

姿勢が股関節筋、及び体幹筋の筋制御に与える影響

藤谷 亮

京都工芸繊維大学

目次

第1章 序章.....	1
1-1. 姿勢.....	1
1-2. 姿勢と健康.....	2
1-3. 姿勢と姿勢制御.....	5
1-4. 姿勢と体幹筋制御.....	8
1-5. 姿勢と股関節筋.....	11
1-6. 先行研究の問題点.....	15
1-7. 本研究の目的と概略.....	16
第2章 座位姿勢が股関節筋・体幹筋制御に与える影響.....	20
2-1. 目的.....	20
2-2. 方法.....	21
2-3. 結果.....	25
2-4. 考察.....	29
2-5. まとめ.....	33

第3章 立位姿勢が股関節筋・体幹筋制御に与える影響.....	34
3-1. 目的.....	34
3-2. 方法.....	35
3-3. 結果.....	38
3-4. 考察.....	42
3-5. まとめ.....	44
第4章 姿勢が歩行動作に与える影響.....	45
4-1. 目的.....	45
4-2. 方法.....	46
4-3. 結果.....	52
4-4. 考察.....	59
4-5. まとめ.....	63
第5章 総括論議.....	64
5-1. 健常成人に対する姿勢保持筋の表面筋電図法における有効性とその問題点	64
5-2. 姿勢が股関節筋、及び体幹筋の筋制御に与える影響.....	65

5-3. 姿勢が歩行動作に与える影響.....	74
5-4. 股関節・体幹筋制御からみた姿勢改善方法の検討.....	75
第6章 結論.....	80
謝辞.....	83
参考文献.....	84

第1章 序章

1-1. 姿勢

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 (Sahrman.,2005 ; Kendall et al., 2006)。こうした姿勢に対して関心が高まる背景には、姿勢の美しさなど外見だけでなく、姿勢の崩れから生じる様々な問題解決への期待があると思われる。

広義の意味で姿勢とは、体の構えや体つきなど、外見だけを表す言葉ではない。物事に当たる態度や緊張状態など、内面の様子を含むものである (広辞苑.,2008)。これは古くから人々が、姿勢を無意識に心身の状態を映し出す鏡として扱ってきたからと考える。この広義の姿勢概念は、さまざまな角度から研究、報告されている。例えば、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、不良姿勢を呈するものでは、抑うつ傾向が高くなる (Oatis.,2012)。このように、心は姿勢に影響し、姿勢は心にも影響する。この両者の相互関係は、姿勢の評価・治療において、包括的に捉えることの重要性を示している。

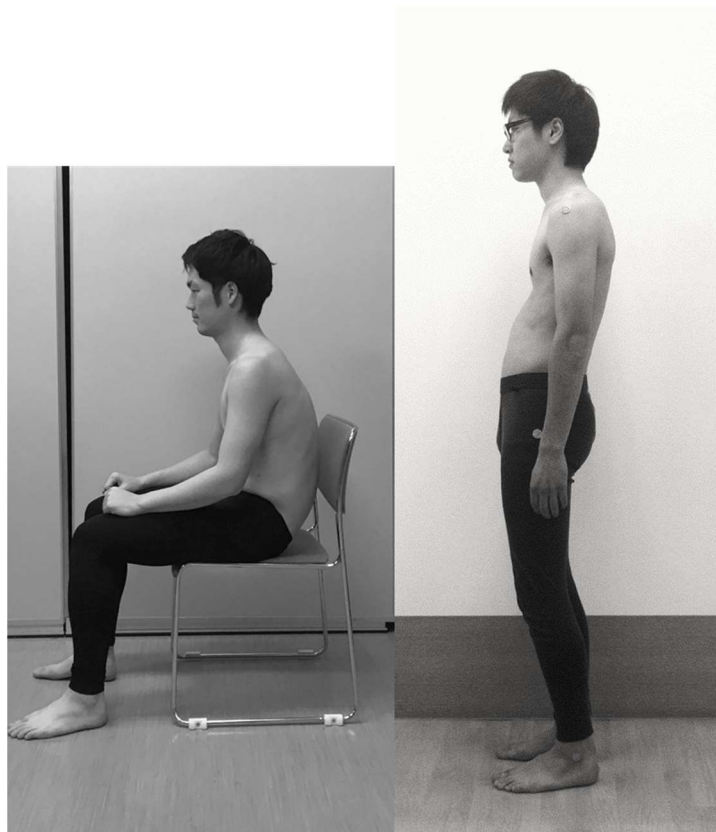
姿勢を狭義の意味、つまり身体の構えとしてとらえた場合に、姿勢研究の第一人者である Kendall(2006)は、姿勢とは運動に対する身体の全関節の肢位を合成したもので、姿勢は筋バランスという観点からも記述できると述べている。したがって、力学的側面

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、重力に抗する上で筋活動も含んで考えられるものということになる。

1-2. 姿勢と健康

古くから姿勢の偏りは筋骨格系の異常や患者の訴えと関連していると考えられてきた (Dankaerts et al.,2006)。そのため、リハビリテーションや健康増進の現場では、姿勢の問題が関節や筋の構造に影響を与える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)。代表的な不良姿勢 (図 1-1) として骨格筋等の収縮要素を使用せず、靭帯や関節包などの非収縮要素の伸張性に依存した姿勢を受動姿勢 (スランプ・スウェイバックなど) という (Sahrmann et al.,2005)。近年それらが頭痛、腰痛、肩こり、また下肢関節疾患や抑うつと強く関連することが報告されている (Culham et al.,1994; Nicolakis et al.,2000;Nicholson et al.,2001)。

受動姿勢は決して珍しい姿勢ではない。第2次成長期前の健常児童を対象とした姿勢分類の研究から、受動姿勢であるスウェイバックは 31.1%、またスウェイバックと同様に腰痛との関連が指摘されている過前弯は 27.2%存在したとしている (Dolphens et al.,2014)。このように受動姿勢を含む不良姿勢と呼ばれる姿勢は決して珍しいものではなく、健常成人がとる姿勢の中に幼い頃から存在している。またこの学童期の姿勢分類の研究において、スウェイバックをもつ児童では、他の児童より腰痛の訴えが多かったと報告 (Dolphens et al.,2014) している。



スランプ

スウェイバック

図 1-1 代表的不良姿勢

スランプは座位，スウェイバックは立位における代表的受動姿勢

このような姿勢から生じる問題は、立位や座位などの静的場面のみならず、動的な場面においても影響を与えることが報告されている。サッカー選手の姿勢と疾病に関する調査において、過前弯やスウェイバックをもつ者は、肉離れや膝関節疾患の発生率が有意に高い (Watson.,1995)。このことから姿勢の変化は、動作場面においても身体に加わるストレスを増大させるものと考えられる。しかしながら、これら姿勢が動作においてどのように影響するのかについての報告はみられない。

先行研究から筋骨格系に対する訴えは、姿勢との関連が示唆される。このことから不良姿勢は骨関節構造に異なるストレスを生成するものと思われる。しかしながら、一般的に考えられている不良姿勢が直接的に筋骨格系における機能障害に関連するかどうかについては、客観的な科学的根拠は示されていない (Oatis,2012)。そのため、不良姿勢をもつことそのものが、筋骨格系に対する健康被害をもたらす因子となるかに関しては不明である。腰痛者と姿勢に関する研究から、腰痛者がとる姿勢には一貫性が無く、むしろ腰痛者においては姿勢のバリエーションが低下していることが報告 (Hodges et al.,2015) されている。

通常、姿勢は環境や作業、また時間の経過の中で局所にストレス蓄積しないように変換される制御システムをもっている (Panjabi.,1992)。先に挙げたスランプやスウェイバックも姿勢保持を骨格筋から非収縮要素である靭帯・関節包などの受動要素に依存することで、姿勢保持筋の疲労を低下させるために健常人が無意識的に選択する休息姿勢である (O'Sullivan.,2004; 2006; Claus.,2009)。そのため姿勢によりもたらされる健康被害やその改善を考える上では、ヒトのもつ姿勢制御について考える必要がある。

1-3. 姿勢と姿勢制御

Panjabi (1992) は、身体を支持する構成要素である、骨関節、靭帯、筋膜などの非収縮要素を受動的システム、骨格筋などの収縮要素を能動的システムに大別し、これら身体を支持する 2 つの要素は、各要素の感覚受容器から情報を受け取り、中枢神経系において制御されているという概念を提唱した (図 1-2)。これは、ヒトがさまざまな環境や作業の下で姿勢の安定性・効率性を得るために、3 つのサブシステムが協調して作用していることを示す。また、互いの不足部分を補うことができる相互作用のあるシステムであることを示している。

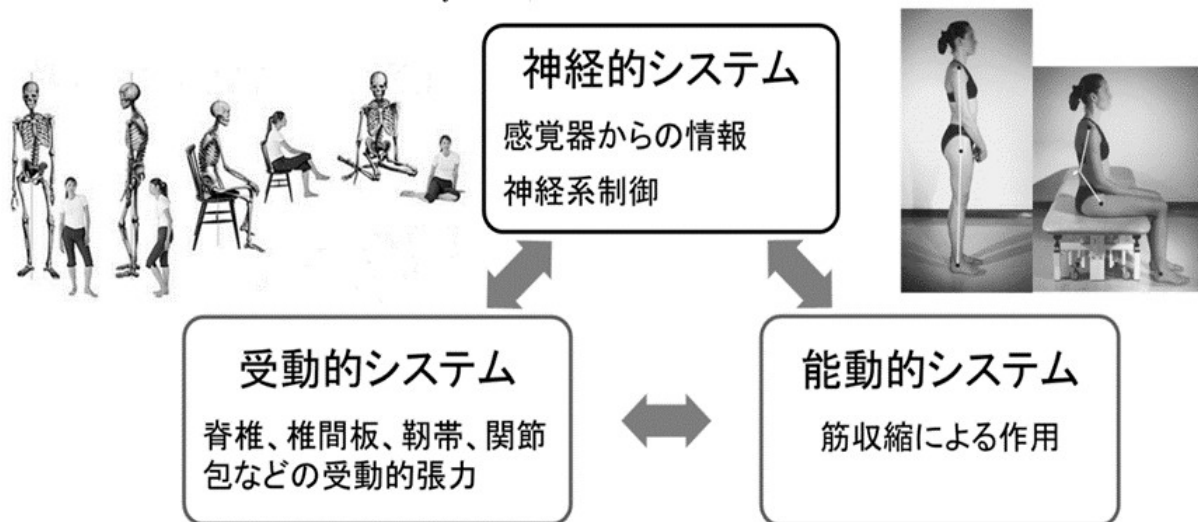


図 1-2 脊柱安定化機構のサブシステム (改変して引用)

脊柱の安定性は受動的システムと能動的システム、そして神経系システムの協調性によりもたらされるという概念。

Panjabi MM : The stabilizing system of the spine. Part I. Function, disfunction, adaptation, and enhancement. J Spine Disod 5 (4) : 383-389, 1992.

この受動的システムと能動的システムの制御は、関節の可動性に依存することが報告されている (Kouwenhoven.,2006). 受動的システムは、靭帯や関節包などの受動要素が伸長されることによって、はじめて力 (弾性エネルギー) を発揮する. そのため、関節可動域の中間領域では、能動的システムである骨格筋の貢献度が高く、関節可動域の最終領域では、受動的システムの貢献度が高くなる. また受動的システムのみでは、約 10kg 程度の荷重までしか耐えることができない (El-Rich.,2004) との報告もある.

スランプやスウェイバックなど、骨格筋の貢献度が低く受動的システムに依存していると考えられる姿勢は、一般的に不良姿勢ということが多い. 受動的システムの貢献度が高い姿勢そのものは、姿勢保持筋の活動を抑え、低コストで姿勢を保持できる利点 (O'Sullivan.,2004; 2006; Claus.,2009) をもつため、緊張緩和姿勢として用いられる. しかしながら、受動的システムの依存度が常になると“不良姿勢”と呼ばれるようになる. 受動的システムに依存する姿勢保持は、常に関節包や靭帯などの受動要素に依存することとなる. そのため受動組織が過剰な伸長ストレスを受け、骨関節構造に不可逆性の変化をもたらすことになる (Zhao et al.,2005). これは、能動的システムにおいても同様である. 能動的システムのみ依存することは、姿勢保持における骨格筋に対してストレスを増加させ、骨格筋機能の低下 (Demoulin et al.,2007 ; Wallwork et al.,2009), 疼痛 (Roland.,1986 ; Sahrman.,2005) などを生じさせる.

臨床現場において、受動的システム姿勢と能動的システム姿勢の両方が、頸部・腰背部痛をもつ患者の姿勢で観察される (O'Sullivan.,2006). また筋電図学的研究から、頸部痛や腰痛をもつ者と、もたない者における姿勢保持時の筋活動様式には差が無いこと

が報告されている (Van Daele.,2009). これらの結果は, 良い姿勢や不良姿勢というものが, 特定の姿勢として説明できないことを示している. その結果を支持するように, 頸部痛や腰痛を訴える患者では特有の姿勢を示すというより, 姿勢における骨格筋制御が低下していることが報告 (Van den Hoon.,2012) されている. 不良姿勢, つまり姿勢の偏りから生じる筋骨格系の障害を改善するためには, 姿勢を調整する骨格筋制御を高めることが重要となる (Hodges et al.,2015).

1-4. 姿勢と体幹筋制御

脊柱を安定化させる姿勢保持筋について Bergmark (1989) は, ローカル筋システムとグローバル筋システムに体幹筋群を分類した (表 1). ローカル筋システムには, 深層に位置し, 腰椎に起始・停止をもつ筋群が含まれる. それらの筋群は, 脊椎の関節中心に近く, 筋長が短いことから, 分節間運動の制御に理想的であるため, 脊柱の安定化に貢献すると考えられてきた. 筋電図学的研究から, ローカル筋システムのわずかな活動増加により, 脊椎の不安定性を防ぐことが報告 (Nachemson,1976) されている. またローカル筋システムは, 低負荷活動中だけでなく, 重量物を持ち上げるような高負荷の課題であっても, 脊柱剪断力の低減に作用することが報告されている (Hodges.,2015). 腰痛患者においては, ローカル筋システムに機能異常が生じ, 持続的また選択的にローカル筋を制御することが出来ないことが報告されている (Cholewicki.,1996).

表 1 安定化機能を基礎とした体幹の筋分類（改変して引用）

ローカル筋システム	グローバル筋システム
<ul style="list-style-type: none"> ・ 横突間筋 ・ 棘間筋 ・ 多裂筋 ・ 胸最長筋の腰部 ・ 腰腸肋筋の腰部 ・ 腰方形筋の内側線維 ・ 腹横筋 ・ 内腹斜筋（胸腰筋膜に付着する線維） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 胸最長筋の胸部 ・ 腰腸肋筋の胸部 ・ 腰方形筋の外側線維 ・ 腹直筋 ・ 外腹斜筋 ・ 内腹斜筋

Bergmark A : Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. Acta Orthop Scand Suppl 230:1-54, 1989.

これに対してグローバル筋システムは、表層にある大きな体幹筋群が含まれる。これらの筋群は、脊柱の運動に大きく関与するだけでなく、直接的に胸郭と骨盤に力を伝達することにも関与し、体幹に加えられた外力と均衡を保つ役割がある (McGill.,2003)。そのため、グローバル筋システムは、脊柱の運動を伴うような動的姿勢制御では重要となる。しかし、グローバル筋システムは脊柱の関節中心から遠く、筋長が長いことから、骨格構造に与えるストレスが大きい (Kavicic.,2004)。これまで脊柱の運動を伴わない静的姿勢制御では、活動が抑えられる筋システムであると考えられてきた。しかし、グローバル筋システムはローカル筋システムと比較し、その機能は劣るものの脊柱の剛性は向上することが報告 (Richardson.,2002) されている。

このように我々がとるには姿勢は大きく分けると受動的システム、そしてローカル・グローバル筋システムといった 2 つの能動的システムを合わせた 3 つの様式により制御されていることとなる。近年、筋電図学的研究から座位、立位において脊柱-骨盤の肢位により筋活動がどのように変化するかについて報告が多くなされている。その中で、どのような姿勢において体幹の能動的システム (ローカル筋、グローバル筋)、受動的システムが優位になるのかが少しずつ明らかになってきている。

立位では直立姿勢からスウェイバックに変化することで、姿勢保持に関与する体幹のローカル筋 (多裂筋、内腹斜筋)、グローバル筋 (腸筋) の両方で活動が低下する (O'Sullivan et al.,2002.,2006)。座位でも直立姿勢と、胸椎伸展 (胸を張った姿勢)、スランプ (猫背) の比較において、立位と同様に直立姿勢がもっともローカル筋の活動が増加した。それに対して胸椎伸展はグローバル筋の活動の増加と、ローカル筋の低下

を認めた。また受動的システムであるスランプはスウェバック同様に直立姿勢と比較し、ローカル筋・グローバル筋の両方で活動の低下を認めた (O'Sullivan et al.,2002.,2006 ; Claus.,2009)。

これまでの姿勢と筋制御の検討は体幹筋においてのみであり、脊柱―骨盤を繋ぐ股関節筋の筋制御については検討されていない。しかしながら、治療において股関節と脊柱運動の相互作用を強調している報告が散見される (Sahrmann.,2005 ; Gombatto et al.,2006 ; Van Dillen et al.,2007 ; Schltes et al.,2009)。

1－5．姿勢と股関節筋

脊柱―骨盤と大腿骨を繋ぎ、力を伝える股関節筋は、脊柱―骨盤肢位を決定するために重要な姿勢保持筋である (Oatis.,2004)。立位では理想的立位姿勢では股関節中心に重心線が通ることから、股関節筋活動の不均衡は立位姿勢の安定性に影響を与える (樋口ら.,2015)。また座位においては、立位とは異なり股関節を大きく屈曲させることで、股関節を中心とした筋張力が変化するため骨盤は後傾し猫背姿勢を呈しやすい (Engstrom.,2002)。これまでの先行研究において姿勢と股関節筋活動との関係を報告した研究はない。しかし、座位において足組みが体幹筋に与える影響を検討した報告から、足を組むことによりローカル筋である内腹斜筋の低下が生じることが報告 (Snijders.,1995) されている。この体幹ローカル筋の活動低下には、足を組むことによる股関節筋の筋長が変化したことが関与したものと考えられる。他にも、姿勢を考慮する際に股関節の状況を重要視している報告が多く見受けられる (Sahrmann.,2005 ;

Gombatto et al.,2006 ; Van Dillen et al.,2007 ; Schltes et al.,2009 ; Steffen et al.,2010) .

姿勢と股関節筋活動の関連を示した研究はないものの, その形態や発生学的見地から股関節肢位と同様に股関節筋は姿勢保持に重要だと考えられてきた. 股関節筋の中でも脊柱-骨盤の姿勢保持には腸腰筋と大殿筋の活動が重要と考えられている (図 1-3).

