腰筋が優位に低い活動( $P < 0.01$ )を示し、大腿直筋では 0~35%、縫工筋では 0~12%で優位に高い活動( $P < 0.01$ )を示した。

## 4.2 考察

### 4.2.1 骨盤直立姿勢が筋活動に与える影響

NU は他の姿勢条件と比較して、有意な内腹斜筋の筋活動増大を示した。Snijders(1998) は内腹斜筋の筋活動は、仙腸関節を安定させるベルトのような効果があるとし、立脚初期に強く働く内腹斜筋は立脚期の骨盤にかかる剪断力に備えた活動をしていると考えられている。したがって、NU は骨盤に立脚初期に加わる外力が小さい、したがって体幹部および下肢に加わる筋発揮が小さいことを示していると考えられる。

他にも NU は他の条件と比較し腸腰筋、多裂筋など体幹深層筋の減弱を認めず、また表層筋の活動増大を認めなかった。これらの事から NU は体幹表層ではなく深層筋による体幹骨盤の安定化が図られている姿勢であると考えられる。

### 4.2.2 骨盤前傾姿勢が筋活動に与える影響

LO における歩行時の筋活動は NU と比較すると、歩行周期全般で有意な脊柱起立筋および多裂筋の活動量の増加を認めた。静的な端座位時の体幹筋活動を記録した先行研究では、骨盤前傾姿勢により、優位な脊柱起立筋の筋活動を認めたとしている(O'Sullivan et al.,2006)。これは先行研究とも一致している点であるが、多裂筋の筋活動においては、先行研究では LO よりも NU で高い活動を示したと報告している。しかし今回、歩行時には LO で NU より大きな筋活動を示している。この要因として、LO は骨盤の前傾に伴い体幹が前方傾斜する。歩行時の約 10° の体幹前傾が歩行周期全般においてその姿勢維持のために体幹伸展および股関節伸展トルクが 2 倍程度必要となる(Leteneur et al.,2009;佐久間ら.,2010)。このことから体幹伸展筋の活動が亢進したことが要因として考えられる。また座位時には骨盤前傾姿勢は体幹前傾伴わないため、この座位と立位との条件の違いが、筋活動にも反映していることも考えられる。

また腰部背筋群では歩行時の筋活動に同様パターンをみとめた(Vink et al.,1989;Tuner et al.,2008)。しかし今回、脊柱起立筋は対側下肢の接地期に働き、多裂筋は両側下肢の接地期に活動している様子が見える。また同側においては脊柱起立筋よりも早い段階で活動に入ることから、腰背部の筋群でも活動の様式に差を認めることが考えられる。LO においては脊柱起立筋で同側接地時においても高い筋活動を認めた。このことから姿勢保持に関与している場合は、本来対側接地時に活動が強まる脊柱起立筋が同側でも同様に高ま

ることを示している。

次に体幹腹側の筋活動では NU よりも内腹斜筋において有意な活動性の低下を認めた。これは静的な座位時の検討と同様である、しかし、先行研究では同時に LO にて有意な外腹斜筋の活動を示したとしている。しかし、今回外腹斜筋においてはいずれの姿勢条件でも有意差を認めなかった。この要因として、立位姿勢になることで常に体幹が前傾するため、座位姿勢と異なる優位な腰背筋群の活性化を認めると考える。したがって、静的姿勢だけでは異常姿勢の動的な筋活動の特徴を把握は困難であると言える。

次に股関節屈筋群では、大腿直筋で立脚初期に SW、NU と比較し有意な減少を認めた。立脚初期の膝関節トルクは衝撃吸収を反映している。このことから LO は他の姿勢と比較して膝関節での衝撃吸収が少ないのではないかと考える。体幹前傾歩行では立脚初期に大きな股関節伸展トルクが必要(Leteneur et al.,2009)なことから、LO では衝撃吸収および体幹の姿勢保持に股関節伸展トルクが必要なため、股関節屈筋トルクが減少したとも考えられる。通常、体幹前傾姿勢では、立脚後期に股関節屈曲筋活動は減弱する(佐久間ら.,2010)。しかし今回立脚終期には筋活動の減弱を示さなかった。この要因として、先行研究では体幹を直立させ前方に傾斜させているのに対して、LO では骨盤を強く前傾させている。このことが骨盤前傾姿勢保持としての股関節屈筋の活動を高め、結果として NU と比較しても有意差がなくなった要因と考える。

