大殿筋とハムストリングスへの間欠的圧迫刺激が骨盤前傾可動域に及ぼす即時効果

Acute Effects of Intermittent Pressure Stimulation to the Gluteus Maximus and Hamstrings on Anterior Pelvic Tilt

竹内 真太¹⁾ 根地嶋 誠²⁾ 溝井 健介³⁾ 山内 直人³⁾ 西田 裕介¹⁾

SHINTA TAKEUCHI, RPT, PhD¹⁾, MAKOTO NEJISHIMA, RPT, PhD²⁾, KENSUKE MIZOI³⁾,
NAOTO YAMAUCHI³⁾, YUSUKE NISHIDA, RPT, PhD¹⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences at Narita, International University of Health and Welfare:
4-3 Kozunomori, Narita-shi, Chiba 286-8686, Japan TEL +81 476-20-7701 E-mail: shinta.t@iuhw.ac.jp

²⁾ Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Seirei Christopher University

³⁾ TS Tech Co., Ltd.

Rigakuryoho Kagaku 35(3): 381-385, 2020. Submitted Nov. 29, 2019. Accepted Jan. 9, 2020.

ABSTRACT: [Purpose] We examined the immediate effect of intermittent compression of the gluteus maximus and hamstrings on anterior pelvic tilt. [Participants and Methods] The subjects were 11 healthy males. The subjects received 3 minutes of intermittent compression stimulus to the gluteus maximus and hamstrings in the sitting position. We measured the thoracic posterior depression, lumbar anterior depression, and sacral inclination angle in the upright position and trunk flexion positions, and defining the range of flexion as the difference between them, we compared them before and after the intervention. [Results] After the intervention, the sacral inclination angle in the upright position increased, while the thoracic vertebra and lumbar anterior angles decreased. The sacral inclination angle increased in the trunk flexion position as well as its range of motion. [Conclusion] The results suggest that compression stimulation to the gluteus maximus and hamstrings increases anterior pelvic tilt.

Key words: gluteus maximus, intermittent compression, anterior pelvic tilt

要旨:〔目的〕本研究では、大殿筋とハムストリングスへの間欠的圧迫刺激が骨盤前傾可動域に与える即時効果を検証した。〔対象と方法〕対象は健康男性11名とした。対象者は座位にて大殿筋とハムストリングスに対する3分間の間欠的圧迫刺激を受けた。刺激前後で直立位と体幹屈曲位における胸椎角、腰椎角、仙骨傾斜角を計測した。また直立位と体幹屈曲位の差を屈曲可動域とし、刺激前後で比較した。〔結果〕介入後に直立位の仙骨傾斜角は増加し、胸椎角と腰椎角は減少した。体幹屈曲位の仙骨傾斜角と仙骨傾斜角の屈曲可動域は増加した。〔結語〕大殿筋とハムストリングスへの間欠的圧迫刺激は、骨盤前傾可動域を増加させることが示唆された。

キーワード: 大殿筋, 間欠的圧迫刺激, 骨盤前傾可動域

¹⁾ 国際医療福祉大学 成田保健医療学部 理学療法学科: 千葉県成田市公津の杜4-3 (〒286-8686) TEL 0476-20-7701

²⁾ 聖隷クリストファー大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

³⁾ テイ・エス テック株式会社

I. はじめに

わが国の腰痛生涯有訴率は83.4%であり、非常に高い割合を占めている¹⁾。腰痛の原因は様々であるが、腰椎への過度な負荷が一つの因子として挙げられ、腰椎屈曲運動の繰り返しが過度な負荷につながると考えられている²⁾。先行研究では、腰痛既往者は体幹前屈動作の初期において、腰椎の角度変化量と骨盤の角度変化量の比率（腰椎骨盤リズム）が健常者よりも大きく、日常生活動作で繰り返し行われる浅い前屈動作による腰椎運動量の増大が腰痛の原因になると示唆されている³⁾。これらの報告から、前屈動作における骨盤の前傾可動域を増加させることで、腰椎への過負荷を防ぐことができ、腰痛の軽減につながると考えられる。