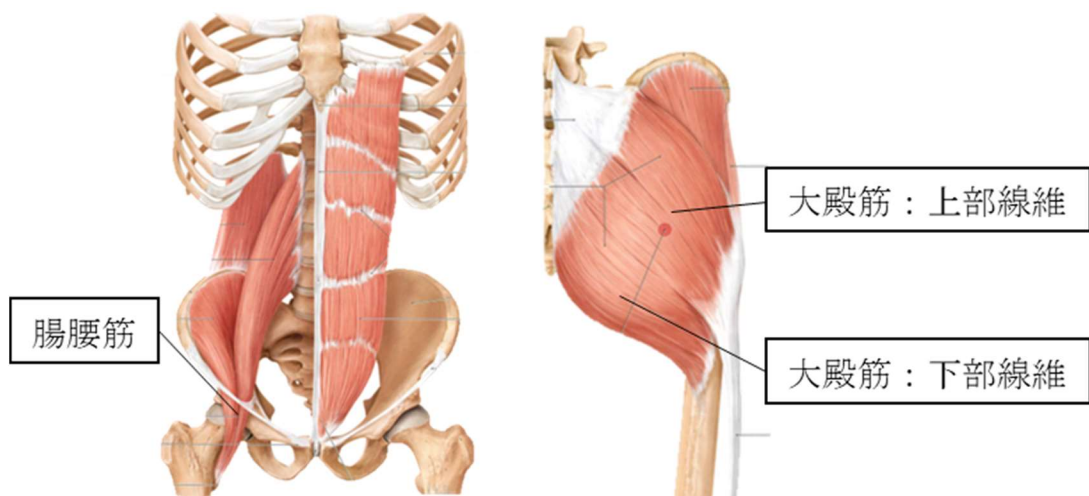


図 1-3 姿勢保持に関与する股関節筋（腸腰筋，大殿筋：上部線維，下部線維）

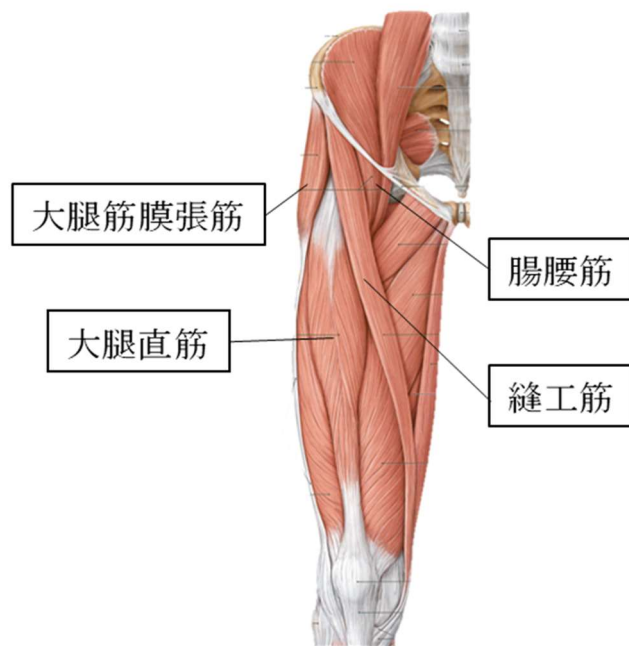


図 1-4 股関節屈曲に関与する筋

（大腿筋膜張筋，大腿直筋，縫工筋，腸腰筋）

Anne M, Brian R, Lawrence M : プロメテウス解剖学アトラス 総論. 坂井 建雄, 松村 讓兒 (監訳), 医学書院, 東京, 2011. (図 1-3, 図 1-4 は改変して引用).

腸腰筋は、大腿直筋、縫工筋、大腿筋膜張筋と共に股関節屈曲の主動作筋（図 1-4）である（Oatis.,2004）。腸腰筋は、他の股関節屈曲筋群と異なり骨盤、大腿骨に付着するだけでなく胸椎、腰椎にも付着するため、股関節運動および姿勢保持としての役割をもつ（Oatis.,2004 ; Neumann.,2010）。姿勢保持については、腰椎の前弯と骨盤の前傾を保つとともに、腰椎を安定させる役割を果たしている（Andersson et al., 1995 ; Juker et al.,1998 ; Oatis.,2004）。そのため腸腰筋は体幹のローカル筋システムに分類される（Retchford.,2013）。

また大殿筋は、ヒトが直立して二足歩行を行うようになったため特異的に発達した筋で、四足動物だけでなく他の霊長類とも大きく異なる（藤原.,1973）。ヒトの進化における大殿筋の発達は、重い上体を支えて直立姿勢を取るために機能的に進化したものと考えられ、直立姿勢の保持などヒトの基本的運動機能を考える上で重要な役割を果たしている（松原ら.,1999）。大殿筋は主として腸脛靭帯に停止する上部繊維と、大転子よりも下方に位置した殿筋粗面に停止する下部繊維からなり、いずれも腸腰筋と反対に股関節伸展作用をもつ。その線維走行から上部と下部に分けられ、機能が異なることが報告（世古ら.,2014）されている。上部繊維は股関節伸展に作用し、下部繊維は内転作用を示すことが報告され、また股関節肢位の変化によりその機能が変化することも報告されている（世古ら.,2014）。また腹横筋、腸腰筋、腰部多裂筋とならんで大殿筋においても腰痛者では筋活動の低下が報告されている（Hodges et al.,2015）。

先行研究から立位、座位のいずれの姿勢においても股関節の肢位、及び股関節筋は脊柱―骨盤制御にかかわる重要な要素であることが伺える。そのため姿勢制御における股

関節筋の機能を理解することは、姿勢の問題から生じる痛みの理解、およびその予防に大きく貢献できるものと考えられる。

1-6. 先行研究の問題点

これまでの先行研究において姿勢と体幹筋を中心とした検討はなされているものの、関節筋を含めた検討はない。しかしながら、立位、座位における関節筋また関節肢位の重要性は多く報告されている (Sahrmann, 2005 ; Gombatto et al., 2006 ; Van Dillen et al., 2007 ; Schlttes et al., 2009)。椅子の高さや関節角度の違いが体幹筋に与える影響を検討した際に、高さが増加することにより腰部や頸部の筋活動が変化 (Bertolaccini et al., 2016)。立位でも座位と同様に関節肢位の変化に伴い、重心線が変化することで身体に加わるストレスが増減する (樋口ら., 2015)。これらのことから、姿勢と筋制御の関係を明らかにするためには、関節筋を含めた筋電図学的検討が必要であると考える。

次に、これまでの姿勢研究において、座位では様々な脊柱-骨盤肢位で検討がなされているものの、立位においては学童期から観察される不良姿勢であるスウェイバックのみの検討となっているなど姿勢条件が不十分である。特に立位では腰痛との関連が多く報告 (Smith et al., 2008) されている過前弯における検討がなされていない。そのため姿勢と筋制御の関連を明らかにする上では、姿勢条件を追加して検討を行う必要がある。

また座位において治療観点から慢性的な腰痛・頸部痛をもつ患者において、様々な運動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 (Costa et al.,2009). 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 (Hodges et al.,2015). そのため理想的指導姿勢である直立姿勢の条件と, その姿勢に変化させるため筋制御について検討を行うことが重要である.

また, これまでの姿勢研究において, 静的姿勢の検討はされているものの動的な検討はない. そして不良姿勢が動的姿勢制御に与える影響に関して不明な点が多いまま, 不良姿勢をもつ腰痛患者に有酸素運動が効果的 (Hayden et al.,2005) であることから, 簡便に行うことができる歩行が腰痛治療のプログラムの一環として取り入れられている. しかし, 自転車や水泳など他の運動プログラムと比較して, 歩行における腰痛改善を示すエビデンスはみられないばかりか, 症状が悪化するケースが報告されている (Kualet et al.,2017). このことから姿勢が歩行動作に与える影響を検討することは, 姿勢から生じる健康問題を理解する上で重要な知見をもたらすものであると考える.

1-7. 本研究の目的と概略

本研究では健常成人を対象に, 異なる姿勢条件を取らせた際の股関節筋, および体幹筋の筋活動について表面筋電図法を用いて記録することにより, 座位や立位における脊柱-骨盤肢位の変化に合わせて股関節と体幹の筋制御がどのように変化するのかを検討した. これにより姿勢保持における姿勢と筋制御の関連を明らかにすることで, 姿勢から生じる筋骨格系の問題の治療, つまり姿勢改善のための基礎的知見を得ることを

目的とした。

姿勢保持と筋制御の関係を明らかにするために、表面筋電図法を用いて座位姿勢が股関節・体幹筋制御に与える影響を検討した（実験1）。次に、同様に立位姿勢が股関節・体幹筋制御に与える影響を検討した（実験2）。最後に姿勢が歩行動作に与える影響を検討した（実験3）。

本研究は、序章：研究小史（第1章）、座位姿勢が股関節筋・体幹筋制御に与える影響（第2章）、立位姿勢が股関節筋・体幹筋制御に与える影響（第3章）、姿勢が歩行動作に与える影響（第4章）、および総括論議（第5章）からなる。

第2章：座位姿勢が股関節筋・体幹筋制御に与える影響（実験1）

座位における受動姿勢であるスランプを基準として、2つの理想的指導姿勢（骨盤直立、胸椎・骨盤直立）について胸椎の姿勢変化に着目し、股関節・体幹筋制御がどのように変化するかについて筋活動及び脊柱－骨盤傾斜を記録し、脊柱－骨盤傾斜と筋活動の関係について検討した。

主論文：藤谷亮，岩崎大，岡田拓郎，七里元基，来田宜幸，野村照夫．（2016）．異なる座位姿勢が体幹・股関節筋活動に与える影響．理学療法湖都，36，34－39．

第3章：立位姿勢が股関節筋・体幹筋制御に与える影響（実験2）

立位においては受動姿勢であるスウェイバック，また腰痛との関連が指摘されている過前弯を理想的指導姿勢である直立を基準として比較検討を行った．スウェイバックと過前弯は，いずれも学童期から観察され，腰痛との関連が指摘される代表的不良姿勢である．本章では3つの姿勢条件を取らせた際の骨盤直立時の脊柱－骨盤傾斜および，股関節・体幹筋活動の記録し，脊柱－骨盤傾斜と筋活動の関係について検討した．

主論文：Ryo Fujitani, Takumi Jiromaru, Noriyuki Kida, Teruo Nomura. (2017).
Effect of standing postural deviations on trunk and hip muscle activity. The Journal of Physical Therapy Science, Vol29 (7), 1212-1215.

第4章：姿勢が歩行動作に与える影響（実験3）

これまで軽微な姿勢変化が歩行動作に与える影響を検討した報告はない．そのため姿勢制御の問題が動作に与える影響については不明な点が多い．そこで本研究では，直立およびスウェイバック，過前弯の3つの姿勢を取らせた際の歩行動作を計測し，骨盤動揺に与える変化について着目し，姿勢が歩行動作に与える影響について検討を行った．

主論文：藤谷亮，治郎丸卓三．(2017)
異なる姿勢が歩行動作に与える影響．The Journal of Clinical Physical Therapy, vol. 19, 29-37.

第5章：総括論議

以上の結果に基づき，静的姿勢保持における股関節・体幹筋の筋制御について再考を行う．特に股関節筋における重要な姿勢保持筋である腸腰筋と大殿筋の役割に着目し，動作に与える影響や姿勢改善を改善させるための方法論について考察を行った．

第2章 座位姿勢が股関節筋・体幹筋制御に与える影響

2-1. 目的

近年の筋電図学的研究から、骨盤を垂直に立てた座位（以下：骨盤直立）では安定化に関与するローカル筋である内腹斜筋、多裂筋の活動が高まることが報告されている（O'Sullivan et al.,2002.,2006 ; Claus.,2009). また受動姿勢であるスランプではこれらの姿勢保持筋の筋活動が減少することで、筋活動による能動的システムから、靭帯や関節包などの非収縮要素の張力に依存する受動的システムにストレスが偏移することが報告されている（O'Sullivan et al.,2002.,2006 ; Claus.,2009). また一見、良い姿勢に見える胸を張った直立座位姿勢において、スランプと同様にローカル筋の活動低下とグローバル筋の活動増加を認めた（O'Sullivan et al.,2006). しかし、いずれの先行研究においても胸を張った姿勢は、胸椎前弯だけにとどまらず、過剰な骨盤前傾と腰椎前弯を含んでいた。これは姿勢研究を行ってきた研究者たちの理想的姿勢条件とは異なる（Hodges et al.,2015).

腰椎前弯の増強は、腰痛発症の要因となることが諸家から多く報告されている（Joan et al.,2003 ; Kim et al 2006). そのため座位における理想的姿勢を検討する際に、過剰な腰椎前弯を取ることは不適切であると考えられている（Hodges et al.,2015). また Snijders ら（1995）は股関節筋の筋長が変化することで、スランプと同様に体幹深層筋の活動低下をもたらすことを報告した。

他にも，股関節と脊柱の相互作用を強調している報告が散見される（Sahrmann, 2005; Gombatto et al., 2006; Van Dillen et al., 2007; Schltes et al., 2009）.

したがって，股関節筋の検討をすることなく理想的姿勢を明らかにすることはできない．そこで本研究では，先行研究と異なり過剰な骨盤前傾，腰椎前弯を含まない胸を張った姿勢（以下胸椎・骨盤直立）では，グローバル筋の活動増加とローカル筋の活動低下は生じないと考える．そこで，本研究は座位における2つの直立姿勢（腰椎の過剰な前弯を含まない胸椎・骨盤直立，骨盤直立）を不良姿勢（スランプ）の筋活動を基に比較検討し，直立姿勢保持における姿勢と体幹・股関節筋の筋制御の関連を明らかにし，姿勢指導における知見を得ることを目的とした．

2-2. 方法

被験者には過去1年間において腰痛の既往がなく，テスト姿勢において疼痛のない健康成人男性14名（年齢：21.6±3.2歳，身長173.4±5.5cm，67.2±9.5kg）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，事前に藍野大学倫理委員会の「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，研究の目的および実験内容について承認【Aino2015-022】を得たものである．

被験者は背もたれのない座面高が可変式の椅子に座り，足部は肩幅に開き，股関節，膝関節が90°屈曲位となるように調整した．上肢は下垂位で，手掌は

膝上となる肢位を基本肢位とした。被験者にはその後 2m 前方で各被験者の目線の高さの位置に指標を置き、測定時はそちらを注視するように指示した。

次に各被験者に対して、①胸椎・骨盤直立、②スランプ、③骨盤直立の 3 つの姿勢条件（図 2-1）をランダムにとらせ、その時の筋活動および脊柱・骨盤傾斜角度を計測した。なお計測前に、各姿勢条件に関しては同一検者が指導を行い、こちらの指示に対して直ちにその条件を取れるよう練習を行った。各姿勢定義は先行研究（O'Sullivan et al.,2002.,2006 ; Claus.,2009）を参考に、骨盤直立は骨盤立てるため骨盤を前傾させた状態で、胸椎はリラックスした肢位とした。胸椎・骨盤直立は骨盤直立の状態から軽度肩甲骨を内転、胸椎を伸展し、骨盤の前傾を増加させない肢位とした。スランプは顔を上げたまま骨盤を後傾させて胸椎をリラックスした肢位とした。それぞれの肢位は 10 秒間保持させた。

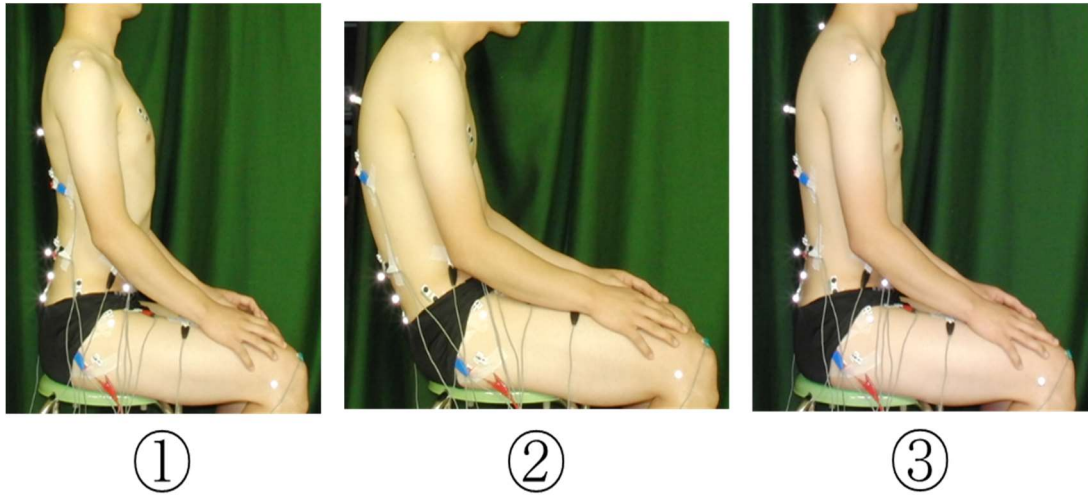


図 2-1 各姿勢条件

①胸椎・骨盤直立, ②スランプ, ③骨盤直立

筋活動の測定は表面筋電図を使用した。表面電極にはセンサ部分 1cm×1cm の ディスポーザブル電極 (Ag/AgCl) を使用した。十分な皮膚処理を行った後、電極間距離 2.0cm で筋の走行に対して平衡となるように貼付した。測定筋および電極貼付位置は先行研究 (Roy et al.,1989 ; Ng et al.,1996 ; 藤原ら.,2007 ; Jiroumaru et al.,2014) を参考に股関節筋では大腿筋膜張筋 (上前腸骨棘と大転子の中点) , 縫工筋 (上前腸骨棘より 8cm 遠位で筋腹上) , 大腿直筋 (下前腸骨棘と膝蓋骨上縁の中点) , 腸腰筋 (上前腸骨棘より内側 3cm, 下方に 5cm) , 大殿筋上部繊維 (上後腸骨棘から 2 横指下と大転子を結んだ線の筋腹上) , 大殿筋下部 (座骨結節より 5cm 上) , 次に体幹筋では腹直筋 (剣状突起の下 5cm, で外側 3cm) , 内腹斜筋 (上前腸骨棘の内側) , 外腹斜筋 (第 8 肋骨の下縁) , 胸腸肋筋 (第 9 胸椎棘突起の外側 5cm) , 腰腸肋筋 (第 1 腰椎の高さで, 被験者の正中と外側縁の間) , 腰部多裂筋 (第 4, 5 腰椎棘突起間から外側 2cm) とした。電極はいずれも右側に貼付し, アース電極は右の膝蓋骨においた。筋電図は, テレメトリー型筋電計 (MQ16, キッセイコムテック社製, 日本) 用い, 双極導出にて 1000Hz のサンプリング周波数で専用のソフトウェア (VitalRecorder2, キッセイコムテック社製, 日本) を用いてパーソナルコンピュータに記録した。得られた EMG データは動作解析ソフト (Kine Analyzer, キッセイコムテック社製, 日本) を用いて, フィルタ処理 (Band pass 20-500Hz) , 二乗平方根平滑化処理 (Root mean square : RMS) を行った。次にスランプの各筋活動の RMS を 1 として正規化した。正

規化された EMG データのうち、安定した 5 秒間から各筋の筋積分値を算出した。

脊柱弯曲角度および骨盤傾斜角度の計測には、デジタルカメラ（EX-F1, CASIO 社製, 日本）を使用し、先行研究（O'Sullivan et al.,2006）を参考に解剖学的特徴点（C7, Th7, Th12, L3, S2, ASIS, PSIS）に直径 20mm の反射マーカーを貼付した上で矢状面像を撮影した。取得した画像から画像処理ソフト（ImageJ, Version 1.48, National Institute of Health, アメリカ）を用い、胸椎後弯（C7-Th7-Th12）、腰椎前弯（Th12-L3-S2）、骨盤傾斜（ASIS-PSIS）の角度を算出した（図 2-2）。