#### 4.2.3 スウェイバック姿勢が筋活動に与える影響

先行研究においては体幹後傾歩行に伴い体幹伸展トルクが減弱すること、また静的姿勢保持条件では胸椎の後弯に伴い腰背部の靭帯性の支持に移行するため、flexion-relaxation-phenomenon(屈曲弛緩減少)に伴い腰背部の筋群の活動は低下すると言われている。体幹背側の筋群では、NU と比較して有意な差を認めなかった。その要因として、静的な姿勢条件と異なり動作時には姿勢保持のため、flexion-relaxation-phenomenon は生じにくいことが考えられる。また江原らは(2002)歩行中に体幹に加わるモーメントについて、矢状面内では左右の股関節屈曲・伸展モーメントの反作用であると述べている。先行研究でも股関節伸展トルクでは体幹直立姿勢と有意差を認めなかった(佐久間ら,2010)ことから、SW でも歩行時に股関節伸展トルクの発生に伴い腰背部の筋活動なしに体幹姿勢保持が困難になるため、静的姿勢保持の時のような腰背筋群の低下が生じなかったのではな

いかと考える。

次に体幹腹側では、有意な腹直筋の増加と、内腹斜筋の減弱を認めた。これは静的姿勢での先行研究を支持する結果となった。この要因として体幹後傾歩行では体幹屈曲トルクが増加する(Leteneur et al.,2009)。SW でも同様に体幹の後傾を伴うことで有意な腹直筋の活動増加を認めたと考える。しかしながら、内腹斜筋の活動性は減弱したことから、体幹腹側の筋活動にはそれぞれ働きが異なることが考えられる。今回の結果から内腹斜筋は多裂筋の筋活動と同様に立脚期に活動性が向上することが確認できる。したがって他の腹筋群と異なり荷重応答期に活動していることがわかる。内腹斜筋は立脚期の骨盤にかかる剪断力に備えた活動をしていると考えられる(Snijders et al.,1998;三浦,2012)。このことからSW においては荷重支持期の骨盤に加わる剪断力の減少、姿勢の変化に伴い内腹斜筋の活動が減弱したことが考えられる。

次に股関節屈筋群では、全歩行周期における腸腰筋の減弱と立脚初期にかけての大腿直筋および縫工筋の増加を認めた。体幹後傾歩行では前傾姿勢に対して、股関節屈曲トルクが増加する(Leteneur et al.,2009)。したがって股関節屈筋群の活動が増加することが考えられるが、今回 SW では大腿直筋や縫工筋といった表層筋で有意に活動性の増加を認めるものの、深層筋である腸腰筋では逆に減少する結果となった。この要因として、腸腰筋は骨盤と腰椎の前弯保持に関与している(Bogduk et al.,1992;名倉ら,2000)ことから、SW では胸椎後弯増加に伴い腰椎前弯が増強し、骨盤が後傾するため、骨盤-腰椎の前弯保持に筋活動が必要なくなる。このことが腸腰筋の活動が減弱した要因ではないかと考える。

SW では腰部の背筋以外で、深層筋の活動性低下と、表在筋の活動性亢進を認めた。これらは受動姿勢の特徴として、先行研究を支持するものである。しかしながら背筋群の活動に有意差を認めなかったことから、動作時には下肢の反応に対応し体幹が応答することで、静的姿勢とは異なる筋活動を示す結果となったと考える。



## 第5章 総合討論

### 5.1 骨盤直立姿勢が歩行と筋活動に与える影響

臨床や健康増進を目的とした現場において、理想的な姿勢条件として骨盤直立姿勢を指導されることは多い(O'Sullivan et al.,2006;2013)。しかし、良い姿勢がどのように規定されるかに関して、その規定は曖昧であり、範囲に関する記述はない。Kendall(2006)は、良い姿勢は骨盤直立で腹部・体幹・下肢に対して良いアライメントになっている。また姿勢は筋バランス(muscle balance)という観点からも記述することができ、標準姿勢として使われる理想的な骨格アライメントは、健全な科学的原理に一致しており、ストレスや緊張が最小限の状態と身体のもっとも効率的な状態であると述べている。今回骨盤直立姿勢であるNUは体幹の傾斜を生むことなく、歩行時に骨盤の動揺が最も少なかった。歩行は左右単脚支持の変換であり、質量の重い体幹部を支える骨盤の動揺は下肢関節や体幹に与える影響が大きいといえる。また骨盤傾斜および回旋は、重心の上下動や衝撃吸収を示す(関谷,2008;西守,2011)。このことから考えてもNUは各関節に与える影響は少ない状態で歩行をスムーズに行える良好なアライメントといえる。また筋活動においても、深層筋である内腹斜筋の活動や腸腰筋の活動亢進を認め、表層筋の活動は抑えられていた。