前屈動作や前方リーチ動作における骨盤の前傾可動域を制限する因子として、骨盤後傾作用を持つ筋群の柔軟性低下が挙げられている³⁾。Hasebeら⁴⁾は、6週間のハムストリングスへのストレッチによって腰椎骨盤リズムが骨盤優位の運動へと変化すると報告をしており、腰痛予防にハムストリングスの柔軟性が重要であると示している。また、ハムストリングスに対するストレッチの即時効果として、座位での前方リーチ距離やその際の骨盤前傾角度が増加することも報告されている⁵⁾。このようにハムストリングスの柔軟性改善は、骨盤の前傾可動域を増加させることが示されている。しかし、骨盤後傾作用を持つ大殿筋への介入効果については報告が少ない。大殿筋は股関節伸展作用を持つ単関節筋であり、下肢が固定されている状況では骨盤を後傾させるように働くため、ハムストリングスだけではなく大殿筋へのストレッチも加えることで、骨盤の前傾可動域がより改善すると考えられる。

大殿筋への介入効果についての報告が少ない理由として、ヒトの大殿筋は複雑な起始・停止や線維走行を示し、他の筋と多くの筋連結を結んでいることが挙げられる。松原ら⁶⁾によれば、左右の大殿筋の一部の線維は胸腰筋膜を介して互いに連結しており、起始部においては多裂筋や中殿筋と、停止部では大腿筋膜張筋や大腿二頭筋、外側広筋、小内転筋、大内転筋などの多くの筋と筋連結していることを示している。また河上⁷⁾は、筋の長軸方向と異なる走行方向の筋線維は、筋の長軸方向と同じ走行方向の筋線維に比べて、伸張されにくいと示し、このような筋線維を伸張する場合には指圧などで直接機械的刺激を用いることが効果的と示している。また、その際には筋が伸張する肢位にて直接的な圧迫刺激を付与することが重要とされている。

以上のことから、大殿筋に対して効果的な伸張刺激を与えるためには、対象者に大殿筋が伸張される姿勢をとらせ、部分的な圧迫によって直接的に筋線維を伸張する必要があると考えられた。そこで本研究では、大殿筋が

伸張されている姿勢として椅子座位姿勢を選択し、大殿筋とハムストリングスへの機械的圧迫による伸張刺激が、脊柱と骨盤のアライメントおよび可動域に及ぼす即時効果について調査を行った。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は腰背部痛の既往がない健常男性11名とした（年齢：30 ± 7歳、身長：173.5 ± 4.7 cm、体重：69.3 ± 11.3 kg；平均 ± 標準偏差）。対象者には事前に研究の趣旨と内容、および研究への参加は自由意志であり、参加を拒否しても不利益にならないことを書面と口頭にて説明した。その後、同意書にて参加の同意を得た。本研究は、国際医療福祉大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号：19-10-2）。

2. 方法

本研究では、対象者の脊柱および骨盤の弯曲角度や位置関係を評価するために脊柱形状計測分析器（Spinal Mouse, Index社製）を用いた。Spinal Mouseは比較的容易に脊柱弯曲角度を測定できることから多くの研究に使用されており、測定値に高い信頼性が得られている⁸⁻¹¹⁾。また、宮崎ら¹²⁾は肌着着用よりも裸体での計測でSpinal Mouseの測定再現性が高いことを報告しており、本研究でもできるだけ信頼性の高い数値を得られるように、対象者の上半身は裸体とした。加えて測定者間での誤差をなくすため、測定者は1名とした。なお本研究の測定者は、理学療法士としての経験年数が10年となる者が担当し、研究の前にSpinal Mouseの測定について十分に練習を行った。

対象者は足部の間隔を肩幅程度に開いた直立位を維持した。測定者はSpinal Mouseを対象者の第7頸椎棘突起に当て、頭側から尾側の上後腸骨棘を結んだ線まで移動させて測定した。次に、対象者は、膝関節を伸展したまま股関節と脊柱の運動を用いて、可能な限りの体幹の屈曲を行い、その際の脊柱形状（以下、屈曲位）も計測された。