各姿勢条件間での筋活動および角度を比較検討するため、筋活動および角度データに対して一元配置分散分析を行い、有意差のあった項目に関して、Bonferoni 法による多重比較検定を行った。統計処理には解析ソフト（SPSS Statistics Ver21 for Windows）を用い、いずれも有意水準は 5%未満とした。

2-3. 結果

2-3-1 姿勢条件間での脊柱弯曲及び骨盤傾斜角

脊柱弯曲および骨盤傾斜（図 2-3）より、胸椎後弯の角度は、スランプ、骨盤直立、胸椎・骨盤直立の順で有意に減少した ($p > 0.05$)。腰椎前弯、骨盤後傾の角度は骨盤直立、胸椎・骨盤直立間で有意差を認めなかった ($p > 0.05$)。このことから、本研究において定義した姿勢条件を満たしていた。

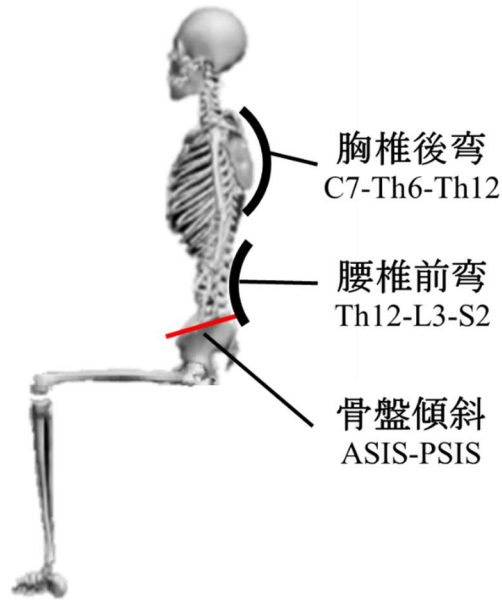


図 2-2 脊柱弯曲および骨盤傾斜の角度定義

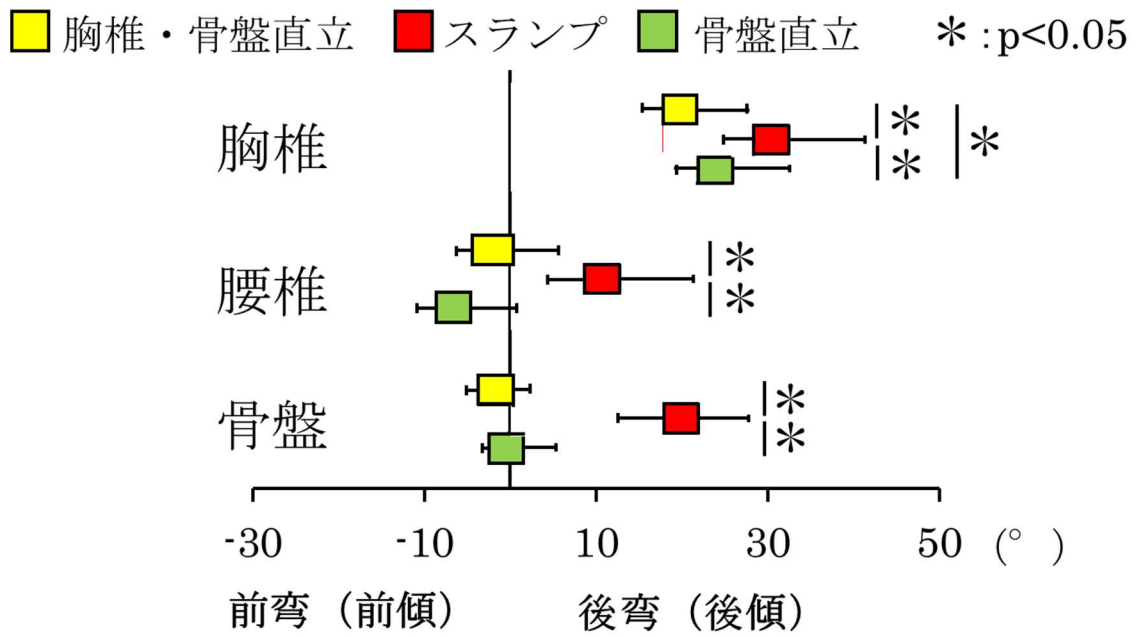


図 2-3 脊柱弯曲および骨盤傾斜の角度

2-3-2 姿勢条件間での股関節・体幹筋活動

股関節筋活動（図 2-3）では、腸腰筋は他の姿勢条件に対して有意にスランプで筋活動の低下（ $p < 0.05$ ）を認めた。次に大殿筋上部において骨盤直立に対して、スランプで筋活動の低下（ $p < 0.05$ ）を認めた。他の股関節筋群においてはいずれの姿勢条件においても有意差を示さなかった。

次に体幹筋活動（図 2-4）では内腹斜筋，外腹斜筋，胸腸肋筋，腰腸肋筋，腰部多裂筋においていずれも他の姿勢条件（胸椎・骨盤直立，骨盤直立）と比較し，スランプで有意な筋活動の低下（ $p < 0.05$ ）を認め，胸椎・骨盤直立と骨盤直立間では筋活動に差を認めなかった。胸腸肋筋は胸椎・骨盤直立，骨盤直立，スランプの順で活動低下（ $p < 0.05$ ）を認めた。腰部多裂筋においては，骨盤直立に対して胸椎・骨盤直立，およびスランプで筋活動の低下を認めたものの，胸椎・骨盤直立およびスランプでは差を認めなかった。

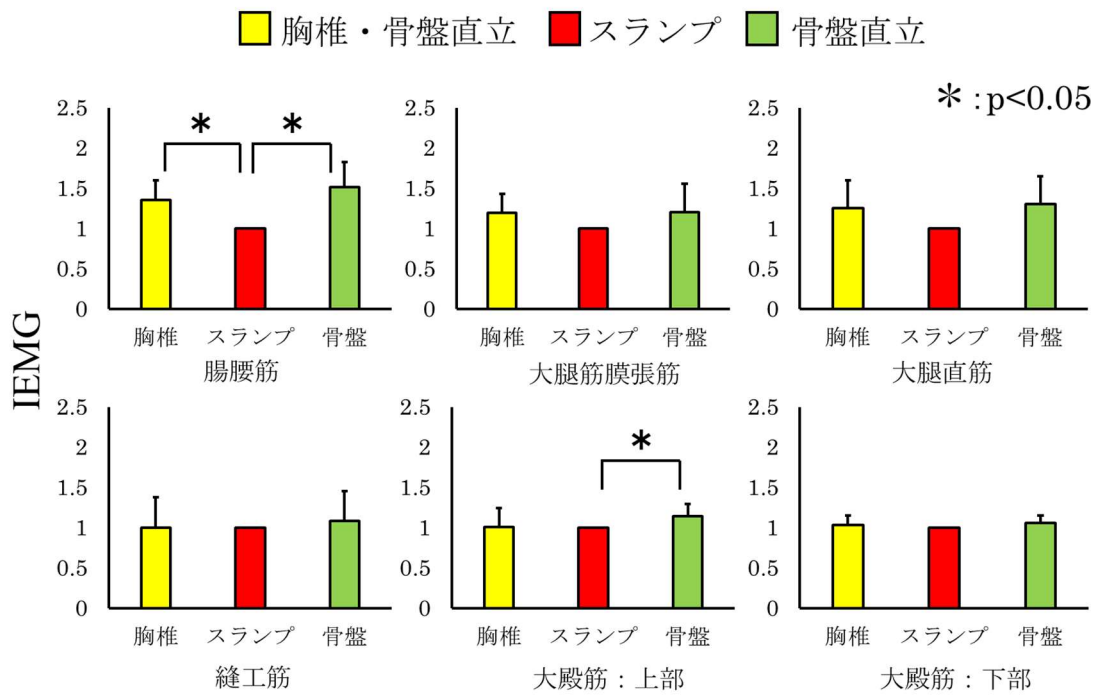


図 2-3 股関節筋活動 (胸椎：胸椎・骨盤直立，骨盤：骨盤直立)

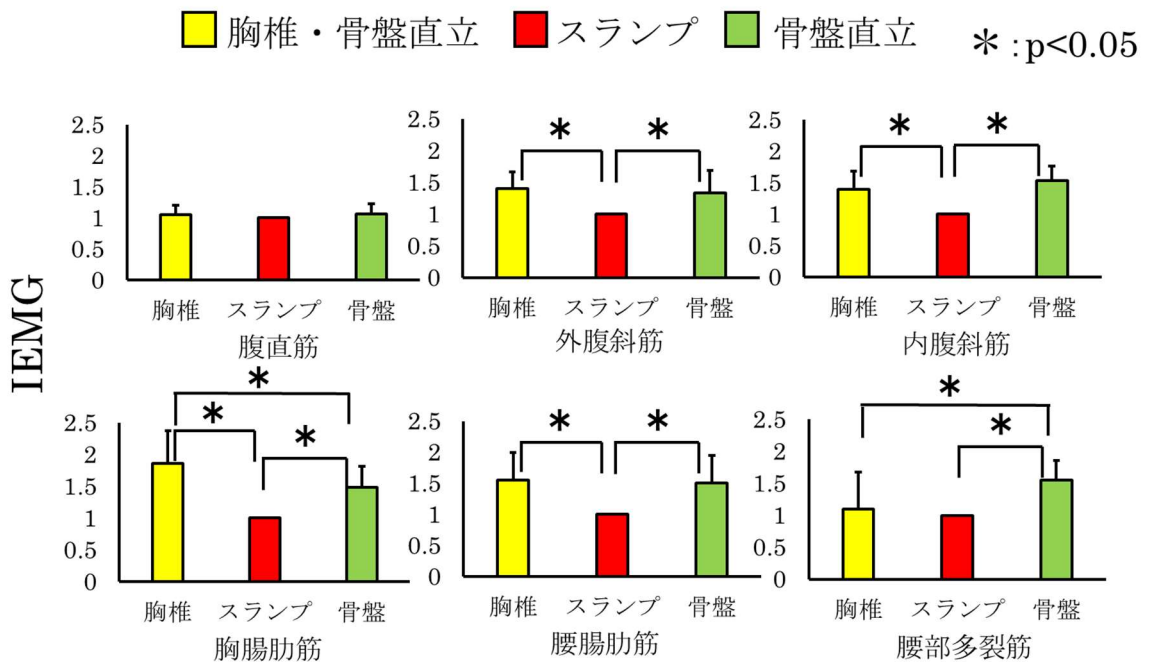


図 2-4 体幹筋活動 (胸椎：胸椎・骨盤直立，骨盤：骨盤直立)

2-4. 考 察

本研究は異なる2つの直立座位（胸椎・骨盤直立，骨盤直立）を受動姿勢であるスランプの筋活動を基に比較検討し，座位保持における股関節・体幹筋と脊柱-骨盤との関係を明らかにすることを目的として実験を行った．結果，不良肢位であるスランプから直立座位に移行する上で股関節筋が重要であることが明らかになった．また2つの直立姿勢の比較においては，胸椎弯曲の変化が，体幹背側のローカル筋及びグローバル筋の筋活動変化と関連することが明らかになった．これらは脊柱-骨盤姿勢の変化が，股関節・体幹筋のローカル筋及びグローバル筋の筋制御に影響を与えることを示唆するものである．

本研究の興味深い知見として，スランプと2つの直立姿勢を比較から，4つの股関節屈筋の中で腸腰筋にのみスランプで有意な活動低下を認めた．これまで腸腰筋は股関節屈曲の主要な筋としてだけでなく，その付着部から胸腰椎を伸展し姿勢保持に関与すると考えられてきた．しかし，他の股関節屈筋群と比較して腸腰筋の姿勢保持機能を報告した検討はない．この結果は，腸腰筋が股関節屈筋群において脊柱-骨盤の直立姿勢保持に関与することを示すものである．

腸腰筋は多裂筋と同様に体幹のローカル筋であり，腰痛患者において筋活動の低下と萎縮を認める（Ploumis et al.,2011）．Hodgesら（2015）は座位の耐久性を向上させる際に股関節屈筋の重要性を指摘している．しかし，これま

でどの股関節屈筋が直立座位に重要なのかについては検討されていない。本研究の結果は直立を達成する上で、股関節屈筋の中でも特に腸腰筋の活動が重要であるという科学的根拠を提供するものである。

次に股関節筋においてスランプと比較し、直立で有意な大殿筋上部の活動増加を認めた。大殿筋も股関節筋の中で直立姿勢保持に関与すると考えられている筋である (Oatis.,2012)。そのため大殿筋の活動低下は腰痛患者だけでなく、健常成人において長時間の立位で腰痛を発症する人にみられる (Leinonen et al.,2000 ; Danaerts et al.,2006)。これまで腸腰筋と同様に大殿筋においても姿勢保持に重要であると考えられてきたものの、それを脊柱-骨盤との関係から検討した報告はない。また骨盤直立の保持には腸腰筋と大殿筋、両方の協調した活動が必要であることが明らかになった。

次に2つの直立座位における胸椎後弯角度の差が、体幹のローカル筋およびグローバル筋の筋活動の変化と関連した。O`Sullivanら(2006)も、胸椎直立条件と骨盤直立条件を比較した。しかしながら、この際の胸椎直立条件は、過度な腰椎前弯、及び骨盤の前傾を含んでいた。そのため本研究の胸椎・骨盤直立とは姿勢が異なる。先行研究において骨盤直立から胸椎直立に移行することで、体幹腹部のローカル筋である内腹斜筋の低下とグローバル筋である外腹斜筋の活動増加と関連した。しかし、本研究においては2つの直立座位条件において体幹腹部の筋活動に差を認めなかった。本研究における2つの直立姿勢における脊柱-骨盤の差は、胸椎後弯角度のみであった。胸椎・

骨盤直立と骨盤直立を比較し、胸椎・骨盤直立で優位に胸椎後弯角度の減少を認めた。またこの胸椎後弯角度の変化は、体幹背側のグローバル筋である胸腸肋筋の活動増加、ローカル筋である腰部多裂筋の活動低下と関連した。

腰部多裂筋は遅筋繊維に富み、腰部骨盤帯の安定化に関与するローカル筋である (Bergmark.,1989)。また腰痛患者においては多裂筋の萎縮や脂肪浸潤を認めるとの報告が散見される (Mooney et al.,1997; Hides et al.,1994; 2008)。いずれの研究においても腰痛患者における姿勢指導においてはこの多裂筋の再教育訓練が重要であることを強調している。しかしながら、多くの姿勢指導の場面において、患者に対して骨盤を立てることだけでなく、“胸を張る”、“肩甲骨を締める”など胸椎の伸展を要求することは少なくない。Hodgesら (2015) によると、多裂筋の収縮には腰椎前弯と胸椎後弯を維持しながら体幹を起こす、すなわち股関節を屈曲させることが重要であるとしている。つまり、過剰な胸椎・腰椎前弯なしに骨盤を直立させる必要がある。今回の骨盤直立はまさしく、上記の条件を満たしたことになり、その条件を満たすことが姿勢保持における多裂筋の活動を増加させることを裏付けるものである。

また胸部・骨盤直立は多裂筋の活動低下だけでなく、胸腸肋筋の増加と関連した。胸腸肋筋は表層に位置し、胸腰筋膜にも起始するグローバル筋である。グローバル筋は剛性を高めることにおいて、ローカル筋よりも優れている。脊柱の安定性を大きく高める一方で、疲労性が高く、脊柱に加わる圧縮負荷が大きい (Gardner-Morse.,1998)。それを示すように腰痛患者においては

胸腸肋筋群の活動が増加する (Reeves et al.,2006)。

また興味深いことに、胸椎・骨盤直立における腰部多裂筋の筋活動がスランプと同程度の低値を示した。スランプ肢位では、先行研究から伸筋群の活動が最小となることが報告されている (O'Sullivan et al.,2002.,2006 ; Claus.,2009)。スランプは受動的システムの依存度が高い姿勢である。脊柱の後弯角度の増大により、脊柱背部の支持組織が伸長されることで張力を発生させ姿勢を保持するため、能動的システムである骨格筋の貢献度を低下させることができる。今回、胸椎・骨盤直立において多裂筋の活動が、スランプと同様の低い活動を示した。胸部・骨盤直立は胸部背面の能動的システムである骨格筋の収縮を高めた姿勢である。このような胸部の能動的システムの増加が、腰部の能動的システムの低下に関連することは、腰部の安定化を図るための姿勢指導において重要な知見である。

胸椎・骨盤直立において多裂筋の活動が減弱した要因として、胸腸肋筋の活動増加が関連すると考えられる。胸腸肋筋は胸腰筋膜の浅層に位置し、胸部ではコンパートメントの大部分を占める (菊池.,2015)。そのため胸部起立筋の収縮は胸腰筋膜の支持性を向上させることにつながる。胸腰筋膜は多裂筋と並び腰椎骨盤の安定化に関与する重要な支持組織である (Hodges et al.,2015)。したがって、胸部・骨盤直立における腰部多裂筋の活動低下には、胸腸肋筋の活動増加による胸腰筋膜内のコンパートメントの変化が関連していることが考えられる。

2-5. まとめ

健常成人を対象に異なる2つの直立姿勢（胸部・骨盤直立，骨盤直立）と不良姿勢（スランプ）を取らせ，その時の股関節および体幹の筋活動を比較検討した．結果，スランプでは2つの直立姿勢と比較し股関節では腸腰筋が，体幹では腹直筋を除くすべての筋で活動が低下した．また直立姿勢の比較では，股関節筋において変化はないものの，体幹で胸部・骨盤直立において多裂筋の活動が，スランプと同程度の低値を示した．これらの知見は，姿勢再教育を行う上で重要な基礎的知見となる．

第3章 立位姿勢が股関節・体幹筋制御に与える影響

3-1. 目的

立位でも座位と同様に不良姿勢と呼ばれる姿勢があり、中でもスウェイバックや過前弯は成長期前から観察され、腰痛と関連する (Dolphens et al.,2014) 典型的な不良姿勢である。しかしながら、腰痛とこれらの不良姿勢との関連についてはまだ不明な点が多い (Bullock-Saxton.,1993 ; Oatis.,2012)。

先行研究から直立姿勢から受動姿勢であるスウェイバックになることで脊柱安定化に關与する体幹ローカル筋の活動が低下することが報告されている (O'Sullivan et al.,2002)。これは脊柱-骨盤肢位が変化することで、骨格系に異なるストレスを発生させることにつながることを示している。スウェイバックと同様に腰痛との関連が報告されている過前弯は腰痛発症の要因となることが諸家から多く報告 (Joan et al.,2003 ; Kim et al.,2006) されている。しかし、これまでの立位姿勢と筋活動の研究では過前弯は含まず、スウェイバックのみの検討となっている。

また先行研究において検討されたのは体幹筋のみで、股関節筋を含めた検討がなされていない。姿勢保持における股関節筋の重要性については多く報告され (Sahrmann.,2005 ; Gombatto et al.,2006 ; Van Dillen et al.,2007 ; Schltes et al.,2009 ; Steffen et al.,2010)、股関節の筋張力の変化が、体幹筋活動に影響を与えることが報告されている (Snijders.,1995)。このことから姿勢における股関節筋の影響を検討することなく、立位における姿勢と筋制御の関連を明らかにすることは出来ない。