したがってNUは異常姿勢に対する指導姿勢として適切であると考えられる。またこれらは歩行時に各関節に与える影響が少ないことから、腰背部痛や股関節・膝関節痛を持つ患者の健康増進を目的とした歩行の際にも適切な姿勢であると言える。

しかしながら、美しく見せる姿勢の観点から、良い姿勢条件の際に胸を張り、肩甲骨を引き締めた状態を良い姿勢と定義している(矢野,1971; O'Sullivan et al.,2006)。先行研究において静的条件ではあるが、骨盤直立姿勢と、胸を張り肩甲骨を引き締めた姿勢との比較では体幹筋の活動は前者が深層筋、後者は表層筋の活動が増加した。このことから姿勢指導に用いる良い姿勢の条件として骨盤直立は適切であると考えられる。ただし動的な検討がなされていないため、姿勢指導においてどちらが適切であるのかに関して今後引き続き検討されるべき課題であると言える。

### 5.2 骨盤前傾姿勢が歩行と筋活動に与える影響

動作および筋電図の結果から、LOは体幹前傾姿勢を保持するために体幹伸展筋の強い活動が生じ、特に左右の立脚初期時に強い筋発揮が生じる。この際強い骨盤の回旋運動が



生じ、反対に下肢では膝関節や足関節での角度変位は少ない傾向がある。これらのことから、LOは体幹前傾姿勢に対する姿勢保持のため踵接地時の衝撃吸収を足-膝-股関節だけでなく骨盤の回旋により行っていることが考えられる。そのため他の姿勢条件より踵接地時の体幹伸展筋の活動が亢進すると考える。

腰椎前弯症と腰痛症との関連は様々な先行研究により証明されている(Leteneur et al.,2009; McGregor et al.,2009)。また Lamoth ら(2004)、Miura(2008)は腰痛患者において遊脚期にも脊柱起立筋、多裂筋の筋活動が高いことを示した。また Yang ら(1984)は、腰椎前弯により下関節突起は下位の椎弓に接触し、さらに関節包上部に大きな張力が加わると報告した。したがって、LOでは腰部の筋活動が亢進するだけでなく、関節構造特性により腰部に大きなストレスが生じることが考えられる。

また腰椎前弯による上下関節突起の接触は脊柱回旋を制限される。その結果、骨盤-股関節部分での回旋が増加することになる。著名な骨盤前傾、股関節の深い屈曲姿勢の保持はハムストリングスのより大きな筋活動を要し、大殿筋の筋活動を減少させる(Neumann,2012)。したがってLOは股関節に対する負荷が大きく、特に大腿二頭筋の長頭にかかるストレスが大きい姿勢といえる。また股関節臼蓋形成不全患者では股関節の被覆面積を増大させるため骨盤を過剰に前傾させる(MacNab et al.,1983)。このような患者の多くは加齢に伴い変形性の股関節症に移行する。本研究の結果から、LOは股関節にかかる負担が大きいため、これは臼蓋形成不全患者が変形性股関節症移行への病態力学と一致する。また今回LOが内腹斜筋の筋活動の低下と関連していた。内腹斜筋は筋活動からも腰部骨盤帯の安定化に関与していることが考えられる。したがってこの結果は、LOが腰部骨盤帯の不安定性に関連していると考えられる。これらのことからLOは腰痛症や変形性股関節症の病態発生との関連性が示唆される。

### 5.3 スウェイバック姿勢が歩行と歩行時の筋活動に与える影響について

SWは本研究より有意な表層筋の活動増加と深層筋の活動低下を示した。SWは、受動要素(関節包や靭帯の支持性)の弾性に依存することで腹直筋以外の筋活動の減弱を発起させる(Sahrmann et al.,2005)。本研究においても背筋群以外では有意な活動の低下を認められた。また股関節屈筋群でも同様に、深層筋である腸腰筋の活動低下を示した。腸腰筋は作用として腰椎の前弯および骨盤の前傾を保持し、腰椎の安定化に関与する(Bogduk et

al.,1992;名倉ら,2000)。通常体幹が後傾することで体幹屈筋および股関節屈筋の活動性は向上する。体幹後傾歩行でも同様に立脚初期の股関節屈曲トルクが向上するといわれている(佐久間ら,2010)。しかし、今回腸腰筋の活動低下を認めた。SWは腰椎前弯、骨盤の後傾を姿勢特徴として持つが、受動姿勢と呼ばれるようにこの腰椎の前弯増強は胸椎後弯が増強することにより二次的に発起されるものであり、筋活動によるものではない。そのため腰椎前弯が増強するものの腸腰筋の活動低下を認めたものとする。筋電図学的研究はなされていないものの、股関節の機能解剖を考慮するとSWの姿勢保持に必要な股関節屈曲トルクは股関節前面の靭帯が補っていると考えられていた。今回の結果はそれを支持するものである。