その後、対象者は圧迫装置が設置されたシート（テイ・エス テック社製）（図1）に着座し、3分間の圧迫刺激を受けた。シートの座面は床から約35 cmの高さにあったため、着座した対象者の両膝関節は深く屈曲せず、ハムストリングスは軽度伸張された状態であった。圧迫部位は、左右の大殿筋上部線維とハムストリングス近位部とした。大殿筋は3種類の線維束から構成され、股関節の伸展に関与するのは上部約2/3の上部深層線維と考えられている⁹⁾。解剖学的な位置関係から上部深層線維のみを選択的に伸張することは困難であるため、本研究では表層線維も含めた大殿筋上部線維を圧迫部位

図1 圧迫装置が設置されたシート
(ティ・エス テック社製)

大殿筋上部線維とハムストリングス近位部に圧迫装置のエアセルが位置するようにマジックテープで固定されている。

として選定した。大殿筋上部線維は、上後腸骨棘の2横指下部と大転子外側端を結ぶ線の中点とした¹³⁾。ハムストリングスの近位部とは、坐骨結節部から5横指程度遠位の位置とした。圧迫強度は事前に実験を行い、圧迫部位に疼痛を感じずに筋の圧迫感を感じる強度を調査し0.08 MPaのエア内圧を設定した。内圧はトランスデューサーによって圧迫時間中に維持されるように調整した。圧迫のサイクルは、循環不良が起らないように持続圧迫を避けた。また先行研究¹⁴⁾によってストレッチ効果が高いことが報告されている10秒伸張、10秒休憩のサイクルとなるように、加圧と減圧を10秒間ずつ繰り返す間欠的圧迫とした。

対象者は圧迫刺激終了直後に、再度立位となり、Spinal Mouseを用いて直立位と屈曲位での脊柱形状の計測を実施された。なお、Spinal Mouseでは体幹伸展位での計測値も算出可能であるが、体幹伸展位での仙骨傾斜角は再現性が低いことが報告されており¹⁵⁾、本研究で介入している大殿筋とハムストリングスとは直接的な関連が少ないことから、計測を行わないこととした。また、股関節屈曲角度の計測は、計測行為そのものが大殿筋やハムストリングスを伸張する可能性があるため、本研究では実施せず、最低限のアウトカムとしてSpinal Mouseによる脊柱形状のみの計測とした。

Spinal Mouseでは各椎体間の角度、第1胸椎から第12胸椎までの脊柱全体の弯曲角度（以下、胸椎角）、第

12胸椎から第1仙椎までの脊柱全体の弯曲角度（以下、腰椎角）、仙骨傾斜角などが自動算出される。さらに、各項目において直立位、屈曲位、および直立位と屈曲位の差（以下、屈曲可動域）も自動算出される。本研究では屈曲位での仙骨傾斜角の値と、仙骨傾斜角における屈曲可動域の値をメインアウトカムとした。屈曲位の仙骨傾斜角については、ハムストリングスの柔軟性と関連することが先行研究によって報告されている¹⁶⁾。

なお、数値の解釈であるが、正の角度は後弯すなわち屈曲を示し、反対に負の角度は前弯すなわち伸展を示している。数値の変化についても角度の増加は後弯の増強すなわち屈曲方向への偏位を示し、角度の減少は前弯の増強すなわち伸展方向への偏位を示している。仙骨傾斜角は骨盤の前傾角度を示しており、数値の増加は骨盤前傾角度の増加すなわち屈曲方向への偏位を示している。屈曲可動域の数値は、屈曲位の数値から直立位の数値を減じた値である。また数値は小数点以下で切り捨てられているため、直立位と屈曲位の差と、屈曲可動域の数値が合わない場合がある。

統計分析として、まず正規性の検定として少数のケースに対応しているShapiro-Wilk検定を行った。介入の前後で各姿勢における仙骨傾斜角、胸椎角、腰椎角を比較するにあたり、正規性が確認できたアウトカムについては対応のあるt検定を用い、それ以外のアウトカムの比較にはWilcoxonの符号付順位和検定を用いた。統計ソフトはSPSS ver.25 (IBM社製)を使用し、有意水準は5%とした。