本研究は先行研究を参考に不良姿勢を持たない健康成人を対象に、異なる3つの姿勢条件、基本姿勢の直立、不良姿勢のスウェイバックと過前弯を取らせた際の体幹・股関節の筋活動を明らかにすることで、姿勢と股関節・体幹筋制御との関連を明らかにすることを目的とした。

3-2. 方法

被験者には過去1年間において腰痛の既往がなく、条件姿勢において疼痛のない健康成人男性17名(21.2±3.6歳, 174±5.5cm, 67.6±8.8kg)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、事前に藍野大学倫理委員会の「ヒトを対象とする研究倫理」の規定に基づき、実験前に、研究の目的および実験内容について承認【Aino2015-022】を得た。

各被験者には①直立、②スウェイバック、③過前弯の3つの姿勢条件(図3-1)をランダムにとらせ、各肢位を10秒間保持させた。また測定時被験者は上肢下垂位で、2m前方にある各被験者の目線の高さに合わせた指標を置き、測定時にそれを注視するように指示した。測定項目は筋活動および脊柱・骨盤傾斜角度を計測した。なお計測前に、各姿勢条件に関しては同一検者が指導を行い、こちらの指示に対して直ちにその条件を取れるよう練習を行った。

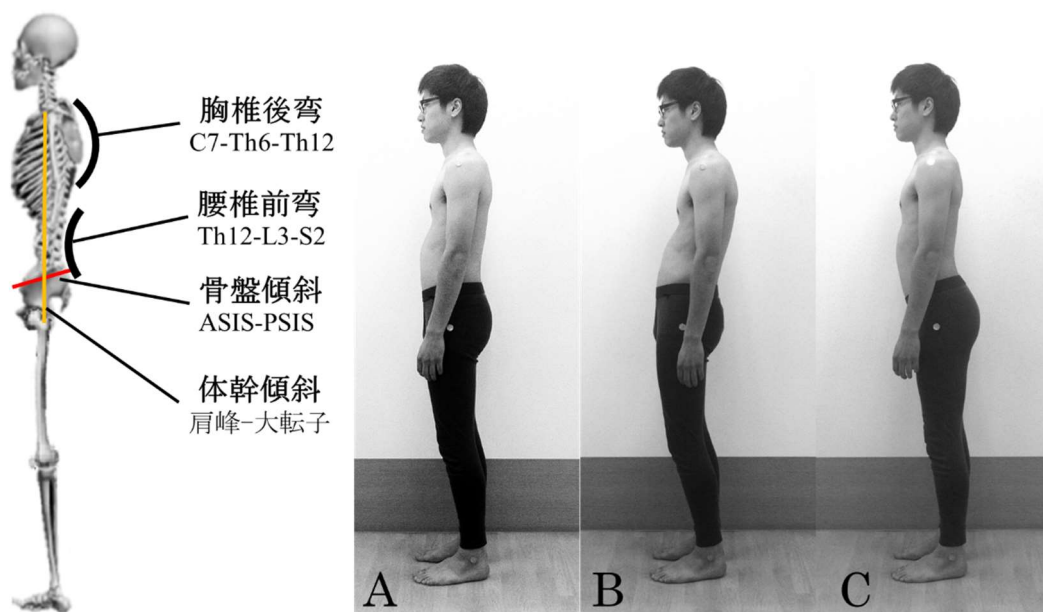


図 3-1 姿勢条件と角度定義

(A) 直立, (B) スウェイバック, (C) 過前弯

各姿勢定義は先行研究 (O'Sullivan et al.,2002 ; Sahrman.,2005 ; Kendall et al.,2006 ; Dolphenset al.,2014) を参考に, スウェイバックは直立と比較し, 胸椎後弯角の増加, 骨盤前傾角の減少, 体幹の後方傾斜とした. 過前弯は腰椎前弯角の増加, 骨盤前傾角の増加, 体幹の前方傾斜とした. 実験中, 姿勢定義が取れているかを脊柱弯曲角度および骨盤傾斜角度から確認した.

筋活動の測定には表面筋電図を使用し, 表面電極にはセンサ部分 1cm×1cm の ディスポーザブル電極 (Ag/AgCl) を使用した. 十分な皮膚処理を行った後, 電極間距離 2.0cm で筋の走行に対して平衡となるように貼付した. 測定筋および電極貼付位置は先行研究 (Roy et al.,1989 ; Ng et al.,1996 ; 藤原ら.,2007 ; Jiroumaru et al.,2014) を参考に股関節筋では大腿筋膜張筋, 縫工筋, 大腿直筋, 腸腰筋, 大殿筋上部, 大殿筋下部, また体幹筋では腹直筋, 内腹斜筋, 外腹斜筋, 胸腸肋筋, 腰腸肋筋, 腰部多裂筋を, 電極はいずれも右側に貼付し, アースは右の膝蓋骨に置いた. 筋電図は, テレメトリー型筋電計 (MQ16, キッセイコムテック社製, 日本) 用い, 双極導出にて 1000Hz のサンプリング周波数で専用のソフトウェア (VitalRecorder2, キッセイコムテック社製, 日本) を用いて記録した. 得られた EMG データは動作解析ソフト (Kine Analyzer, キッセイコムテック社製, 日本) を用いて, フィルタ処理 (Band pass 20-500Hz), 二乗平方根平滑化処理を行った. 最大等尺性収縮時の各筋活動を基に正規化し, 安定した 5 秒間から各筋の筋積分値を算出した.

脊柱弯曲角度および骨盤傾斜角度の計測には, デジタルカメラ (EX-F1, CASIO 社製, 日本) を使用し, 先行研究 (O'Sullivan et al.,2006 ; Dolphenset al.,2014) を参考に解剖学

的特徴点 (C7, Th7, Th12, L3, S2, 上前腸骨棘 (ASIP), 上後腸骨棘 (PSIS), 肩峰, 大転子) に直径 20mm の反射マーカ―を貼付した上で矢状面像を撮影した。取得した画像から画像処理ソフト (ImageJ Version 1.48, NIH, アメリカ) を用い、胸椎後弯 (C7-Th7-Th12), 腰椎前弯 (Th12-L3-S2), 骨盤傾斜 (ASIS-PSIS), 体幹傾斜 (肩峰-大転子) の角度を算出した。

各姿勢条件間での筋活動および角度を比較検討するため、筋活動および角度データに対して一元配置分散分析を行い、有意差のあった項目に関して、Bonferoni 法による多重比較検定を行った。統計処理には解析ソフト (SPSS Statistics Ver21 for Windows) を用い、いずれも有意水準は 5%未満とした。

3-3. 結果

脊柱弯曲および骨盤傾斜角 (図 3-2) より、直立と比較してスウェイバックでは有意に胸椎の後弯増加 ($p > 0.05$), 骨盤前傾の減少 ($p > 0.05$), 体幹の後方傾斜 ($p > 0.05$) を認めた。次に過前弯では直立と比較して有意に腰椎前弯および骨盤・体幹前傾の増加 ($p > 0.05$) を示した。このことから各条件で姿勢定義を満たしたことを確認した。

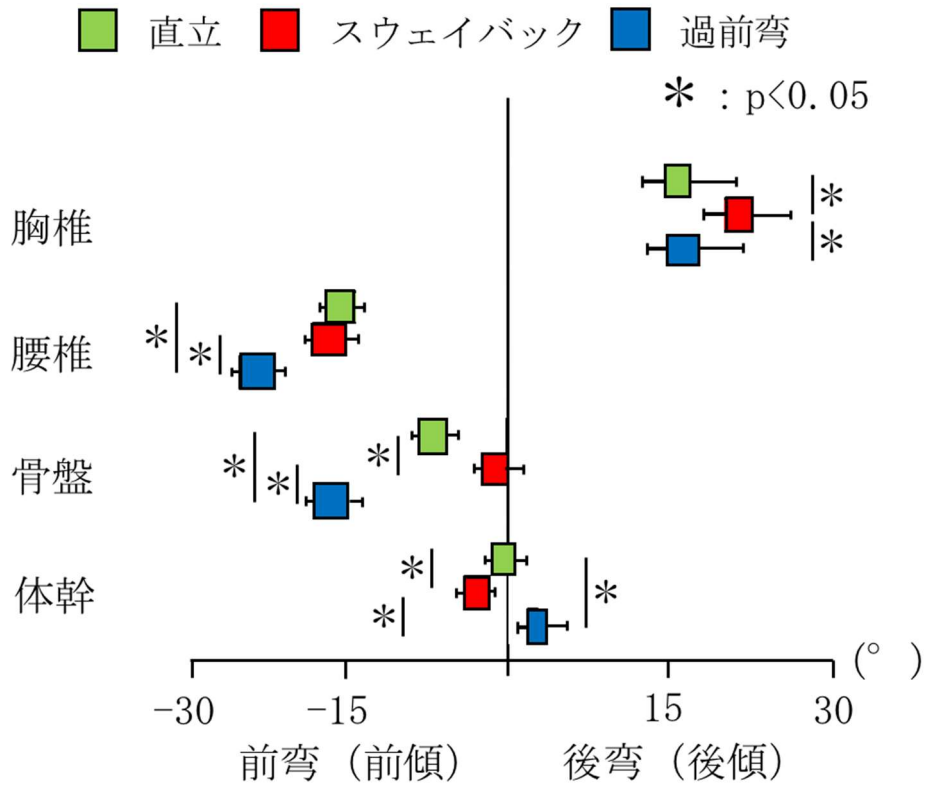


図 3-2 3 条件姿勢における胸椎・腰椎弯曲，および骨盤・体幹傾斜角

股関節の筋活動（図 3-4）では直立と比較し、スウェイバックで有意に腸腰筋、および大殿筋上部・下部の筋活動低下（ $p > 0.05$ ）を認めた。また直立と比較し、過前弯では股関節筋の中で有意に大殿筋下部の筋活動低下（ $p > 0.05$ ）を認めた。

次に体幹の筋活動（図 3-4）では直立と比較し、スウェイバックで腹直筋の増加（ $p > 0.05$ ）と内腹斜筋の低下（ $p > 0.05$ ）を認めた。次に直立と比較して、過前弯で胸部・腰部腸肋筋および腰部多裂筋の活動増加（ $p > 0.05$ ）を認めた。

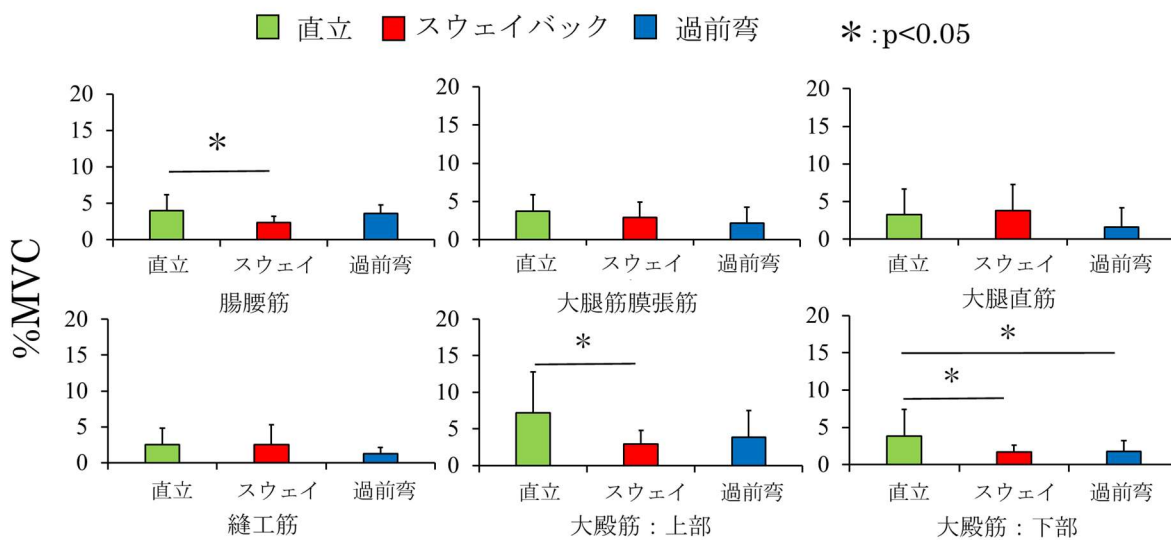


図 3-3 3 姿勢条件における股関節の筋活動比較 (%MVC)

直立, スウェイ: スウェイバック, 過前弯

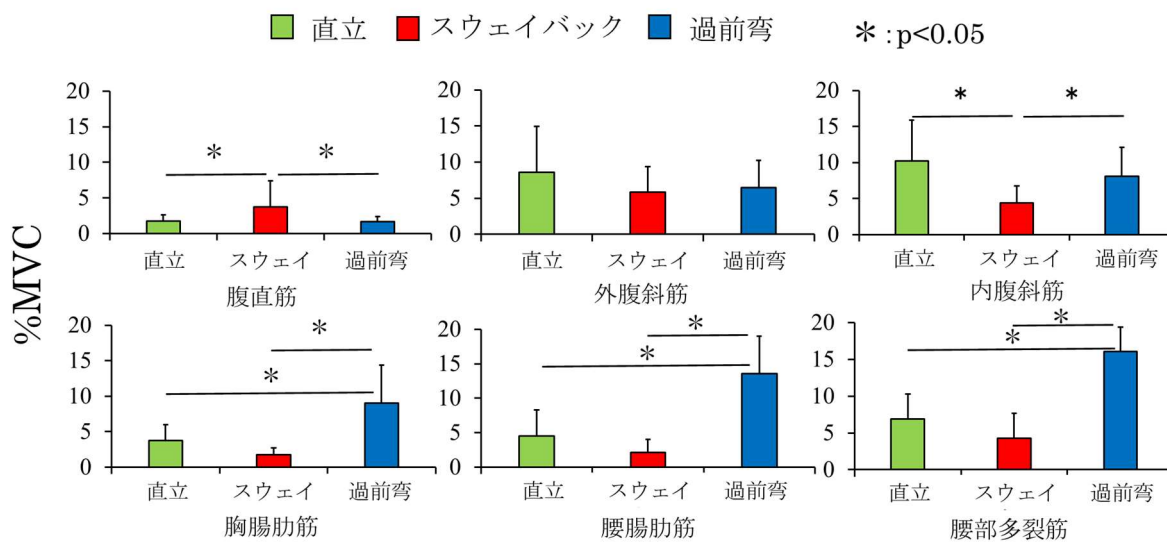


図 3-4 3 姿勢条件における体幹の筋活動比較 (%MVC)

直立, スウェイ: スウェイバック, 過前弯

3-4. 考察

本研究は健常成人を対象として基本的立位姿勢である直立と異なる2つの不良姿勢（スウェイバック、過前弯）を取らせ、その際の筋活動を比較検討し、股関節・体幹筋と脊柱-骨盤傾斜との関係を明らかにすることを目的として実験を行った。本研究の結果から姿勢変化が、股関節・体幹の姿勢保持筋の筋活動に影響を与えることが明らかになった。姿勢変化に伴う筋制御の変化は、不良姿勢において腰部に異なるストレスを発生させることを示唆するものである。

スウェイバックは直立と比較し、体幹および骨盤の後傾と胸椎後弯の増大を認めた。またこの姿勢変化は、股関節では腸腰筋、大殿筋の活動を低下させ、体幹では先行研究（O'Sullivan et al.,2002）と同様に腹直筋の増加と内腹斜筋の活動低下と関連した。これまで姿勢変化と股関節筋との関係について検討した研究はほとんど見られないが、体幹の後方傾斜が股関節屈曲および体幹の内部モーメントを増加させることが報告されている（Mitnitski et al.,1998 ; Leteneur et al.,2009）。しかしながら、興味深いことに本研究においてスウェイバックは腹直筋の活動増大に対し、腸腰筋において活動は低下し、他の股関節屈筋群では変化は見られなかった。この股関節屈筋群に要求される力学的にストレスに対して、腸腰筋は活動低下を示したことから、スウェイバックは姿勢保持に非収縮要素である骨格構造などに依存していることを示唆する。またこの知見はスウェイバックを非収縮要素の依存した受動姿勢（Sahrmann.,2002 ; Kendall.,2005）と考えてきたセラピストたちの考えに科学的根拠を与え、その意見を支持するものである。

股関節は屈曲可動域が大きく、伸展可動域がそれに対して狭い。その構造を支えてい

るのは股関節前面に位置し股関節伸展を制限している強固な靭帯群である (Oatis.,2012). 受動的システムの貢献度は、関節可動性に依存している (Kouwenhoven.,2006). 立位での股関節伸展は、股関節前面の支持組織を伸長させる (Sahrmann.,2005 ; Kendall et al.,2006). スウェイバックは骨盤後傾に伴う股関節伸展により、股関節前面の靭帯群の弾性エネルギーを高めることで、受動的システムの貢献度を高めていると考えられる. この受動的システムの貢献度を高めることに、腸腰筋と大殿筋の筋活動低下が関連していた. 腸腰筋は脊柱の支持性に関与する深層筋でありその活動低下は腰痛関連する (Ploumis et al.,2011 ; Hodges et al.,2015). また大殿筋は仙腸関節に加わるストレスを減弱させる姿勢保持筋 (Vander et al.,2010) である. そのためスウェイバックにおける受動的システムの貢献度を増加させることは、股関節前面の靭帯に不可逆的変化をもたらすだけでなく、腸腰筋と大殿筋の活動を低下させることで、腰部に異なるストレスを生成するものと考ええる.