次に大腿直筋と縫工筋の活動増加に関しては、前述したように体幹後傾歩行時には股関節屈筋の活動増加が生じる(佐久間ら,2010)。深層筋である腸腰筋はその姿勢条件により活動が低下しているため、大腿直筋、縫工筋の活動が亢進したと考える。また体幹後傾歩行は立脚期に膝関節中心と重心位置が入り離れるため、膝関節伸展トルクが増加することから、立脚初期から中期にかけて大腿直筋の活動が亢進したと考える。

これらのことからSW姿勢は他の姿勢と異なり、表層筋の活動が亢進していることが特徴的である。表層筋は関節中心からの距離が遠いため、トルクは大きい関節にかかる負荷が大きい(Neumann et al.,2012)。この際に深層筋が体幹を安定化させることで、関節負荷を軽減させると考えられている。しかし、SWは深層筋の活動性が減弱している。このことから関節に加わる負荷は高いと考えられる。SWで腰痛症や膝関節痛が多いとされる臨床所見と合致する。

またSWで立脚中期に骨盤側方傾斜を認めた。この原因として古くからパウエルの理論として考えられ、中殿筋の弱化が指摘されていた(Neumann,2012)。しかし今回、SW姿勢をとることで骨盤側方傾斜が出現したことから、中殿筋の弱化が側方傾斜の要因だけではないと考える。他に骨盤側方傾斜を支持するものとして内腹斜筋が考えられ、今回SWにおいて有意に活動性の減弱を示した。このことから内腹斜筋が側方傾斜に大きく起因していることが考えられる。

また側方傾斜は、膝関節内反の病態運動学として知られていることから、高齢者の膝関節痛を示す患者で脊柱の機能障害を持つものが多いことを考えると、SWが膝関節に与える影響は大変大きいものとする。

#### 5.4 本実験設定での限界

本研究は異常姿勢および理想姿勢が歩行と筋活動にどのような影響を与えるのかを検討した。筋電図の比較検討を行なう上で、速度はもっとも筋活動に与える影響が大きいといわれる(Oatis,2012)。そのため本実験でも歩行速度を一定にする目的でトレッドミル上にて歩行計測を行った。先行研究ではトレッドミル歩行は平地歩行に比べ足関節の関節角度が異なることや腹直筋の活動が増加することが指摘されている。しかし先行研究において関節モーメントや筋発揮を計測する上で、また同一測定条件下での比較検討には問題ないとしている(江原ら,2008)。今回トレッドミル上の歩行に慣れるため十分な時間を使ったとしても、通常と異なる姿勢、歩行条件が筋活動に与えた影響はないとは言えない。

また今回健康成人に対して各姿勢条件を取らせ、模擬的に実験を行った。しかし、腰痛症をもつ患者では同一動作でも持たない患者と比較して深層筋の働きが減弱することが報告されている(Hodges et al.,1999)。またHodgesら(1999)によると腰痛症患者において健康者と同様の動きを行っても多裂筋の活動は減少したといわれている。これらのことから本研究より実際に身体症状を持つような姿勢異常を持つ被験者では今回の結果と異なり、①異常姿勢ではより明確な筋活動の減弱が得られたこと、②理想姿勢では今回のような深層筋の活動増加と骨盤変位の減少が明らかに生じなかったことなどが考えられる。しかし、今回無作為に抽出した健康成人でこのような結果が得られたことは、健康であってもこれからの生活因子や環境因子などにより異常姿勢を強いられることで、本研究のようなパターンを示すこと。また骨盤の直立姿勢が健康成人で深層筋の活動と骨盤の安定を促すことが分かった。これらはリハビリテーション、病態運動学を理解することに役立つだけでなく、障害予防や健康増進に寄与するものと考ええる。

しかしながら、今後さらに異常姿勢の影響や姿勢指導の効果を検討・検証する場合、実際に姿勢異常を持つ被験者を対象とした研究を行なう必要があると考える。

## 第6章 結論

本研究の目的は、姿勢指導に用いられる骨盤直立姿勢を基準として、スウェイバックと骨盤前傾姿勢の二つの異常姿勢を比較することで、異常姿勢が歩行動作に与える影響を検討し、異常動作と機能障害との関係を検討すること。また理想的姿勢時の歩行を検討することで、姿勢改善の効果から障害予防およびリハビリテーション、健康増進につなげることを目的とした。本研究により、明らかとなった事象は以下に記す通りである。