III. 結 果

すべてのアウトカムにおいて正規性は棄却されなかったため、対応のあるt検定を用いて前後比較を行った。

表1に介入の前後での各姿勢における仙骨傾斜角、胸椎角、腰椎角の脊柱形状を示す。介入前と比較して介入後では直立位での仙骨傾斜角が有意に増加し、胸椎角と腰椎角は有意に減少していた。屈曲位での仙骨傾斜角も有意に増加していたが、胸椎角と腰椎角には有意な変化を認めなかった。

表2に介入の前後での屈曲可動域の変化を示す。仙骨傾斜角の屈曲可動域は、介入後に有意に増加していた。胸椎角と腰椎角の屈曲可動域は有意な変化を認めなかった。

また、介入中および介入後に下肢の痺れなどの有害事象を訴えた対象者はいなかった。

IV. 考 察

本研究では、短時間の座位姿勢における大殿筋とハムストリングスへの圧迫刺激による介入が脊柱形状と前屈時の骨盤前傾可動域に変化を与えるかを検討した。その

表1 介入前後での脊柱形状の変化

		介入前	介入後	95% CI		t 値	p 値
				下限	上限		
直立位	胸椎角（°）	38.0 ± 8.5	35.3 ± 7.1	−4.77	−0.69	2.98	<0.05
	腰椎角（°）	−21.6 ± 7.9	−22.9 ± 7.7	−2.68	−0.04	2.30	<0.05
	仙骨傾斜角（°）	11.3 ± 4.7	12.2 ± 4.6	0.27	1.54	−3.19	<0.05
屈曲位	胸椎角（°）	55.9 ± 10.6	55.7 ± 9.7	−2.45	2.08	0.18	n.s.
	腰椎角（°）	30.1 ± 6.0	30.6 ± 6.2	−1.11	1.65	−0.44	n.s.
	仙骨傾斜角（°）	65.1 ± 10.3	68.0 ± 10.6	1.00	4.82	−3.39	<0.05

95% CI：差（介入後－介入前）の95%信頼区間，n.s.：not significant，p<0.05：対応のあるt検定。

胸椎角：第1胸椎から第12胸椎までの背部脊柱全体の弯曲角度，腰椎角：第12胸椎から第1仙椎までの腰部脊柱全体の弯曲角度，仙骨傾斜角：仙骨によって描かれる背中表面の輪郭線が鉛直線に対して作る角度。数値の増加は屈曲角度（後弯角度）の増加を，数値の減少は伸展角度（前弯角度）の増加を表している。

表2 介入前後での直立位から屈曲位への脊柱可動性の変化

	介入前	介入後	95% CI		t 値	p 値
			下限	上限		
胸椎可動域（°）	17.9 ± 9.8	20.6 ± 10.0	-0.71	5.99	-1.75	n.s.
腰椎可動域（°）	51.7 ± 8.2	53.5 ± 9.3	-0.36	3.81	-1.85	n.s.
仙骨傾斜可動域（°）	54.0 ± 10.8	55.9 ± 11.6	0.07	3.75	-2.31	<0.05

95% CI：差（介入後－介入前）の95%信頼区間，n.s.：not significant，p<0.05：対応のあるt検定。

数値は屈曲位の脊柱形状の値から直立位の脊柱形状の値を減じたものを示している。数値の増加は屈曲可動域の増加を，数値の減少は屈曲可動域の減少を表している。

結果，介入後にメインアウトカムとしていた屈曲位での仙骨傾斜角の値と，仙骨傾斜角における屈曲可動域の値が増加した。仙骨傾斜角の増加は骨盤前傾角度の増加を表している。このことから，介入によって体幹屈曲に伴う骨盤の前傾可動域が増加することが示唆された。加えて，介入後には直立位での仙骨傾斜角が増加し，胸椎角と腰椎角が減少した。直立位での角度の減少は前弯角度の増加を表しているため，本研究での介入は，直立位での骨盤前傾と胸腰椎の前弯を促進することが示唆された。