次に過前弯は直立と比較し、体幹および骨盤の前傾と腰椎の前弯の増大を認めた. また、この姿勢変化は体幹伸筋の活動増加と股関節伸展筋である大殿筋の活動低下と関連した. 現在のところ過前弯と腰痛の関連を報告した研究はあるものの、過前弯における筋活動を報告したものはない. しかしながら、慢性腰痛者の安静時や動作時において、今回と同じように胸腸肋筋の活動増加が報告されている (Leinonen et al.,2000). また体幹伸展トルク増加の要求に対して、大殿筋下部繊維の活動は低値を示した. 大殿筋は仙腸関節を圧縮することで骨盤の安定性に関与し、腰痛者では大殿筋の活動が低下することが報告されている (Vander et al.,2010 ; Hodges et al.,2015). このことから背筋

群だけでなく過前弯においてもスウェイバックと同様に股関節筋の活動変化に伴い、腰部に異なるストレスが生じているものと考える。

本研究の結果からスウェイバックは骨格筋の収縮を減弱させ、非収縮要素である骨格系に負荷をもたらすため、腰部に加わるストレスを増加させることが示唆される。また過前弯は体幹伸展筋の活動増加と股関節伸展筋の活動低下により、腰部のストレスを増大させることが示唆された。本研究の結果、不良姿勢は体幹・股関節周囲筋の筋制御に影響を与えることが明らかになった。また今回の結果から不良姿勢から正しい姿勢保持に移行するためには、股関節筋の働きを考慮した姿勢指導が重要であると考える。

3-5. まとめ

健常成人を対象に異なる3つの立位姿勢(直立, スウェイバック, 過前弯)を取らせ、その時の股関節および体幹の筋活動を比較検討した。結果、スウェイバックと過前弯の両姿勢において脊柱アライメントに関連した筋活動の変化を認めた。この知見は、不良姿勢と腰痛の関連、また姿勢再教育を行う上で重要な基礎的知見となる。

第4章 姿勢が歩行動作に与える影響

4-1. 目的

筋電図学的研究から姿勢を変化させることで静止姿勢保持における股関節・体幹の筋制御が変化することが明らかになった。しかしながら、姿勢の変化から生じる問題は、静的条件だけではない。姿勢に偏りをもつ者では運動による外傷が多いことが報告 (Watson.,1995) されているが、姿勢が動的姿勢制御に与える影響については検討されていない。歩行は人間が最も簡便に用いる移動手段であり、運動時のリスクも低く、多くの健康増進効果が認められている (Morris et al.,1997 ; Durwood et al.,1999)。高齢者における姿勢と歩行の研究から、小さな姿勢変化が脊柱・下肢に大きな影響を与え、下肢の姿勢制御が変化することが報告されている (前島ら.,2004 ; Rubenstein et al.,2006)。しかし、成人を対象とした姿勢と歩行動作の関連についての検討はない。そのため直立姿勢や不良姿勢が歩行に与える影響については不明な点が多く、歩行訓練時に姿勢指導の必要性を示す根拠もない。

歩行中の体幹と下肢の関係において、Perry (2012) はそれらを機能的に2つのユニットに分類している。1つ目はパッセンジャーユニットと呼ばれ、頭部・体幹 (骨盤を含む)・上肢からなり、歩行時の姿勢保持機能をもつ。それに対し2つ目はロコモーターユニットと呼ばれ、骨盤と下肢からなる。ロコモーターユニットは、パッセンジャーユニットを支持する役割と前進させる役割をもつ。人間が効率よく歩行を行う上では、パッセンジャーユニットの姿勢が重要となる。それはパッセンジャーユニットの質量が身

体の約 70%に相当する (Perry.,2012) ため、下肢の上に位置するパッセンジャーユニットの変位が僅かであっても、歩容変化もたらす最大の要因となる。近年、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、国内外で体幹傾斜に着目した歩行動作解析が行われている (Mitnintski et al.,1998 ; Leteneur et al.,2009 ; 佐久間ら.,2010)。しかし、いずれの先行研究においても関節モーメントを中心とした計測のみで、脊柱-骨盤肢位の変化が歩行動作に与える影響を検討したものはない。

第 3 章で検討を行ったスウェイバックや過前弯は腰痛との関連が多く報告される立位姿勢である (Dolphens et al.,2014)。そのためスウェイバックや過前弯が歩行動作に与える影響を検討することは、姿勢が歩行動作に与える影響を明らかにし、姿勢指導の必要性を検討する上で重要な知見を与えるものである。したがって、本研究では不良姿勢を持たない健常成人に対して各姿勢 (直立, スウェイバック, 過前弯) を取らせた際の歩行と直立姿勢での歩行を比較し、姿勢が歩行に与える影響を検討することを目的とした。

4-2. 方法

健常成人男性 15 名 (年齢 : 24.3 ± 3.4 歳, 身長: 172.3 ± 3.7 cm, 体重 : 65.1 ± 7.9 kg) を対象とした。また被験者において次の項目が該当する者は除外した (不良姿勢を有する, 過去 1 年において腰痛の既往がある, 実験姿勢を取らせた際に疼痛が誘発される)。なお実験に先立って各被験者には研究の目的, 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。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、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。

同一被験者に3つの姿勢条件をとらせた状態での歩行を計測した。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、基本的立位姿勢の直立、スウェイバック、過前弯とした(図4-1)。またこれまでと同様に測定に先立って、異なる姿勢条件を検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、同一検者が指導を行い、測定はランダムに行った。



直立 スウェイバック 過前弯

図 4-1 姿勢条件 (左から直立, スウェイバック, 過前弯)

今回行った姿勢条件は、先行研究（O'Sullivan et al.,2002 ; Sahrman.,2005 ; Kendall et al.,2006 ; Dolphenset al.,2014) をもとに、スウェイバックは骨盤が前方に突き出た姿勢で、胸椎後弯の増強、腰椎前弯、体幹の後方傾斜した姿勢、また過前弯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姿勢と定義した。今回上記の姿勢定義を満たしているかを、スウェイバックは①胸椎後弯角度の増加、②腰椎前弯の増加、③体幹の後方傾斜、過前弯は①骨盤前傾角度の増加、②腰椎前弯の増強、③体幹の前方傾斜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上記の特徴を認めること確認した。

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検者が判断した場合はやり直しをさせた。

次に歩行動作および脊柱弯曲と骨盤傾斜を計測するために、先行研究（O'Sullivan et al.,2002 ; 2006 ; 江原ら.,2008) を参考に全身の解剖学的特徴点 49 点（上から頭頂、前頭部、外後頭隆起、C7、肩峰、上腕外側中央、上腕骨内・外側上顆、前腕背側中央、尺骨および橈骨茎状突起、Th7、Th12、L3、S2、ASIS、PSIS、大転子、大腿前面中央、膝関節内・外側顆、下腿前面中央、足関節内・外果、踵骨後面、母指および小指中足骨頭）に直径 15mm の反射マーカを貼付した。それぞれの 3 次元座標値を 16 台のカメラ（200Hz）を用い（図 4-2）、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 社製、アメリカ）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。解析には動作解析ソフト(Kine Analyzer, キッセイコムテック社製, 日本)を用いた。各姿勢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(1997)の推定法を基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、65~100%を遊脚期とした。なお、重心位置の算出には江原ら(2001)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。また脊柱湾曲、骨盤傾斜および下肢関節角度は先行研究(臨床歩行分析研究会, 1997; O'Sullivan et al., 2006)を参考に各関節座標から算出した(図4-3)。

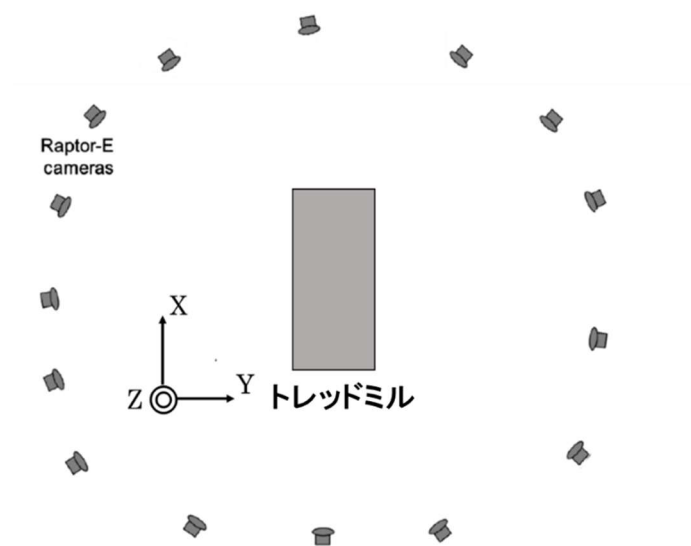


図 4-2 実験設定

トレッドミルの周囲に 15 台，真上の天井に 1 台，合計 16 台のカメラを設置

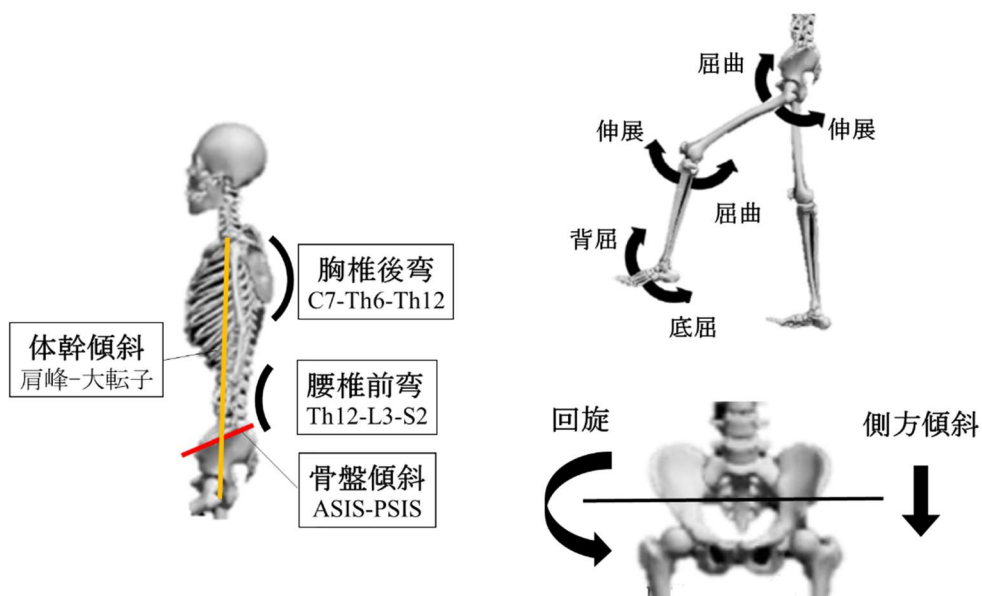


図 4-3 脊柱—骨盤および下肢関節角度定義

統計学的処理は、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。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。

4-3. 結果

直立、スウェイバック、過前弯における歩行時の歩行率、歩幅の平均値を表 4-1 に示した。歩行率、歩幅において条件間で有意差はみられなかった ($p > 0.05$)。

次に歩行中の脊柱弯曲、および体幹・骨盤傾斜を図 4-4 に示した。胸椎後弯角は歩行周期全般でスウェイバックが直立、過前弯に対して有意に胸椎が後弯していた ($p < 0.05$)。腰椎では過前弯、スウェイバック、直立の順に有意に腰椎が前弯していた ($p < 0.05$)。体幹・骨盤傾斜においては過前弯、直立、スウェイバックの順で有意に前傾していた ($p < 0.05$)。このことから先行研究より規定した姿勢定義であるスウェイバックの①胸椎後弯角度の増加、②腰椎前弯の増加、③体幹の後方傾斜、および過前弯の①骨盤前傾角度の増加、②腰椎前弯の増強は直立の姿勢条件と比較し、いずれも有意にその特徴を歩行周期全般で示していた。

歩行周期は Perry (2012) の分類に従い、右足の踵接地から再び右足が接地するまでを 1 歩行周期とした (図 4-5)。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、65~100%を遊脚期となり、各条件間で有意な差を認めなかった ($p > 0.05$)。

表 4-1 姿勢条件間の歩行率, 歩幅

	直立	スウェイバック	過前弯
歩行率 (歩/分)	121.7±6.7	119±3.5	121.5±5.7
歩幅 (歩幅/身長)	0.40±0.02	0.41±0.01	0.40±0.01

Mean ± SD

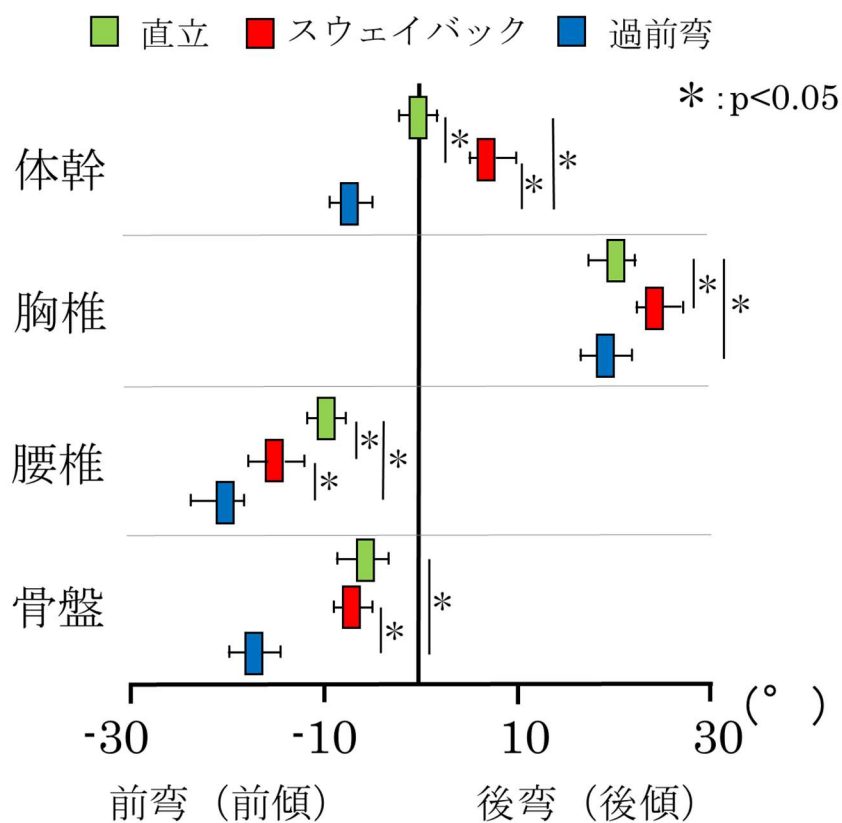


図 4-4 脊柱弯曲及び体幹・骨盤傾斜角度

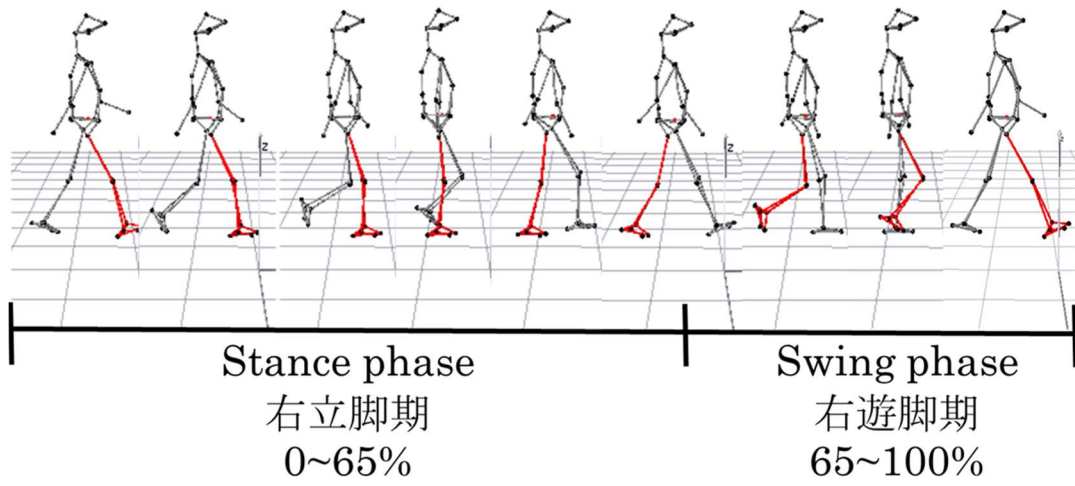


図 4-5 歩行周期 (右立脚期からを開始とした)

次に骨盤変位（図 4-6）の結果から，骨盤回旋角度において過前弯は直立と比較して歩行周期 0~10%，40~55%，90~100%間で有意な回旋角度の増加を認めた（ $p < 0.05$ ）．次に骨盤側方傾斜においてはスウェイバックが直立と比較して 0~20%，50~70%で有意な傾斜角度の増加を認めた（ $p < 0.05$ ）．

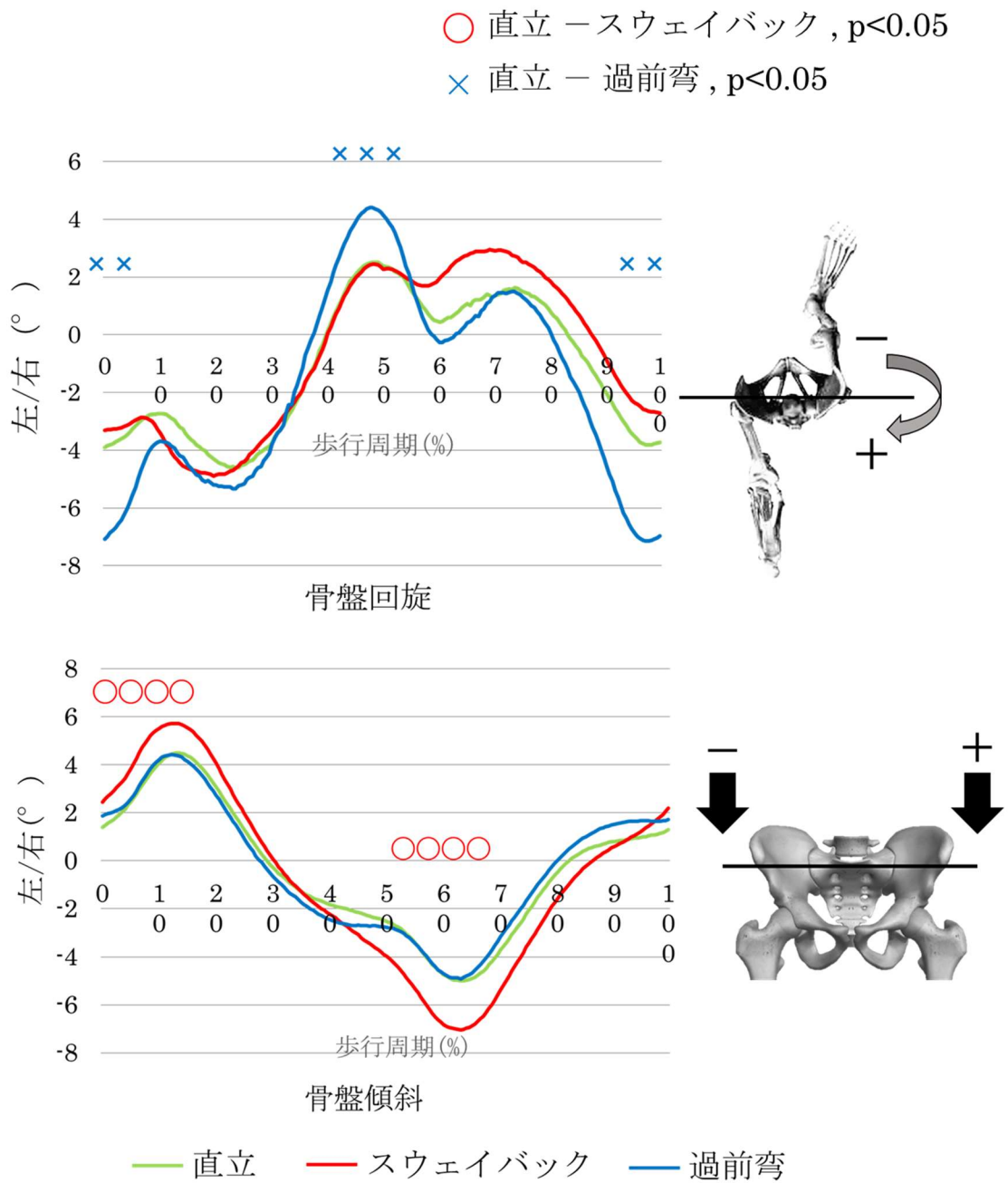


図 4-6 骨盤回旋および骨盤傾斜角度

下肢関節角度の結果（図 4-7）から，股関節角度において過前弯は直立と比較して，歩行周期 0~5%，90~100%で有意差な屈曲角度の減少を認めた ($p < 0.05$)．次にスウェイバックは直立と比較し，股関節角度は歩行周期 0~10%，90~100%で有意な増加を認めた ($p < 0.05$)．膝関節角度においてはでは 0~30%，足関節では 0~35%で有意な増加を認めた ($p < 0.05$)．平均で比較すると直立よりも股関節の初期屈曲角度は 10° 程度屈曲し，立脚期の膝関節屈曲角度も 10° 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．