- 1) 骨盤直立姿勢は、骨盤動揺が少なく、体幹表層筋の活動増加なしに深層筋のみ活動が増加する姿勢であり、姿勢教育に用いられる姿勢として有効である。
- 2) 骨盤前傾姿勢は、立脚初期に急激な骨盤回旋が生じ、体幹前方傾斜により重心位置が前方変位する。そのため脊柱伸展筋群の活動が亢進し、体幹腹部深層筋の活動は低下する。
- 3) スウェイバック姿勢は、歩行時の骨盤側方傾斜が増大し、体幹後方傾斜を補うため下肢関節の角度変化が大きくなる。また体幹腹側および股関節屈筋では深層筋の活動は低下し、表層筋の活動が増加する。

上述の事象から、異常姿勢が各関節・各筋群に与える影響が示唆され、その諸問題の解決に姿勢指導として骨盤直立姿勢を指導することが有用であることが示唆された。

## 文献

- Astephen, J. L., Deluzio, K. J., Caldwell, G. E., & Dunbar, M. J. (2008). Biomechanical changes at the hip, knee, and ankle joints during gait are associated with knee osteoarthritis severity. *Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society*, 26(3), 332–41.
- Bogduk, N., Pearcy, M., & Hadfield, G. (1992). Anatomy and biomechanics of psoas major. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 7(2), 109–19.
- Bonetti, F., Curti, S., Mattioli, S., Mugnai, R., Vanti, C., Violante, F. S., & Pillastrini, P. (2010). Effectiveness of a “Global Postural Reeducation” program for persistent low back pain: a non-randomized controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders*, 11, 285.
- Caneiro, J. P., O’Sullivan, P., Burnett, A., Barach, A., O’Neil, D., Tveit, O., & Olafsdottir, K. (2010). The influence of different sitting postures on head/neck posture and muscle activity. *Manual therapy*, 15(1), 54–60.
- Chang, A., Hayes, K., Dunlop, D., Song, J., Hurwitz, D., Cahue, S., & Sharma, L. (2005). Hip abduction moment and protection against medial tibiofemoral osteoarthritis progression. *Arthritis and rheumatism*, 52(11), 3515–9.
- Culham, E. G., Jimenez, H. A., & King, C. E. (1994). Thoracic kyphosis, rib mobility, and lung volumes in normal women and women with osteoporosis. *SPINE*, 19(11), 1250–5.
- Dankaerts, W., Peter O’Sullivan, Burnett, A., & Leon, S. (2006). Differences in Sitting Postures are Associated With Nonspecific Chronic Low Back Pain Disorders When Patients Are Subclassified. *SPINE*, 31(6), 698–704.
- Dolphens, M., Cagnie, B., & Coorevits, P. (2014). Posture class prediction of pre-peak height velocity subjects according to gross body segment orientations using linear discriminant analysis. *European Spine*, 27.
- 江原義弘, 阿江通良. (2008). 臨床歩行計測入門. 医歯薬出版.
- 江原義弘, 山本澄子. (2001). 立ち上がり動作の分析. 医歯薬出版.
- 江原義弘, 山本澄子. (2002). 歩き始めと歩行の分析. 医歯薬出版.
- Fredericson, M., Cookingham, C. L., Chaudhari, A. M., Dowdell, B. C., Oestreicher, N., & Sahrman, S. A. (2000). Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial

- band syndrome. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 10(3), 169–75.
- Glassman, S. D., Bridwell, K., Dimar, J. R., Horton, W., Berven, S., & Schwab, F. (2005). The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *SPINE*, 30(18), 2024–9.
- Griegel-Morris, P., Larson, K., Mueller-Klaus, K., & Oatis, C. A. (1992). Incidence of common postural abnormalities in the cervical, shoulder, and thoracic regions and their association with pain in two age groups of healthy subjects. *Physical therapy*, 72(6), 425–31.
- Guimond, S., & Wael Massrieh. (2012). Intricate Correlation between Body Posture, Personality Trait and Incidence of Body Pain: A Cross-Referential Study Report. *Relation between Posture & Personality*, 7(5), 1–8.
- 廣瀬大祐, 石田健司, 永野靖典. (2007). 高齢者の側面立位体幹姿勢と歩行能力の関連. *リハビリテーション医学: 日本リハビリテーション医学会誌*, 44, S446.
- Harato, K., Nagura, T., Matsumoto, H., & Otani, T. (2008a). A gait analysis of simulated knee flexion contracture to elucidate knee-spine syndrome. *Gait & posture*, 28(4), 687–692.
- Harato, K., Nagura, T., Matsumoto, H., & Otani, T. (2008b). A gait analysis of simulated knee flexion contracture to elucidate knee-spine syndrome. *Gait & posture*, 28(4), 687–692.
- Harrison, D., Cailliet, R., Harrison, D., & Janik, T. (2002). How do anterior/posterior translations of the thoracic cage affect the sagittal lumbar spine, pelvic tilt, and thoracic kyphosis? *European Spine Journal*, 11(3), 287–293.
- Hungerford, B., Gilleard, W., & Hodges, P. (2003). Evidence of Altered Lumbopelvic Muscle Recruitment in the Presence of Sacroiliac Joint Pain. *SPINE*, 28(14), 1593–1600.
- 井野拓実, 山中正紀, 吉田俊教. (2009). 変形性膝関節症の病態運動学的理解と機能評価のポイント. *理学療法*, 26(9), 1078–1087.
- Janssen, M., & Vincken, K. (2009). Pre-existent vertebral rotation in the human spine is influenced by body position. *Studies in health*, 158, 67–71.
- Kasukawa, Y., & Miyakoshi, N. (2010). Relationships between falls, spinal curvature,