直立位での骨盤前傾角度および，骨盤の前傾可動域が増加した理由として，間欠的圧迫によって骨盤を後傾させる作用を持つ骨格筋，すなわち大殿筋とハムストリングスの柔軟性が高まったことが考えられる。静的伸張による即時効果は，ゴルジ腱器官のIb抑制インパルスによる筋弛緩作用と伸張反射の抑制¹⁷⁾，筋・腱の剛性低下¹⁸⁾，局所血流増加による筋の粘性低下¹⁹⁾などが原因とされている。また，伸張強度について長澤ら²⁰⁾は，大殿筋へストレッチを行う際，静的伸張のみを加えるストレッチよりも，静的伸張に加え5 kgf程度の適度な筋への圧迫を加えたストレッチの方が，関節可動域を改善させる効果が高かったことを報告している。また同時に10 kgfでの強めの圧迫は疼痛を誘発し，ストレッチ効果

を減少させるであろうことを指摘している。本研究で採用した圧迫強度は，疼痛を感じない強度を事前に調査して設定したため，疼痛が侵害刺激となり筋緊張が亢進する²¹⁾ということがなかったと考えられる。以上のことから，本研究においては，大殿筋やハムストリングスが伸張位となる椅子座位姿勢の対象者に対して，筋への適度な間欠的圧迫を加えたことで，より静的伸張の効果が発揮され，柔軟性が改善したと考えられる。

本研究では，これまで報告の多かったハムストリングスへの伸張刺激に加え，骨盤を後傾させる単関節筋として大殿筋への伸張刺激を行い，骨盤や脊椎への影響を調査した。先行研究では，ハムストリングスへのストレッチによって動的下肢挙上角度と座位での体幹屈曲位での骨盤前傾角度は有意に高まるが，立位での骨盤傾斜角度には変化がなかったと報告されている²²⁾。またハムストリングスに対する3週間の静的ストレッチの介入によって股関節の関節可動域は拡大したが，立位姿勢での脊椎および骨盤アライメントには変化がなかったことも報告されている⁵⁾。本研究では，直立位における骨盤前傾角度も少量ではあるが増加していることから，ハムストリングスに加え大殿筋への圧迫刺激を加えることは，ハムストリングスのみの伸張よりも安静立位での骨盤傾斜に影響を与えたと考えられた。

本研究の限界は4点ある。まず対象者が腰背部痛のない健常者であったため、腰背部痛がある対象者に対して同様の即時効果が認められるかは不明な点である。次に対照群を設定していないため、圧迫刺激によって今回の結果が導かれたという因果関係が不明な点である。次に、本研究で実施した圧迫刺激によってハムストリングスおよび大殿筋の柔軟性が本当に改善されたのかが不明な点である。この点については、今後追従研究が必要と考えられる。最後に今回の結果では効果量が小さく、臨床的に有効と判断することが難しい点である。Spinal Mouseの信頼性を検討した先行研究では、測定日間の仙骨傾斜角の標準誤差を $\pm 2.3^\circ$ と報告しており⁸⁾、95%信頼区間における最小可検変化量を求めた場合約 6.4° となる。また、Spinal Mouseでの測定の再現性を高めるために、対象者を腹臥位姿勢とし呼吸終末の状態で行った先行研究では、測定日内の検者内信頼性として仙骨傾斜角での95%信頼区間における最小可検変化量は 4.1° と報告されている²³⁾。本研究での仙骨傾斜角の介入前後の差の95%信頼区間は下限が1.00で上限が4.82であり、先行研究の最小可検変化量から考えると、誤差による影響も考慮される。これらの限界に対しては、今後対照群を置き、長期的な効果を検証することが必要だと考えられる。

本研究では、大殿筋とハムストリングスへの間欠的圧迫刺激を実施し、その即時効果を脊柱形状の変化から検証した。その結果、立位時の骨盤前傾角度の増加および体幹前屈時の骨盤前傾可動域の増加が起こることが示唆された。骨盤前傾可動域の増加は腰椎運動量の軽減につながり、腰痛の改善や予防に貢献する可能性がある。しかし適用するためには上記のように解決されていない複数の限界があるため、今後更なる追従研究が必要である。