重心の高さではスウェイバックで 0~100%で有意に低下を示した ($p < 0.05$)．他の条件より平均で 1.5~2cm 程度重心位置が低下した．また歩行周期中，重心の上下の振幅の大きさには条件間で有意な差を認めなかった ($p > 0.05$)．

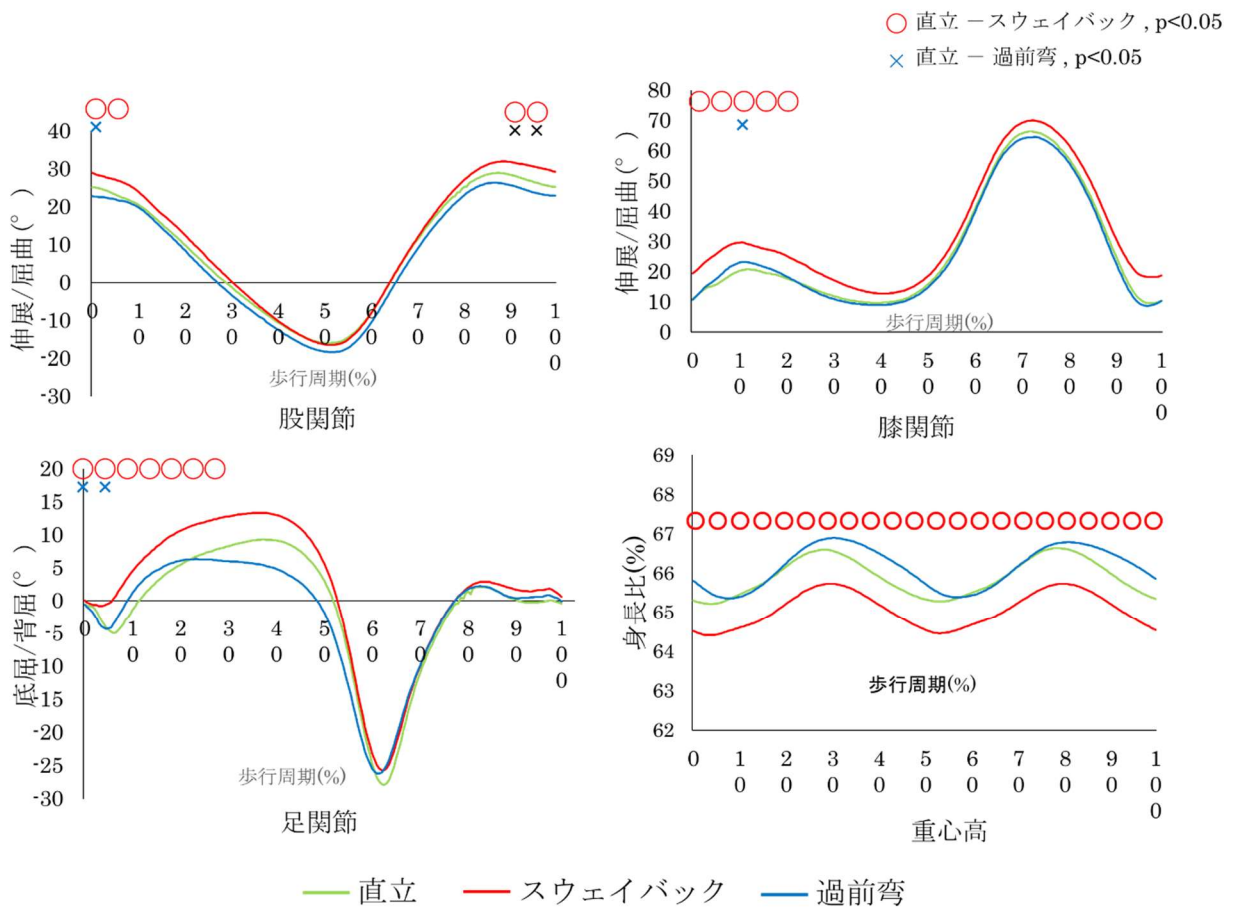


図 4-7 下肢関節角度

4-4. 考察

本研究は、健常成人に対して基本的立位姿勢（直立）と不良姿勢（過前弯、スウェイバック）を取らせた際の歩行動作を比較し、不良姿勢が歩行に与える影響を検討することを目的とした。その結果、直立と比較しスウェイバックと過前弯のいずれにおいても歩行時の骨盤変位が増加した。これは姿勢変化が歩行動作に影響を与えることを示唆するものである。

これまでの歩行研究において、健常成人における軽微な姿勢変化が歩行に与える影響に関しては検討されてこなかった。しかし、本研究から脊柱-骨盤肢位の軽微な変化が、歩行時の骨盤と下肢関節角度を変化させることが明らかになった。これはパッセンジャーユニットの姿勢が、ロコモーターユニットに大きな影響を与える (Mitnitski et al.,1998; Leteneur et al.,2009 ; Perry et al., 2012) と考えてきたセラピストたちの意見を支持するものである。今回の結果、いずれの不良姿勢も直立に対して異なる体幹傾斜と異なる下肢関節の角度を示した。このことから不良姿勢におけるロコモーター（骨盤と下肢）の角度変化は、いずれもパッセンジャーである体幹傾斜の変化に伴う、姿勢制御の変化が要因であると考ええる。

スウェイバックは直立と比較し荷重応答期における骨盤の側方傾斜が増大した。歩行時の骨盤側方傾斜の役割としては、重心上下動の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 (西森.,2011)。このことからスウェイバックの荷重応答期の骨盤側方傾斜角度の増大は、姿勢変化に伴う衝撃吸収作用の低下を示していると考ええる。先行研究から体幹後傾位での歩行では、荷重応答期に膝関節の屈曲角度が増大することで

下肢関節への外部モーメントが増大することが報告されている (Saha et al.,2008 ; Lenteneur et al.,2009 ; 佐久間ら.,2010). スウェイバックにおいて歩行時の荷重応答期に骨盤傾斜の増大だけでなく, 股関節・膝関節屈曲および足関節背屈角度が増大した. これらのことからスウェイバックは体幹が後傾することで, 荷重応答期の外部モーメントが増大し, 骨盤の側方傾斜角度が増大したと考える.

また荷重応答期の著名な骨盤傾斜はトレンデンプルグ跛行と呼ばれ, 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 (Chan et al.,2005 ; 井野ら.,2009). そのため変形性関節症の発生の力学的機序と関係する (前島ら.,2004 ; Mündermann et al.,2005). この現象は通常股関節外転筋である中殿筋の弱化による異常歩行として臨床で観察されることが多いが, 今回本研究において直立からスウェイバックにおいて骨盤傾斜角度の増大を認めた. これは姿勢が動作場面において下肢関節疾患の発症に関係することを示すものである.

またスウェイバックの下肢関節角度は, 直立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. これは体幹の後方傾斜によるパッセンジャーユニットの後方への質量変位を, 股関節の屈曲と下腿の前傾により軽減もしくは, 相殺するために各関節が協調したものと考える. このような脊柱-骨盤肢位の変化に伴う膝関節戦略の増大は, 変形性膝関節症の歩行分析における特徴 (前島ら.,2004 ; Leteneur et al.,2009) と部分的に合致するものである.

次に過前弯は直立と比較し, 立脚初期における骨盤回旋角度の増加を認めた. 立脚初期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

(西森.,2011). 先行研究において直立歩行と比較し, 体幹が 5~10° 前傾することで立脚期の体幹・股関節屈曲の外部モーメントが 2 倍となったと報告している (佐久間ら.,2010). これらのことから過前弯では立脚初期の体幹前傾に伴う外部モーメントの増加に対して, 衝撃吸収を行うために急激な骨盤回旋が生じたと考える.

また過前弯は直立と比較し, 遊脚終期の骨盤回旋度の増加を認めた. これは遊脚終期の股関節の屈曲角度の減少と関連すると考える. 遊脚終期の股関節屈曲角度の減少は, 立脚初期の股関節伸筋群に対する筋活動を減少させる (Götz.,2005 ; Leteneur et al.,2009). 過前弯は体幹が前傾することで立脚初期の股関節伸展筋の活動が増大する (佐久間ら.,2010 ; Leteneur et al.,2009). これらのことから過前弯における遊脚終期の骨盤回旋角度の増大と股関節屈曲角度の減少は, 骨盤を回旋させ股関節屈曲角度を減少させることで, 歩行速度や歩幅, また歩行効率を変化させずに股関節に対する負荷を減弱させようとする下肢の戦略であると考えられる. しかしながら, 歩行時の骨盤回旋角度の増加は腰痛と関連する (Götz.,2005). また体幹前傾位での歩行は立脚期の体幹伸展の内部モーメントを増大させる (佐久間ら.,2010 ; Leteneur et al.,2009). これらのことから過前弯は歩行時に腰部に加わるストレスが大きいことが示唆される.

また興味深いことに両不良姿勢において体幹傾斜が変化したにもかかわらず, 重心の上下の振幅には差を認めなかった. 歩行における運動効率を決定する要因として **Sunders (1953)** は, 骨盤の側方傾斜, 骨盤の回旋, 下肢関節の協調運動などを挙げている. 今回重心の上下動の増大を認めなかった要因として, これらの決定要因が姿勢アライメントの変化に対して, 最も効率的に適応したことが大きな要因であると考えられる.

反面、その戦略は効率を変化させないものの歩行様式を変化させ、骨盤変位の増加といった局所の代償を強めるメカニズムを有していた。骨盤変位の増大は運動効率低下の決定要因であり、歩行時の衝撃吸収と密接に関連する。Götz (2005) は適切な衝撃吸収は下肢と体幹をいたわるという上で重要であり、慢性的な頸椎、胸椎、腰椎症候群の原因が、歩行時の衝撃吸収に問題があるとしている。このことからスウェイバックや過前弯といった体幹傾斜を含む不良姿勢での歩行は、歩行時の衝撃吸収戦略が変化することで骨関節疾患患者の症状を増悪させるリスクを持っていると考える。

歩行の比較検討を行なう上で、速度変化は歩行様式に与える影響が大きい(Oatis.,2012)。そのため本実験では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)。また本研究において歩行率、歩幅ともに各姿勢間で有意な差を示さなかった。そのため今回得られた結果は、脊柱―骨盤肢位の変化が歩行時の骨盤および下肢関節角度に与えた影響が大きいと考える。

本研究の結果から、不良姿勢は歩行動作に影響を与えることが示唆された。これは歩行を運動療法の一つとして提供するセラピストにとって基礎的知見になるとともに、腰痛治療に歩行訓練を取り入れる前に十分な姿勢再教育訓練を行う必要があることを示唆するものである。また直立は他の不良姿勢と異なり、骨盤の変位が最も少なかったことから、不良姿勢と比較し歩行時に関節に影響が少ない姿勢であることが考えられる。

4-5. 結論

健常成人を対象とした実験において、不良姿勢を取ることで歩行動作に影響を与えることが明らかになった。不良姿勢は体幹傾斜の変化に伴い、立脚期の衝撃吸収が増大することで、歩行時の骨盤変位を増加させた。また直立姿勢は、不良姿勢から生じる歩行時の骨盤変位を減少させる可能性が示唆された。

第5章 総括討議

5-1. 健常成人に対する姿勢保持筋の表面筋電図法における有効性とその問題点

本研究は様々な姿勢条件が筋活動にどのような影響を与えるのかを検討した。先行研究において筋発揮を計測する上で、同一測定条件下での比較検討を行う場合には計測上の問題はないとしている（江原ら,2008）。また今回測定した姿勢は、健常成人において特別な姿勢（Sahrmann.,2002 ; Kendall et al.,2006）ではなく、学童期（Dolphens et al.,2014）から観察される姿勢である。また Panjabi（1992）示すように、環境や課題に対して我々は局所ストレスを集中させないようにこれらの姿勢の中から選択的・合目的に姿勢を選択しているため、健常成人においてこのような姿勢を取らせることには特異的な影響は少ないものと考えられる。しかしながら、今回の測定において姿勢に慣れるため十分な練習時間を使ったとしても、通常と異なる姿勢条件が筋活動に与えた影響がまったくないとはいえない。

また今回、腰痛を持たない健常成人を対象と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（Hodges et al.,1999）。また Hodges ら（1999）によると腰痛症患者において健常者と同様の動きを行っても多裂筋の活動は減少した。これらのことから実際に腰痛などの身体症状をもつような被験者では今回の結果と異なり、より明らかな股関節・体幹筋活動の減弱が得られたこと、また直立姿勢では本研究のような深層筋の活動増加が得られ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

人で得られた結果は、姿勢と股関節・体幹筋制御の正常を理解する上で重要である。特に骨盤の直立が股関節筋の活動と骨盤の安定を促すことが分かったことは、姿勢改善と腰痛予防に重要な知見となる。しかしながら、今後さらに不良姿勢の影響や姿勢指導の効果を検討・検証する場合、実際に偏った姿勢異常をも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。

次に、腸腰筋は解剖学的には大腰筋と腸骨筋の2つから構成される筋であるが、本論文ではこれら2つの筋を共同筋として捉え1つの筋として実験を行ったが、実際には大腰筋と腸骨筋では作用が異なる可能性も考えられる (Andersson et al. 1995, 1997) ことに注意しなければならない。今後、表面筋電図計測法による姿勢制御と腸腰筋の筋電図解析においては、大腰筋と腸骨筋を腸腰筋として合わせて考えるべきか、分けて考えるべきかを検討する必要がある。

5-2. 姿勢が股関節筋、及び体幹筋の筋制御に与える影響

5-2-1. 座位と立位の静的姿勢保持における能動的システムと受動的システムの貢献度の違い

ヒトの姿勢保持における筋制御機構には、能動的システムと受動的システムがあり、局所ストレスを増加させないように神経的システムにより調節されている (Panjabi.,1992 ; Hodges et al.,2015 ; 樋口ら.,2015)。これまでの姿勢研究は体幹筋のみに着目し、座位や立位の姿勢保持、姿勢制御には体幹筋が重要であること強調してき

た。そのため、姿勢の土台であり、体幹筋と同様に骨盤を制御する股関節筋については着目されてこなかった。しかし、本研究は姿勢制御における股関節筋の機能に着目し、改めて姿勢と筋制御の関連を検討することにより、能動的システムである直立、また受動的システムであるスランプやスウェイバックになるためには股関節筋が重要であることを明らかにした。これは姿勢から生じる様々な問題の理解とその治療に有用な知見を与えるものである。

直立から受動姿勢の変化において座位、立位共に最も関連したのは股関節筋の中でも腸腰筋と大殿筋であった。これは姿勢制御における股関節筋の重要性を示すものである。姿勢変化により能動的システムと受動的システムの貢献度は変化する。その変化を知ることが姿勢を修正するために必要な要素を明確にする。姿勢から生じる問題を抱える者は姿勢調整能力が低下していることが明らかになっている (Hodges et al.,2015)。偏った姿勢制御システムから生じる筋骨格系の障害に対して、どのような筋制御を再獲得する必要があるのかについて十分な知見が存在しない。そのため、姿勢の修正が効果的であるという根拠 (Falla et al.,2007 ; Costa et al.,2009) は存在するが、姿勢を変化させる方法についてまだ明らかにされていない (Hodges et al.,2015)。本研究の結果から、姿勢保持における能動的システムと受動的システムの貢献度を変化させる役割として腸腰筋と大殿筋の筋活動が重要であることが示唆された。これは姿勢の修正において新たな知見を与えるものである。

直立姿勢から受動姿勢への変化において、座位・立位いずれにおいても股関節筋の働きが低下した。それに対して体幹筋では直立姿勢から受動姿勢の変化において、座位で

は腹直筋を除くすべての体幹筋の活動が低下したのに対して、立位では内腹斜筋の低下のみであった。このことから座位では体幹の姿勢保持に受動的システムの貢献度が高まるのに対して、立位では体幹の姿勢保持に受動的システムの貢献度は低いこと示唆される。また受動姿勢から直立姿勢の筋制御において、座位と立位では股関節筋と体幹筋制御に関する能動的システムの貢献度も異なることが示唆される。

受動的システムが働くためには靭帯や関節組織などの非収縮組織の伸長が必要となる。そのため関節の最終可動域付近まで変化しない限り、受動的システムの貢献度は増加しない (Kouwenhoven.,2006 ; 樋口ら.,2015)。座位では、骨盤が大きく後傾、脊柱を大きく後弯することで、体幹の姿勢保持における受動的システムの貢献度を高めることができる。一方、立位では骨盤の後傾が股関節前面の靭帯により制限されるため股関節における受動的システムの貢献度は増加する。正し、立位では座位とは異なり骨盤の後傾角度が制限されるため、結果的に脊柱の後弯角度が小さくなることで脊柱における受動的システムの貢献度が低下することが考えられる。

本研究の脊柱角度の結果から、スランプでは胸椎が約 30° 、腰椎が約 10° の後弯、骨盤は 20° の後傾を取るのに対して、スウェイバックでは胸椎が約 20° の後弯、腰椎は約 15° の前弯、骨盤軽度前傾を示していた。脊柱の後弯可動域は先行研究から、胸椎で 63° 、腰椎および骨盤では 35° である (Oatis.,2012)。したがって、スランプでは腰椎・骨盤で 30° となることで、腰部背面の受動組織の伸長に伴う弾性エネルギーを増大させていたと考える。しかしながら、スランプでも胸椎に関しては視線を一定にするために頭部を伸展していたため、上位胸椎の十分な後弯は得られず、胸部背面の受動

的システムの貢献度は増加していないと考える。次に立位のスウェイバックでは胸・腰椎および骨盤の可動域は中間域であるため、脊柱における受動的システムの貢献度は増加しない。このことから本研究では、直立と比較しスウェイバックでスランプのような体幹背部の筋活動低下が生じなかったと考える。立位と座位において体幹筋への受動的システムの貢献度が異なる背景には、脊柱の可動域が関連していることが示唆される。受動姿勢であっても立位では体幹における受動的システムの貢献度が低いため、能動的システムの貢献度が座位と比較して増加する。しかし、股関節においては立位、座位ともに受動姿勢において筋活動が低下した。

股関節において立位ではスウェイバックを取ることで股関節が伸展し、股関節前面の非収縮要素が緊張することで受動的システムの貢献度は高まる。しかし、座位では、股関節が可動域の中間域に存在するため、受動システムの貢献度は低下する。しかし、スランプにおいて腸腰筋および大殿筋の活動は低下を示した。これはスランプでは、骨盤姿勢保持に股関節の受動的システム、能動的システム両方の貢献度が低いことを示している。これは座位が立位と異なり支持基底面が広く安定していること、スランプによる腰部脊柱後弯、骨盤後傾による腰部の受動的システムを高めることが、骨盤安定化に関与することなどが考えられる。したがって、腰部の受動システムの貢献度の増加は、体幹だけでなく、股関節の能動的システムにも関与することが示唆される。また腸腰筋と大殿筋がスランプとスウェイバックの両方で活動低下したことから、座位と立位における受動システムと能動的システムの変換には、両股関節筋による筋制御が大きく関与することが示唆される。