spinal mobility and back extensor strength in elderly people. *Journal of bone and ...*, 28(1), 82–87.

Kendall, Peterson, F., McCreary, & Kendall, E. (2006). ケンダル筋:機能とテスト:姿勢と痛み. 西村書店.

Kobe, A. (2007). Hip abductor and adductor activity during Duchenne-Trendelenburg gait in persons with osteoarthritic hip. *Journal of the Tsuruma Health Science Society Kanazawa University*, 31(1), 9–19.

Krejci, J., Salinger, J., & Gallo, J. (2008). Influence of selected examination postures on shape of the spine and postural stability in humans. *Biomedical ...*, 152(2), 275–281.

Kubicki, A., & Bonnetblanc, F. (2012). Delayed postural control during self-generated perturbations in the frail older adults. *Interventions in aging*.

川田倫子. (2006). 高齢者の脊柱後弯と日常の活動性および生活の満足度. *骨 関節 靭帯*, 19(7), 611–615.

黒川貴志, 勝平順次, 丸山仁司. (2010). 脊柱後弯を呈する高齢者の歩行時の運動学 運動学的分析. *理学療法科学*, 25(4), 589–594.

黒川高秀. (1987). 高齢者の脊椎疾患. 東京: 南江堂.

Lamoth, C. J. C., Daffertshofer, A., Meijer, O. G., Lorimer Moseley, G., Wuisman, P. I. J. M., & Beek, P. J. (2004). Effects of experimentally induced pain and fear of pain on trunk coordination and back muscle activity during walking. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 19(6), 551–63.

Larivière, C., Arsenault, A. B., Gravel, D., Gagnon, D., & Loisel, P. (2003). Surface electromyography assessment of back muscle intrinsic properties. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 13(4), 305–18.

Lee, J., & Yoo, W. (2011). The mechanical effect of anterior pelvic tilt taping on slump sitting by seated workers. *Industrial health*, 49(4), 403–409.

Leteneur, S., Gillet, C., Sadeghi, H., Allard, P., & Barbier, F. (2009). Effect of trunk inclination on lower limb joint and lumbar moments in able men during the stance phase of gait. *Clinical Biomechanics*, 24(2), 190–195.

McGregor, A., & Hukins, D. W. L. (2009). Lower limb involvement in spinal function

- and low back pain. ... of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 22(4), 219–222.
- Mitchell, T., & O'Sullivan, P. (2008). Regional differences in lumbar spinal posture and the influence of low back pain. BMC , 9, 152.
- Mitnitski, A., Yahia, L., Newman, N., Gracovetsky, S., & Feldman, A. (1998). Coordination between the lumbar spine lordosis and trunk angle during weight lifting. Clinical biomechanics (Bristol, Avon), 13(2), 121–127.
- MIURA, Y. (2008). Evaluation of contraction pattern of trunk muscles in patients with chronic low back pain using surface electromyography. The Journal of Japanese Society of Lumbar Spine Disorders, 14(1), 122–128.
- Mündermann, A., Dyrby, C. O., & Andriacchi, T. P. (2005). Secondary gait changes in patients with medial compartment knee osteoarthritis: increased load at the ankle, knee, and hip during walking. Arthritis and rheumatism, 52(9), 2835–44.
- Murata, Y., & Takahashi, K. (2003). The knee-spine syndrome ASSOCIATION BETWEEN LUMBAR LORDOSIS AND EXTENSION OF THE KNEE. Journal of Bone & ..., 85(1), 95–99.
- 前島洋, 武石清久, 砂堀仁志. (2004). 高齢者における姿勢変形と立位バランスの関係. Journal of the Japanese Physical Therapy Association, 7(1), 7–14.
- 三浦雄一郎. (2012). 腹筋群と腰背筋群の筋電図学的考察 (May Special 腹筋と背筋: 体幹筋解明へのアプローチ). Sportsmedicine, 24(4), 14–20.
- 森藤武, 嶋田智明, 坂本良太, 小倉亜弥子. (2010). 脊柱後彎変形患者における脊柱伸展可動性とバランス、歩行能力との関係. 理学療法科学, 25(5), 735–739.
- Neumann, D. A., 平田総一郎, 嶋田智明, & 有馬慶美. (2012). カラー版筋骨格系のキネシオロジー (第2版 ed.). 医歯薬出版, エルゼビア・ジャパン, 医歯薬出版.
- Ng, J. K., Kippers, V., & Richardson, C. A. (2008). Muscle fibre orientation of abdominal muscles and suggested surface EMG electrode positions. Electromyography and clinical neurophysiology, 38(1), 51–8.
- Nicholson, G. G., & Gaston, J. (2001). Cervical headache. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, 31(4), 184–93.
- Nicolakis, P., Nicolakis, M., Piehslinger, E., Ebenbichler, G., Vachuda, M., Kirtley, C., & 中村隆一, 斎藤宏, 長崎浩. (2012). 基礎運動学 (第6版第10刷(補訂 ed.). 医歯薬出版.