利益相反 本研究に関連し開示すべき利益相反関係にある企業はない。

引用文献

- 1) 独立行政法人労働者健康福祉機構：「職場における腰痛の発症要因の解明に係る研究・開発、普及」研究報告書。<https://www.research.johas.go.jp/booklet/pdf/2nd/05.pdf>（閲覧日2019年4月1日）。
- 2) 松永直人，大久保雄，金岡恒治：ハムストリングスの伸張性が腰椎骨盤リズムに及ぼす影響。日本臨床スポーツ医学会誌，2013，21：70-75。
- 3) Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, et al.: Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. Spine, 1996, 21: 71-78。
- 4) Hasebe K, Okubo Y, Kaneoka K, et al.: The effect of dynamic stretching on hamstrings flexibility with respect to the spine-pelvic rhythm. J Med Invest, 2016, 63: 85-90。
- 5) Li Y, McClure PW, Pratt N: The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motions during forward bending. Phys Ther, 1996, 76: 836-845, discussion 845-849。
- 6) 松原貴子，三木明徳：ヒト大殿筋における筋線維の配列と停止。神戸大学医学部保健学科紀要，1999，15：49-54。
- 7) 河上敬介：筋のかたちとストレッチング。理学療法学，1999，26：85-89。
- 8) Mannion AF, Knecht K, Balaban G, et al.: A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. Eur Spine J, 2004, 13: 122-136。
- 9) 宝亀 登：スパイナルマウスによる日本人健常成人と背・腰痛患者の姿勢分析。杏林医学会雑誌，2010，41：2-12。
- 10) 谷澤 真，飯田尚裕，飛永敬志・他：成人脊柱変形症に対するスパイナルマウスを用いた脊柱矢状面アライメント評価の妥当性。理学療法—臨床・研究・教育，2015，22：21-24。
- 11) 杉野伸治，松尾礼美，廣庭美紀・他：矢状面レントゲン画像との比較によるスパイナルマウスの妥当性の検証。ヘルスプロモーション理学療法研究，2013，3：123-127。
- 12) 宮崎純弥，村田 伸，荒川千秋・他：Spinal Mouseを使用した脊柱彎曲角度測定の再現性。理学療法科学，2010，25：223-226。
- 13) 本津彰斗，末廣健児，國枝秀樹・他：端座位での前方リーチ肢位保持における大殿筋および内側・外側ハムストリングスの筋活動。関西理学療法，2016，16：43-47。
- 14) 桑原拓也，饗場和美，豊岡浩介・他：反復性他動ストレッチングのハムストリングス伸張に及ぼす効果—温熱療法の併用効果について—。北関東医学，2008，58：159-166。
- 15) Ko T, Han G, Cho B, et al.: Intrarater reliability and interrater reliability in spinal motion assessments. J Phys Ther Sci, 2010, 22: 301-306。
- 16) Muyor JM, Alacid F, López-Miñarro PA: Influence of hamstring muscles extensibility on spinal curvatures and pelvic tilt in highly trained cyclists. J Hum Kinet, 2011, 29: 15-23。
- 17) 小林義雄，細井輝男，竹内敏子：ストレッチング—その科学的基礎—。中京大学教養論叢，1992，33：171-200。
- 18) 今井覚志，松本秀男：スタティックストレッチングの効果（特集 ストレッチングとアイシング：その理論と実際）。臨床スポーツ医学，2015，32：446-451。
- 19) 谷澤 真，飛永敬志，伊藤俊一：短時間の静的ストレッチングが柔軟性および筋出力に及ぼす影響。理学療法—臨床・研究・教育，2014，21：51-55。
- 20) 長澤卓真，高橋純平，今野龍之介・他：静的伸張と筋圧迫の併用によるストレッチング効果の検証。理学療法の歩み，2018，29：42-45。
- 21) 鈴木重行：筋・筋膜性腰痛に対する運動療法の効果・検証。理学療法学，2004，31：271-276。
- 22) López-Miñarro PA, Muyor JM, Belmonte F, et al.: Acute effects of hamstring stretching on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt. J Hum Kinet, 2012, 31: 69-78。
- 23) 末廣忠延，水谷雅年，渡邊 進・他：Spinal Mouseを使用した腹臥位での脊柱彎曲角度測定の信頼性と最小可検変化量。理学療法科学，2013，28：761-765。