しかし、本研究の結果と異なり立位及び座位の受動姿勢と直立姿勢を比較した先行研究において、スランプと同様にスウェイバックにて体幹の背筋群の活動低下を示した(O'Sullivan et al.,2002)。この研究において、胸椎・腰椎、骨盤の角度は計測されておらず、受動組織の貢献度は明らかでない。また本研究と異なり直立姿勢と比較し、スウェイバックで腹直筋群だけでなく、外腹斜筋の増大を認めている。その要因として、本研究では体幹の後方傾斜がスウェイバックで約 5° 程度であるのに対して、先行研究では約 15° 後方傾斜させて筋活動を記録している。健常人の姿勢研究においてこのような大きな体幹後傾を示しておらず、スウェイバックと過前弯もいずれも体幹傾斜は 5° 程度である(Leteneur et al.,2009 ; Dolphens et al.,2014)。したがって、先行研究のスウェイバックの姿勢定義は体幹後傾角度が実際の姿勢とは異なり過大であったと考える。そのため、先行研究では本研究と異なる体幹の後傾角度により、外腹斜筋を含めた腹部のグローバル筋の活動増加と背筋の活動低下が生じたものと考えられる。しかしながら、体幹傾斜の増加が異なる体幹筋制御に関連したことから、今後は姿勢条件だけでなく、その姿勢の程度を変化させるなどの検討が必要である。

5-2-2. 姿勢保持における股関節筋制御

これまで姿勢と股関節筋の関連についての報告はない。今回の結果から股関節筋は、座位・立位の両受動姿勢から骨盤直立保持に変化するために重要であることが明らかになった。股関節屈筋の中でも腸腰筋は、座位および立位の直立姿勢において筋活動の増大を示した。これは腸腰筋が直立姿勢保持に重要な筋であることを示している。股関節

屈筋には縫工筋，大腿直筋，大腿筋膜腸筋，そして腸腰筋がある．腸腰筋のみが深層に位置するのに対して，他の筋群は表層に位置する（Oatis.,2012）．

これまで股関節筋群の中でも腸腰筋は脊柱に付着するため，姿勢保持に関与すると考えられてきた（Oatis.,2012）．また Hodges ら（2015）によると，多裂筋の収縮には腰椎前弯と胸椎後弯を維持しながら体幹を起こす，すなわち股関節を屈曲させることが重要であるとしている．その中でも，腸腰筋の重要性は述べられてきた．しかしながら，それらを示す科学的根拠は得られていなかった．本研究における座位および立位における検討から，他の股関節屈筋群との比較により腸腰筋が直立姿勢で活動が増加し，受動姿勢では活動が低下することが明らかになった．このことは腸腰筋が姿勢制御に強く関与することを示すものである．

次に大殿筋においても腸腰筋と同様に直立姿勢に関与することが明らかになった．また，興味深いことに立位の過前弯において体幹が前傾したにもかかわらず，大殿筋の活動は低下を示した．股関節角度と大殿筋の働きをみた研究から，大殿筋は股関節伸展位において活動が増加することが報告されている（小栢ら.,2011；世古ら.,2014）．したがって，体幹前傾となった過前弯では，骨盤の前傾に伴い股関節は相対的に屈曲位となったことにより，活動が低下したものと考ええる．それに対して同様に股関節伸展作用をもつ大腿二頭筋に関しては，股関節の肢位における変化はみられない（小栢ら.,2011）．本研究においては大殿筋を記録していないため今後検討が必要であるが，過前弯では増加する股関節伸展筋活動の要求に対して，大腿二頭筋の増加により大殿筋の活動低下を補ったのではないかと考える．

直立姿勢の能動的システムとして腸腰筋と大殿筋の協調した活動が重要だということと同様に, 受動的システムへの移行には腸腰筋と大殿筋の協調した活動低下が重要となると考える. これまでの腰痛者における体幹筋の検討から, 腰痛者においては脊柱の屈曲運動に伴い背筋群の活動低下が得られないことが確認されている (Dankaerts et al.,2006 ; Pirouzi et al.,2006). 脊柱の屈曲運動に伴い背筋群の活動が減弱することを屈曲弛緩現象といい. 腰痛者においてこの屈曲弛緩現象がみられない. つまり, スランブなどの受動姿勢が取れないことにより, 姿勢保持筋の緩和がえられないことが腰痛者における問題の一つであると考えられている. 長時間立位を取ることによって腰痛が生じる群における屈曲弛緩現象を確認した研究から, 非腰痛者と比較し異なる反応を示したのは大殿筋であった (Leinonen et al.,2000). このことから受動姿勢などのリラックス肢位においても股関節筋の協調した働きは重要であると考え. 姿勢保持における体幹筋の制御には, 股関節筋の筋制御が大きく影響するものと考え.

5-2-3. 姿勢保持における体幹筋制御

これまでの姿勢と体幹筋に関する研究は, 明らかな姿勢変化を付けた上で体幹筋活動を測定していた. そのため細かな姿勢変化に対して体幹のローカル・グローバル筋制御が変化するのかわについては不明な点が多かった. 今回, 座位での胸椎-骨盤直立と骨盤直立との比較において, 胸椎後弯角度の減少という軽微な姿勢変化が胸背部のグローバル筋である胸腸肋筋の活動増加と関連し, また腰部のグローバル筋の活動変化なしにローカル筋である多裂筋の活動減少と関連した. これは姿勢保持において胸部のグローバ

ル筋と腰部ローカル筋に協調関係があることを示唆する。座位における先行研究において同様に胸椎直立と骨盤直立の体幹筋活動を比較した検討でも胸部のグローバル筋と腰部のローカル筋の協調関係を認める結果であった (O'Sullivan et al.,2002.,2006 ; Claus.,2009)。しかしながら、先行研究では胸椎だけでなく、腰部骨盤肢位も大きく変化しており、背部の体幹筋だけでなく腹部の体幹筋活動にも変化を認めたため、背部の体幹筋における胸部グローバル筋と腰部ローカル筋の関係に関しては着目されなかった。

腰痛者において多裂筋の筋萎縮を起こすのに対して、腸肋筋では肥大を呈している (Hodges et al.,2015) ことから、姿勢保持における腰部の安定性には深部に位置する単関節筋群 (多裂筋、腹横筋) の筋活動が重要視されてきた。また単関節筋である多裂筋の筋活動量低下に伴い、腰部の安定化は多関節筋群 (腸肋筋、腹直筋) によって代償されると考えられてきた (Richardson.,1999)。このような腰痛の原因の一つと考えられる代償は、どのようなメカニズムによるものかが明らかではなかった。今回、姿勢指導に用いられる2つの直立姿勢での検討から、腸肋筋と多裂筋における能動システムに代償関係があることが確認された。これは腰痛発症における能動的システムの様式について新たな知見となると考える。

次に立位において、過前弯では腰椎・骨盤前傾姿勢の維持ため、体幹腹側の筋活動の変化なしに、すべての背筋群において活動の増加を認めた。座位姿勢における姿勢と体幹筋の研究において、過前弯に対して腹側・背側のローカル筋の活動低下とグローバル筋の活動増加を報告している (O'Sullivan et al.,2006)。そのため姿勢保持において背

筋群の活動増加は腹筋群の活動低下といった代償関係が存在すると考えられてきた (Sahrmann.,2002). しかしながら, 本研究では腹筋群と背筋群における代償関係は確認できなかった. これはこれまで過前弯に伴い腹筋群の活動が低下すると考えてきた諸家たちの意見を部分的に否定するものである. しかしながら, 先行研究と本研究とでは座位と立位で姿勢が異なるため, 股関節肢位とその影響も左右することと考える. そのため腹筋群と背筋群の姿勢制御における関係を明らかにするためには, 姿勢条件をさらに増やした検討が必要である.

次に, 体幹筋では座位および立位の受動姿勢から直立姿勢を取るためには, 内腹斜筋が重要であることが示唆された. 座位においてスランプから直立姿勢の変化では, 腹直筋以外の体幹筋活動 (内腹斜筋, 外腹斜筋, 胸・腰腸筋, 多裂筋) が増加した. 立位のスウェイバックから直立姿勢の変化では, 内腹斜筋だけが筋活動が増加した. この内腹斜筋の筋活動変化は, 股関節筋である腸腰筋や大殿筋の変化と協調している. このことから内腹斜筋は, 直立姿勢保持に重要な体幹腹部のローカル筋であることが示唆される. この結果は, 他の姿勢と体幹筋との関連を報告した研究 (O'Sullivan et al.,2002.,2006 ; Claus.,2009) と合致している.

内腹斜筋は, 体幹腹側の深層に位置するローカル筋である (Bergmark.,1989). そのため姿勢の安定化に関わるとされ, 腹横筋や骨盤底筋群などのローカル筋の活動と協調することが報告されている (Madill et al.,2006). これまで内腹斜筋と他の体幹筋との関連について報告した研究は多い. しかしながら, 股関節筋との関連について報告した研究はない. 本研究より, 股関節筋である腸腰筋と大殿筋は, 座位と立位における受動

姿勢から直立姿勢保持に体幹筋として協調していたのは内腹斜筋のみであった。内腹斜筋における直立姿勢保持に関与するという機能的特性は、股関節筋との共同作用が関係しているものとする。

本研究の結果から、姿勢保持における体幹筋活動は、股関節肢位及び股関節筋活動に影響を受けることが示唆された。これまで姿勢保持における股関節筋と体幹筋活動における検討はなされてこなかった。しかしながら、これらの関係を明らかにすることは姿勢制御の低下から姿勢に偏りが生じ、筋骨格系の障害を生じた患者に対する治療に有用な知見になるものとする。

5-3. 姿勢が歩行動作に与える影響

実験1, 2による研究から姿勢が股関節・体幹筋制御に影響を与えることが明らかになった。しかしながら、先行研究を含め姿勢研究は静的検討のみであり、姿勢が身体に与える影響について明らかにするためには動的な検討を欠かすことができない。そこで実験3より、姿勢が歩行動作に与える影響を検討し、直立姿勢からの逸脱が歩行時の骨盤変位に大きく影響を与えることが明らかになった。

歩行は運動としてだけでなく、日常における移動手段として最も多く用いられる。Perry (2012) の示すように歩行時に見られる骨盤変位の増加は、接地時の衝撃吸収の結果として生じ、その動揺の増大は下肢関節での衝撃吸収作用の低下を示すものである(西森, 2011)。このような歩行時の衝撃吸収作用の低下に伴う骨盤変位の増大は、筋骨格系へのストレスを増加させるものであるとする。

本研究から直立姿勢と比較しスウェイバック，過前弯は，股関節・体幹筋のローカル筋の活動を低下させた。そして，それらの姿勢は歩行時の衝撃吸収機能の低下を示した。このことは姿勢変化に伴う股関節・体幹筋のローカル筋の活動低下は，歩行時の股関節・体幹の安定性の低下に関連することが示唆された。また直立姿勢は体幹のローカル筋制御を高めることで，歩行時の衝撃吸収機能を高めることが示唆された。

本研究は三次元動作解析のみであり筋活動を記録していない。そのため歩行時に立位と同様にスウェイバックと過前弯において，股関節・体幹の筋活動低下が生じたかは不明である。しかしながら，姿勢変化が歩行動作時の骨盤動揺を変化させたことから，股関節・体幹の筋活動に影響を与えたことが予測される。このことから姿勢は動作に影響を与えるものとして考える必要があり，今後姿勢と様々な運動に与える影響についての研究が必要である。

5-4. 股関節・体幹筋制御からみた姿勢改善方法の検討

姿勢から生じる頸部痛や腰痛などの治療には，姿勢の修正が効果的であるという根拠 (Falla et al.,2007 ; Costa et al.,2009) は存在するが，姿勢を変化させる方法についてはまだ不明な点が多い (Hodges et al.,2015)。しかし，これらの痛みを軽減させるためには姿勢，筋活動，そして運動の側面から介入が必要であることは先行研究における見解として一致している (Sahrmann.,2005 ; Hodges et al.,2015)。そのため姿勢保持における筋活動を理解することは，姿勢の治療において大変重要な知見を与える。

本研究から股関節筋の中でも，腸腰筋と大殿筋が受動姿勢から直立姿勢への変換に重

要であることが明らかになった。また、直立姿勢から受動姿勢に移行する上でも、腸腰筋と大殿筋の活動低下が必要であること示唆された。今まで姿勢から生じる問題に対して、体幹筋への治療が重要視されてきた。しかし、本研究により姿勢変化における股関節筋の筋制御が明らかになったことで、姿勢を変化させるための筋活動に新たな知見が得られた。

姿勢治療には、姿勢、筋活動、運動における相互作用（図 5）を意識する必要がある（O'Sullivan et al.,2005 ; Sahrman.,2005）。姿勢に問題がある者には筋制御に問題がある。つまり、偏った能動的システム、また偏った受動システムのいずれかがみられることとなる。また姿勢の問題は運動に影響を与える。その3つの要素の関係は治療において重要であると考えられている。そのため姿勢の改善には、受動的システムと能動的システムの両方に移行するための筋制御を再獲得する必要がある。本研究からそれらの変化において股関節筋制御が重要であることだけでなく、脊柱姿勢保持における受動的システムの貢献度を高めるためには座位が、骨盤・股関節姿勢保持における受動的システムの貢献度を高めるためには立位を取ることが重要であると示唆された。これは能動的システムに偏ったことから生じる骨格筋障害に対する姿勢指導に有用な知見を与えるものである。

また姿勢の改善において座位では胸を張ることを求めることが多い。しかし、選択的な胸椎伸展は腰部ローカル筋の活動を低下させ、腰部のストレス増加につながることを示唆された。この新たな知見は、これまでの姿勢の修正における問題を明らかにした。また筋活動の観点から理想的座位姿勢には胸椎の選択的伸展が不必要であるという、姿

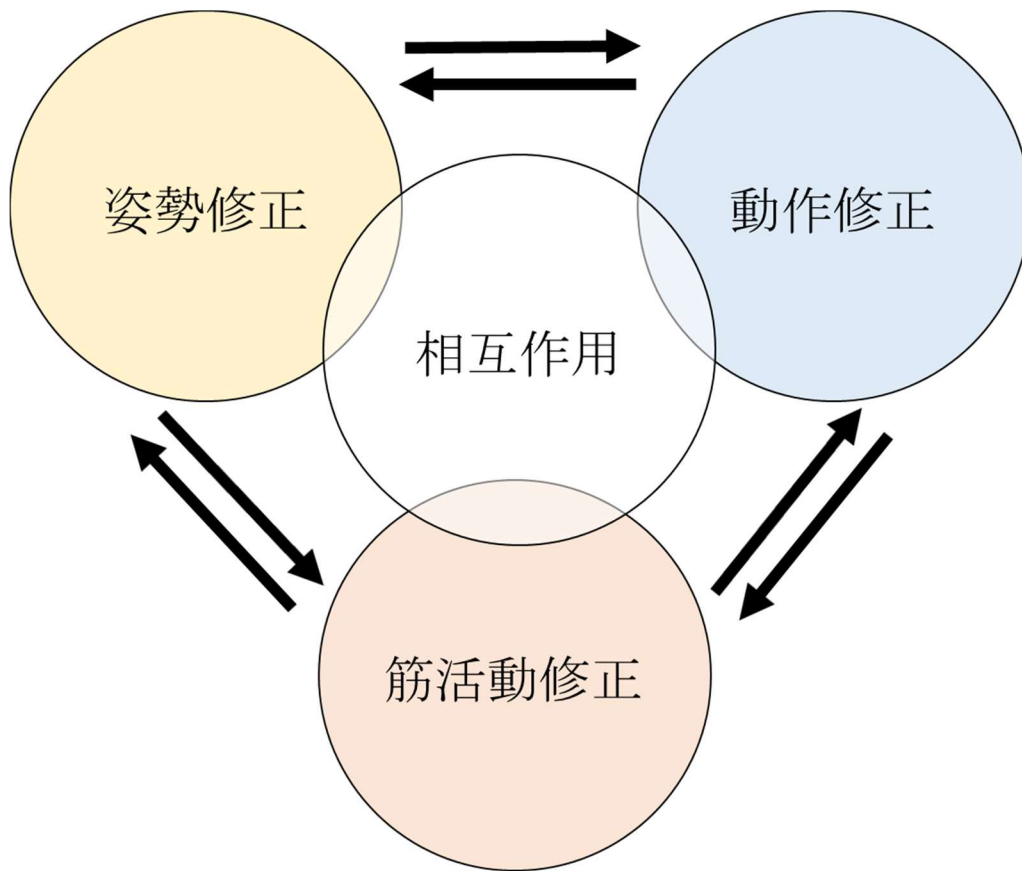


図 5 姿勢治療における 3つのサブシステム (改変して引用)

Hodges, P. W., Cholewicki, J., J. H. van D., (著) : スパイナル・コントロール－
体幹機能と腰痛の最新科学－. 渡邊裕之 (訳) . 東京: ナップ, 283, 2015.

勢の改善に有用な知見を提供した。

姿勢の改善は腰痛患者に対してだけでなく、運動療法において重要な治療の一部となっている (Sahrman.,2005 ; Kendall et al.,2006)。その要因としては、姿勢のバリエーションの低下、つまり股関節・体幹筋制御の低下が、腰痛などの筋骨格系の問題だけでなく、動作に影響を与えるためである。しかし、姿勢が動作に与える影響が明らかではなかったことから、腰痛患者において十分な姿勢指導なしに歩行訓練が提供されてきた。本研究から姿勢は歩行時の衝撃吸収に影響を与えた。歩行という運動強度の低い運動であっても、長期的にみると大きな関節負荷となる。Tateuchi ら (2017) は下肢関節症患者の歩き方が関節症の進行に影響を与えることを報告した。これは骨盤動揺という軽微な変化であっても、頻回に繰り返される歩行動作の変化は身体に大きなストレスを蓄積させることを示している。本研究の結果から腰痛者における安易な歩行処方にはリスクがあることが示唆された。したがって、歩行を運動療法のプログラムとして指示する際は、身体へのストレスを最小限にするために事前に十分な姿勢評価と指導が必要である。

次に選択的に筋活動を高めることは姿勢の治療において重要である。本研究の結果から、骨盤直立座位で、股関節屈筋群の中でも腸腰筋の筋活動を増加させることが明らかになった。腸腰筋は脊柱の安定化に作用することが多く報告 (Hodges et al.,2015) され、腰痛者では腸腰筋の筋萎縮を認める (Danneels et al.,2000 ; Stewart et al.,2010) ことから、腸腰筋の働きは脊柱の分節安定化に重要であると考えられている。しかし、多くの股関節屈筋群の中から腸腰筋を選択的に活動させることは難しい。本研究から、座位での骨盤直立において股関節筋である腸腰筋を選択的に活動させることが明らかになった。ま

た骨盤直立は体幹では内腹斜筋や多裂筋, また股関節では大殿筋といった脊柱姿勢保持に重要な筋群と協調して筋活動が高まることが示唆された. これは腸腰筋の筋活動の修正に有効な治療プログラムを提供するものである.

本研究から座位, 立位ともに直立姿勢には, 股関節では腸腰筋と大殿筋, 体幹筋では内腹斜筋の重要性が示唆された. そのためにはこれらの筋群を選択的に高めることができる運動が有効であると考え. 個々の筋力強化も重要であるが, 本研究結果から直立姿勢保持にはこれらローカル筋群の協調性が需要であることが示唆された. そのため筋活動を高める際は, 座位でのスランプから骨盤直立への移行を繰り返すことは, 姿勢保持筋のトレーニングとしてだけでなく, 緊張緩和など姿勢のバリエーションの拡大に寄与するエクササイズとして有効であると考え.