- 名倉武雄, 山崎信寿. (2000). 生体力学モデルによる大腰筋の機能解析. バイオメカニズム学会誌, 24(3), 159–162.
- 西守隆. (2011). 歩行と走行における骨盤と体幹回旋運動. *Sportsmedicine*, 23(10), 33–37.
- Fialka-Moser, V. (2000). Relationship between craniomandibular disorders and poor posture. *Cranio: the journal of craniomandibular practice*, 18(2), 106–12.
- O’Sullivan, K., O’Dea, P., & Dankaerts, W. (2010). Neutral lumbar spine sitting posture in pain-free subjects. *Manual therapy*, 15(6), 557–561.
- O’Sullivan, K., O’Sullivan, P., & O’Keefe, M. (2013). The effect of dynamic sitting on trunk muscle activation: A systematic review. *Applied ergonomics*, 44(4), 628–635.
- O’Sullivan, P. B., Dankaerts, W., Burnett, A. F., Farrell, G. T., Jefford, E., Naylor, C. S., & O’Sullivan, K. J. (2006). Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. *SPINE*, 31(19), E707–12.
- O’Sullivan, P. B., Grahamslaw, K. M., Kendell, M., Lapenskie, S. C., Möller, N. E., & Richards, K. V. (2002). The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain-free population. *SPINE*, 27(11), 1238–44.
- Oatis, C. A., 山崎敦, 佐藤俊輔, 白星伸一, 藤川孝満, & 池谷雅江. (2012). オーチスのキネシオロジー: 身体運動の力学と病態力学. ラウンドフラット.
- Offierski, C. M., & MacNab, I. (1983). Hip-spine syndrome. *Spine*, 8(3), 316–21.
- P.W.Hodges. (1999). Is there a role for transverse abdominis in lumbopelvic stability? *Manual Therapy*, 4(2), 74–86.
- Perry, J., Burnfield, J. M., 武田功, & 弓岡光徳. (2012). ペリー歩行分析: 正常歩行と異常歩行 (第2版 ed.). 医歯薬出版.
- Reeve, A., & Dilley, A. (2009). Effects of posture on the thickness of transverse abdominis in pain-free subjects. *Manual Therapy*, 14(6), 679–684.
- Regolin, F., & Carvalho, G. a. (n.d.). Relationship between thoracic kyphosis, bone mineral density, and postural control in elderly women. *Revista brasileira de fisioterapia (São Carlos (São Paulo, Brazil))*.
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and ageing*, 35 Suppl 2, ii37–ii41.