第6章 結論

これまで不良姿勢という言葉を使い、局所ストレスを回避する様々な姿勢を単に悪い姿勢として例外的に捉えられてきた。近年それらの姿勢には意味があるとの観点から姿勢保持における筋制御について関心が高まってきた。しかしながら、姿勢と筋制御の明らかにするためには、これまで行われてきた体幹筋に対する検討だけではなく、股関節筋に着目した姿勢と筋制御について検討を行う必要があった。また、姿勢条件においても先行研究では不足しているため補う必要があった。

そこで本論文では、はじめに座位姿勢が股関節・体幹筋制御に与える影響について検討を行うことにより、股関節筋に着目した姿勢と筋制御の関連を検討した。次に実験1の結果から、股関節の筋制御が姿勢調整に大きく関与することを受け、立位姿勢が股関節・体幹筋制御に与える影響について検討を行った。そして静的姿勢における検討から、動的姿勢保持に与える影響を検討することで、姿勢が筋制御、運動に与える影響を明らかにすることを目的とした。

得られた知見は、以下のとおりであった。

1. 座位姿勢が股関節・体幹筋制御に与える影響

本研究にから新たな知見として、座位における直立姿勢保持には、股関節屈筋群の中でも腸腰筋の筋活動が重要であることが明らかになった。また2つの直立姿勢の比較において、体幹背面のローカル筋である多裂筋とグローバル筋である胸腸肋筋の代償関係が存在することが明らかになった（実験1）。

2. 立位姿勢が股関節・体幹筋制御に与える影響

立位において直立姿勢とスウェイバック、過前弯の筋電図学的検討から、直立姿勢保持には座位と同様に股関節屈筋群の中でも股関節の腸腰筋、また大殿筋の活動が重要であることが明らかとなった。これは姿勢の保持、またその治療に対して新たな知見である。また座位とは股関節肢位の影響から、受動姿勢であるスウェイバックにおいて体幹の受動的システムによる姿勢保持の貢献度が低下することが示唆された（実験2）

3. 姿勢が歩行動作に与える影響.

異なる立位姿勢での歩行が、立脚期における骨盤動揺の増大と関連した。スウェイバックや過前弯は姿勢変化に伴い体幹・下肢の衝撃吸収機能が低下することが示唆された。また直立姿勢は骨盤動揺の減少に有効であることが示唆され、歩行時の小さな姿勢変化が歩行動作に影響を与えることが明らかになった。（実験3）

本博士論文では、姿勢と股関節・体幹筋の筋制御を明らかにするため、これまで解明されていなかった股関節筋の筋制御に着目し筋電図学的検討を行った。これにより健康成人における座位、立位での姿勢変化において、股関節筋の筋制御の重要性について確認するに至った。股関節筋の中でも腸腰筋および大殿筋の筋制御は、体幹の筋制御との協調し、姿勢制御の中心的役割を務めていることが示唆された。

以上のことから、股関節・体幹筋にはそれぞれの機能と役割が存在し、相互関係を持

ち姿勢を調整していることが示唆された。本研究の結果は姿勢の多様性が低下し、姿勢
偏りから生じる健康被害を改善するための有用な知見となると考える。

謝辞

本博士論文の作成にあたり，博士課程後期課程 2 年間にわたって懇切丁寧な研究指導，親身な御助言を賜った京都工芸繊維大学大学院・来田宣幸准教授に心から感謝の意を表します。

京都工芸繊維大学大学院・野村照夫教授には，本研究の遂行にあたり，長期間にわたり，絶え間なくご指導いただきましたことを心より感謝いたします。

京都工芸繊維大学大学院の生体行動科学研究室をはじめとする大学院生，滋賀医療技術専門学校理学療法学科の教職員の皆様には様々な面で協力していただきました。ならびに滋賀医療技術専門学校の学生の皆様には，本博士論文の実験における被験者を快く引き受けていただき，謹んで皆様に感謝いたします。

参考文献

- A, N. (1976). The lumbar spine. An orthopaedic challenge. *Spine, 1*, 59–71.
- Andersson, E. A., Nilsson, J., & Thorstensson, A. (1997). Intramuscular EMG from the hip flexor muscles during human locomotion. *Acta physiologica Scandinavica, 161*(3), 361–70.
- Andersson, E., Oddsson, L., Grundström, H., & Thorstensson, A. (1995). The role of the psoas and iliacus muscles for stability and movement of the lumbar spine, pelvis and hip. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 5*(1), 10–6.
- 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.
- Bergmark, A. (1989). Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta orthopaedica Scandinavica. Supplementum, 230*, 1–54.
- Bertolaccini, G. da S., Nakajima, R. K., Filho, I. F. P. de C., Paschoarelli, L. C., & Medola, F. O. (2016). The influence of seat height, trunk inclination and hip posture on the activity of the superior trapezius and longissimus. *Journal of physical therapy science, 28*(5), 1602–6. <http://doi.org/10.1589/jpts.28.1602>
- BR, D., & GD, B. (1999). *Walking In Functional human movement*. Oxford:

Butterworth Heinmann.

Bullock-Saxton, J. (1993). Postural alignment in standing: A repeatability study.

The Australian journal of physiotherapy, 39(1), 25–9.

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.

Cholewicki, J., & McGill, S. M. (1996). Mechanical stability of the in vivo lumbar

spine: implications for injury and chronic low back pain. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 11(1), 1–15.

Claus, A. P., Hides, J. A., Moseley, G. L., & Hodges, P. W. (2009). Different ways to

balance the spine: subtle changes in sagittal spinal curves affect regional muscle activity. *Spine*, 34(6), E208-14.

Costa, L. O. P., Maher, C. G., Latimer, J., Hodges, P. W., Herbert, R. D.,

Refshauge, K. M., ... Jennings, M. D. (2009). Motor control exercise for chronic low back pain: a randomized placebo-controlled trial. *Physical therapy*, 89(12), 1275–86.

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., O'Sullivan, P., Burnett, A., & Straker, L. (2006a). Altered patterns

- of superficial trunk muscle activation during sitting in nonspecific chronic low back pain patients: importance of subclassification. *Spine*, *31*(17), 2017–23.
- Dankaerts, W., O’Sullivan, P., Burnett, A., & Straker, L. (2006b). Differences in sitting postures are associated with nonspecific chronic low back pain disorders when patients are subclassified. *Spine*, *31*(6), 698–704.
- Danneels, L. A., Vanderstraeten, G. G., Cambier, D. C., Witvrouw, E. E., & De Cuyper, H. J. (2000). CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *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*, *9*(4), 266–72.
- Dolphens, M., Cagnie, B., Coorevits, P., Vleeming, A., Palmans, T., & Danneels, L. (2014). Posture class prediction of pre-peak height velocity subjects according to gross body segment orientations using linear discriminant analysis. *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*, *23*(3), 530–5.
- El-Rich, M., Shirazi-Adl, A., & Arjmand, N. (2004). Muscle activity, internal loads, and stability of the human spine in standing postures: combined model and in vivo studies. *Spine*, *29*(23), 2633–42.

- Engstrom, B., & 桂律也 (訳) . (2003). 車いすのためのエルゴノミック・シーティング. 大阪: ラックヘルスケア.
- 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.
- Gardner-Morse, M. G., & Stokes, I. A. (1998). The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine*, *23*(1), 86-91–2.
- Ghamkhar, L., & Kahlaee, A. H. (2015). Trunk muscles activation pattern during walking in subjects with and without chronic low back pain: a systematic review. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*, *7*(5), 519–26.
- Gombatto, S. P., Collins, D. R., Sahrman, S. A., Engsberg, J. R., & Van Dillen, L. R. (2006). Gender differences in pattern of hip and lumbopelvic rotation in people with low back pain. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, *21*(3), 263–71.
- Hayden, J. A., van Tulder, M. W., & Tomlinson, G. (2005). Systematic review: strategies for using exercise therapy to improve outcomes in chronic low back pain. *Annals of internal medicine*, *142*(9), 776–85.
- Hides, J. A., Stokes, M. J., Saide, M., 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), 165–72.
- Hides, J., Gilmore, C., Stanton, W., & Bohlscheid, E. (2008). Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. *Manual therapy*, *13*(1), 43–9.
- Hodges, P., van den Hoorn, W., Dawson, A., & Cholewicki, J. (2009). Changes in the mechanical properties of the trunk in low back pain may be associated with recurrence. *Journal of biomechanics*, *42*(1), 61–6.
- Hodges, P. W., Cholewicki, J., J. H. van D. (著), 渡邊裕之 (翻訳). (2015). スパイナル・コントローラー体幹機能と腰痛の最新科学—.(渡邊裕之 (翻訳), 編). 東京: ナップ.
- Jackson, R. P., Peterson, M. D., McManus, A. C., & Hales, C. (1998). Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. *Spine*, *23*(16), 1750–67.
- Jiroumaru, T., Kurihara, T., & Isaka, T. (2014). Establishment of a recording method for surface electromyography in the iliopsoas muscle. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, *24*(4), 445–51.
- Kavicic, N., Grenier, S., & McGill, S. M. (2004). Determining the stabilizing role of

individual torso muscles during rehabilitation exercises. *Spine*, 29(11), 1254–65.

Kendall Peterson, F., McCreary Kendall, E. (著) , 栢森良二(監訳). (2006). ケンダール筋:機能とテスト:姿勢と痛み. 東京:西村書店.

Kim, H.-J., Chung, S., Kim, S., Shin, H., Lee, J., Kim, S., & Song, M.-Y. (2006). Influences of trunk muscles on lumbar lordosis and sacral angle. *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*, 15(4), 409–14.

Kirsten, G.-N (著) .月城慶一 & 山本澄子(訳) (2005). 観察による歩行分析.. 東京:医学書院.

Kouwenhoven, J.-W. M., Vincken, K. L., Bartels, L. W., Meij, B. P., Oner, F. C., & Castelein, R. M. (2006). Analysis of preexistent vertebral rotation in the normal quadruped spine. *Spine*, 31(20), E754-8.

Kuai, S., Liao, Z., Zhou, W., Guan, X., Ji, R., Zhang, R., ... Liu, W. (2017). The Effect of Lumbar Disc Herniation on Musculoskeletal Loadings in the Spinal Region During Level Walking and Stair Climbing. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 23, 3869–3877.

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.

Leinonen, V., Kankaanpää, M., Airaksinen, O., & Hänninen, O. (2000). Back and hip extensor activities during trunk flexion/extension: effects of low back pain and rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 81(1), 32–7.

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 (Bristol, Avon)*, 24(2), 190–5.

M, A., R, B., & L. M (著) (坂井建雄 & 松村讓兒 (監訳) (2011). プロメテウス解剖学アトラス 総論., 編). 東京: 医学書院.

McGill, S., Grenier, S., Bluhm, M., Preuss, R., Brown, S., & Russell, C. (2003). Previous history of LBP with work loss is related to lingering deficits in biomechanical, physiological, personal, psychosocial and motor control characteristics. *Ergonomics*, 46(7), 731–46.

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.

Mooney, V., Gulick, J., Perlman, M., Levy, D., Pozos, R., Leggett, S., & Resnick, D.

- (1997). Relationships between myoelectric activity, strength, and MRI of lumbar extensor muscles in back pain patients and normal subjects. *Journal of spinal disorders*, 10(4), 348–56.
- Morris, J. N., & Hardman, A. E. (1997). Walking to health. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 23(5), 306–32.
- 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.
- Ng, J. K., & Richardson, C. A. (1996). Reliability of electromyographic power spectral analysis of back muscle endurance in healthy subjects. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 77(3), 259–64.
- 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., & Fialka-Moser, V. (2000). Relationship between craniomandibular disorders and poor posture. *Cranio: the journal of craniomandibular practice*, 18(2), 106–12.
- O'Sullivan, P. (2005). Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: maladaptive movement and motor control impairments as

underlying mechanism. *Manual therapy*, 10(4), 242–55.

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), 1238–1244.

Oatis, C. A. (著) , 山崎敦, 佐藤俊輔, 白星伸一, 藤川孝満, & 池谷雅江 (訳) . (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. 東京: ラウンドフラット.

Panjabi, M., Abumi, K., Duranceau, J., & Oxland, T. (1989). Spinal stability and intersegmental muscle forces. A biomechanical model. *Spine*, 14(2), 194–200.

Panjabi, M. M. (1992). The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of spinal disorders*, 5(4), 383–9; discussion 397.

Perry, J., Burnfield, J. M. (著) ., 武田功, & 弓岡光徳(訳). (2012). ペリー一歩行分析：正常歩行と異常歩行 (第2版). 医歯薬出版.

Ploumis, A., Michailidis, N., Christodoulou, P., Kalaitzoglou, I., Gouvas, G., &

- Beris, A. (2011). Ipsilateral atrophy of paraspinal and psoas muscle in unilateral back pain patients with monosegmental degenerative disc disease. *The British journal of radiology*, *84*(1004), 709–13.
- Reeves, N. P., Cholewicki, J., & Silfies, S. P. (2006). Muscle activation imbalance and low-back injury in varsity athletes. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, *16*(3), 264–72.
- Retchford, T. H., Crossley, K. M., Grimaldi, A., Kemp, J. L., & Cowan, S. M. (2013). Can local muscles augment stability in the hip? A narrative literature review. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, *13*(1), 1–12.
- Richardson, C., & Gwendolen, J. (著) 齋藤昭彦 (訳) (2002). 脊椎の分節的安定性のための運動療法—腰痛治療の科学的基礎と臨床. 東京: エンタプライズ.
- Roland, M. O. (1986). A critical review of the evidence for a pain-spasm-pain cycle in spinal disorders. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, *1*(2), 102–9.
- Roy, S. H., De Luca, C. J., & Casavant, D. A. (1989). Lumbar muscle fatigue and chronic lower back pain. *Spine*, *14*(9), 992–1001.
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and ageing*, *35 Suppl 2*, ii37-ii41.
- Saha, D., Gard, S., & Fatone, S. (2008). The effect of trunk flexion on able-bodied gait. *Gait & posture*, *27*(4), 653–60.

Sahrmann, S. (著) ,竹井仁,鈴木勝 (翻訳). (2005). 運動機能障害症候群のマネジメント. 東京: 医歯薬出版.

SAUNDERS, J. B., INMAN, V. T., & EBERHART, H. D. (1953). The major determinants in normal and pathological gait. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 35-A(3), 543–58.

Scannell, J. P., & McGill, S. M. (2003). Lumbar posture--should it, and can it, be modified? A study of passive tissue stiffness and lumbar position during activities of daily living. *Physical therapy*, 83(10), 907–17.

Scholtes, S. A., Gombatto, S. P., & Van Dillen, L. R. (2009). Differences in lumbopelvic motion between people with and people without low back pain during two lower limb movement tests. *Clinical Biomechanics*, 24(1), 7–12.

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), 2101–7.

Snijders, C. J., Slagter, A. H., van Strik, R., Vleeming, A., Stoeckart, R., & Stam, H. J. (1995). Why leg crossing? The influence of common postures on abdominal muscle activity. *Spine*, 20(18), 1989–93.

Steffen, J.-S., Obeid, I., Aurouer, N., Hauger, O., Vital, J.-M., Dubousset, J., & Skalli, W. (2010). 3D postural balance with regard to gravity line: an evaluation in the transversal plane on 93 patients and 23 asymptomatic

- volunteers. *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*, 19(5), 760–7.
- Stewart, S., Stanton, W., Wilson, S., & Hides, J. (2010). Consistency in size and asymmetry of the psoas major muscle among elite footballers. *British journal of sports medicine*, 44(16), 1173–7. <http://doi.org/10.1136/bjsm.2009.058909>
- Tateuchi, H., Koyama, Y., Akiyama, H., Goto, K., So, K., Kuroda, Y., & Ichihashi, N. (2017). Daily cumulative hip moment is associated with radiographic progression of secondary hip osteoarthritis. *Osteoarthritis and cartilage*, 25(8), 1291–1298. <http://doi.org/10.1016/j.joca.2017.02.796>
- 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.
- Van Daele, U., Hagman, F., Truijen, S., Vorlat, P., Van Gheluwe, B., & Vaes, P. (2009). Differences in balance strategies between nonspecific chronic low back pain patients and healthy control subjects during unstable sitting. *Spine*, 34(11), 1233–8.
- van den Hoorn, W., Bruijn, S. M., Meijer, O. G., Hodges, P. W., & van Dieën, J. H. (2012). Mechanical coupling between transverse plane pelvis and thorax rotations during gait is higher in people with low back pain. *Journal of*

biomechanics, 45(2), 342–7.

- van der Hulst, M., Vollenbroek-Hutten, M. M., Rietman, J. S., & Hermens, H. J. (2010). Lumbar and abdominal muscle activity during walking in subjects with chronic low back pain: support of the 「guarding」 hypothesis? *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 20(1), 31–8.
- Van Dillen, L. R., Gombatto, S. P., Collins, D. R., Engsberg, J. R., & Sahrman, S. A. (2007). Symmetry of timing of hip and lumbopelvic rotation motion in 2 different subgroups of people with low back pain. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 88(3), 351–60.
- Vink, P., Daanen, H. A. M., & Verbout, A. J. (1989). Specificity of surface-EMG on the intrinsic lumbar back muscles. *Human Movement Science*, 8(1), 67–78.
- 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.
- Zhao, F., Pollintine, P., Hole, B. D., Dolan, P., & Adams, M. A. (2005). Discogenic origins of spinal instability. *Spine*, 30(23), 2621–30.
- 井野拓実, & 山中正紀. (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.
- 菊池臣一. (1995). 腰椎背筋群におけるコンパートメント症候群の病態と治療. *リハビリ*

リテーション医学, 32(2), 531-541.

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.

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

メカニクス的研究. バイオメカニズム学会誌 = *Journal of the Society of*

Biomechanisms, 34(4), 325-332.

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.

小栢進也, 建内宏重, 高島慎吾, & 市橋則明. (2011). 関節角度の違いによる股関節周囲

筋の発揮筋力の変化—数学的モデルを用いた解析. 理学療法学, 38(2), 97-104.

松原貴子, & 三木明德. (1999). ヒト大殿筋における筋繊維の配列と停止. 神戸大学医

学部保健学科紀要, 15, 49-54.

新村出. (2008). 広辞苑. 東京: 岩波書店.

世古俊明, 隈元庸夫, 高橋由依, 金子諒介, & 田中昌史. (2014). 大殿筋・中殿筋の作用

に関する筋電図学的分析.pdf. 理学療法科学, 29(6), 857-860.

西守隆. (2011). 歩行と走行における骨盤と体幹回旋運動. *Sportsmedicine*, 29(10), 33-

37.

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.

中村隆一, & 斎藤宏. (2012). 基礎運動学 (6). 東京: 医歯薬出版.

藤原知. (1973). 運動解剖学 第1版. 東京: 医歯薬出版.

藤原哲司, 鈴木俊明, 大工谷新一, 渡邊裕文, 三浦雄一郎, & 谷万喜子. (2007). *The Electromyography Research for Physical Therapy and Acupuncture : 理学療法・鍼灸治療における筋電図研究のすべて*-. 東京: アイペック.

樋口貴広, & 建内宏重. (2015). 姿勢と歩行—協調からひも解く. 東京: 三輪書店.

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.