- 臨床歩行分析研究会, 江原義弘, 山本澄子. (1997). 関節モーメントによる歩行分析. 医歯薬出版.
- Saha, D., Gard, S., & Fatone, S. (2008). The effect of trunk flexion on able-bodied gait. *Gait & posture*, 27(4), 653–660.
- Sahrmann, S. (2005). 運動機能障害症候群のマネジメント. 医歯薬出版.
- Sapsford, R., Richardson, C., & Stanton, W. (2006). Sitting posture affects pelvic floor muscle activity in parous women: An observational study. *Australian Journal of ...*, 52(3), 219–222.
- SEKIYA, N. (2008). 歩行の決定因に関する最近の知見. *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*, 45(10), 668–676.
- Smith, A., O'Sullivan, P., & Straker, L. (2008). Classification of Sagittal Thoraco-Lumbo-Pelvic Alignment of the Adolescent Spine in Standing and Its Relationship to Low Back Pain. *SPINE*, 33(19), 2101–2107.
- Smith, M. (2007). Postural response of the pelvic floor and abdominal muscles in women with and without incontinence. *Neurourology and ...*, 26(3), 377–385.
- Snijders, C. J., Ribbers, M. T., de Bakker, H. V, Stoeckart, R., & Stam, H. J. (1998). EMG recordings of abdominal and back muscles in various standing postures: validation of a biomechanical model on sacroiliac joint stability. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 8(4), 205–14.
- Straker, L., O'Sullivan, P., & Smith, A. (2008). Sitting spinal posture in adolescents differs between genders, but is not clearly related to neck/shoulder pain: an observational study. *Australian Journal of ...*, 54(2), 127–133.
- Suzuki, H., Endo, K., Mizuochi, J., Kobayashi, H., Tanaka, H., & Yamamoto, K. (2010, May). Clasped position for measurement of sagittal spinal alignment. *European spine journal: official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*.
- 佐久間亨, 阿江通良. (2010). 体幹の前後傾が歩行動作に及ぼす影響に関するバイオメカニクスの研究. *バイオメカニズム学会誌 = Journal of the Society of Biomechanisms*, 34(4), 325–332.

- 姿勢研究所. (1969). 姿勢百態. 国勢社.
- 城由起子, 青木一治, 友田淳雄. (2009). 腰椎椎間関節症患者の脊柱アライメントと腰痛の関係. 理学療法科学, 24(1), 65–69.
- Tsao, H., & Hodges, P. W. (2007). Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Experimental brain research*, 181(4), 537–546.
- Turner, N., Ferguson, K., Mobley, B. W., Riemann, B., & Davies, G. (2009). Establishing normative data on scapulothoracic musculature using handheld dynamometry. *Journal of sport rehabilitation*, 18(4), 502–20.
- 梅居洋史, 水谷名. (2006). 活動助成事業論文 正常歩行における体幹の安定化機構に関する筋電図学的考察. 理学療法湖都, (26), 78–81.
- Vardaxis, V., & Allard, P. (1998). Classification of able-bodied gait using 3-D muscle powers. *Human movement science*, 17(2), 121–136.
- Vink, P., Daanen, H., & Verbout, A. (1989). Specificity of surface-EMG on the intrinsic lumbar back muscles. *Human movement science*, 8, 67–78.
- Watelain, E., Barbier, F., Allard, P., Thevenon, a, & Angué, J. C. (2000, May). Gait pattern classification of healthy elderly men based on biomechanical data. *Archives of physical medicine and rehabilitation*.
- Watson, A. W. (1995). Sports injuries in footballers related to defects of posture and body mechanics. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 35(4), 289–94.
- Wim Dankaerts, P., O'Sullivan, P., Burnett, A., & Straker, L. (2006). Altered Patterns of Superficial Trunk Muscle Activation During Sitting in Nonspecific Chronic Low Back Pain Patients. *SPINE*, 31(17), 2017–2023.
- 渡邊裕文. (2012). 腹筋群、とくに外腹斜筋と 内腹斜筋のはたらきについて. *Sportsmedicine*, 140, 10–13.
- Yang, K. H., & King, A. I. (1984). Mechanism of facet load transmission as a hypothesis for low-back pain. *SPINE*, 9(6), 557–65.
- 矢野一郎. (1971). 姿勢と健康 (腰痛対策の基本問題(特集)). 労務研究, 24(12), 9–14.
- 山崎昌廣, 佐藤陽彦. (1990). ヒトの歩行歩幅, 歩調, 速度およびエネルギー代謝の観点から. *J.Anthrop.Soc*, 98(4), 385–401.

## 謝辞

本研究を遂行し修士論文を作成するにあたり、多くのご支援とご指導を賜りました、指導教員である伊坂忠夫教授に感謝の意を表します。また機材の貸し出しやデータ処理、解析等に多くの助言をいただきました株式会社キッセイコムテックの奈良崎氏に心から感謝致します。また副査として口頭試問の際にご指導いただきました種子田穰教授ならびに塩澤成弘准教授にも心から感謝いたします。

さらには、ご多忙にも関わらず実験のご理解を頂き快く被験者を引き受けて下さった皆様ならびに、日々の研究活動や事務処理などにおいて多くのお世話をして頂いた秘書の奥村悦子氏、実験に協力して下さった伊坂研究室の皆様、多くのご助言を頂きましたスポーツ健康科学部の教員の皆様に厚く御礼申し上げます。