

令和3年度

学位論文

殿部と大腿部への鍼刺激が歩容に与える影響（予備的研究）

20191302

川口周平

殿部と大腿部への鍼刺激が歩容に与える影響（予備的研究）

川口 周平

要旨

はじめに: 超高齢社会へと突入した我が国において、健康寿命の延伸を図ることは急務であり、その対策として日常的なウォーキングが推奨されている。しかし、いわゆる「理想的でない歩容」には転倒を含めたリスクも存在するため、「理想的な歩容」の獲得が重要であるとされている。一方で、鍼灸治療が歩容に与える影響について、客観的指標を用いて詳細に検討した報告はほとんどない。そこで本研究では、鍼刺激が歩容に与える影響について、三次元動作解析を用いて評価したので報告する。

対象と方法: 対象は明治国際医療大学に所属する 20 代から 30 代で、BMI が正常範囲から大きく逸脱しない健康成人とした。対象者は、鍼刺激群 (6 名) と対照群 (6 名) にランダムに割付けた。鍼刺激群は、大殿筋とハムストリングスに対し、40, 50mm18 号鍼を用いて、腹臥位で直刺にて 3~5cm、得気を得るまで刺入後、10 分間の置鍼を行った。対照群は鍼刺激と同じ時間、腹臥位で安静にさせた。研究手順として、まず参加希望者の BMI 測定を行い、研究対象者を決定した。次に、腹臥位で 10 分間の安静臥床を指示し、起立させ直立位での骨盤傾斜角度、三次元動作解析装置による歩容の測定を行った。測定終了後、各群の介入を行い、再度骨盤傾斜角度と歩容の測定を行った。なお、本研究は明治国際医療大学ヒト研究審査委員会の承認を得て行った。

結果と考察: 三次元動作解析で測定した股関節角度変化（屈曲伸展）において、鍼刺激群 ($27.2 \pm 16.5^\circ \rightarrow 38.0 \pm 21.8^\circ$ 、 $p=0.03$)、対照群 ($24.5 \pm 21.4^\circ \rightarrow 30.5 \pm 23.8^\circ$ 、 $p=0.03$) とともに群内比較で有意な変化が認められた。群間比較においては、有意差は認められなかったものの、対照群と比して鍼刺激群で大きく変化した ($p=0.109$)。スパイナルマウスの測定では、対照群の群内比較においてのみ、腰椎前弯角 ($-28.5 \pm 9.6^\circ \rightarrow -31.7 \pm 8.8^\circ$ 、 $p=0.03$)、仙骨傾斜角 ($18.5 \pm 6.8^\circ \rightarrow 20.3 \pm 6.1^\circ$ 、 $p=0.03$) とともに有意な変化が認められた。以上より、鍼刺激は「理想的な歩容」の獲得に寄与する可能性が考えられた。

キーワード：三次元動作解析、脊柱アライメント、歩行、鍼刺激、超高齢社会

I. はじめに

超高齢社会へと突入した我が国¹⁾において、医療、福祉を始めとして、増加する高齢者人口の問題に対応することが喫緊の課題となっている。特に、要介護者の急増は重要な問題であり、いかに健康寿命の延伸を図るかは急務である。その対策として日常的な身体活動、特にウォーキングが推奨されている²⁾。日常的な歩行習慣は、生活習慣病^{3,4)}、サルコペニアの予防⁵⁾や、質の良い睡眠^{6,7)}の獲得に有益であると考えられており、健康寿命の延伸に寄与するとされている。一方で、日本人の年間歩数は年々減少しており、現段階では健康日本21（第二次）における目標値達成は困難であると予想されている⁸⁾。

しかしながら、むやみな歩数の増加は、不良姿勢での歩行であった場合においては、先に述べたようなメリットだけでなく、少なくないデメリットも抱えている。つまり、一概に定義することは難しいものの、疾病に伴う歩行異常ではない健常者の歩容にも、健康寿命の延伸と関連する、いわゆる「理想的な歩容」と「理想的でない歩容」が存在するということがある。大畑⁹⁾は、健常者の歩行にも幅があり、一概に正しい歩行を定義することは難しいとしたうえで、健常者内での正常歩行と異常歩行、つまり「理想的な歩容」と「理想的でない歩容」の一例を挙げている。「理想的でない歩容」は、運動器疾患¹⁰⁾や転倒¹¹⁾のリスクファクターとなりえるため、かえって寝たきりのリスクを増加させる可能性がある。そのことから、高齢者が漫然とウォーキングを行う危険性も、健康増進を目指すうえで考慮する必要があるといえる。さらに「理想的でない歩容」はエネルギー効率が低く疲労をきたしやすいという観点からも¹²⁾、年間歩数を増加させるにあたっては不利益であると考えられる。これらのことより、安全かつ効率的な歩行である「理想的な歩容」の獲得は非常に重要であると考えられる。

現在、脳血管障害や運動器疾患、パーキンソン病などが原因となった歩行異常の改善に関しては多くの研究が行われており、臨床上でも観血療法、服薬、リハビリテーションなど、いくつかの選択肢が存在する。しかし、健常人における「理想的でない歩容」はあくまでリスクファクターの一つであり疾病ではないため、改善する手段に乏しいのが現状である。

鍼灸治療においても、疾患に伴う歩行異常に対する治療効果については多数の報告があり、特に鍼治療に関する報告は多い¹³⁻¹⁵⁾。鍼治療は強い運動負荷を与える必要がないため、あらゆる年代に対して安全な治療方法であり、過去の報告においても脳血管障害¹³⁾や運動器疾患¹⁴⁾、パーキンソン病¹⁵⁾を罹患した患者の歩行に対しては有効性を示している。一方、健常成人の歩容に関する研究は少なく、歩幅や歩行速度などを測定した研究^{16,17)}は散見されるものの、そのうち三次元動作解析を用いてより精密な測定を行っている研究はほとんどない。三次元動作解析は、他の研究機材では測定困難な、歩行中の関節の可動範囲や加速度、重心軌跡の積算距離などを、歩行開始から終了までの全歩行周期で解析可能であり、歩容の評価においては最も厳密な評価の一つである。鍼治療を健常成人の歩容改善に用いることが可能であれば、運動器疾患の発症や転倒の予防、そこからつながる健康寿命の延伸、健康増進などの目標達成に対して非常に有益であると考えられる。そのために、三次元動作

解析を用いて歩容をより精密かつ動的に評価することが現段階において重要な課題である。

そこで本研究では、過去の報告^{18,19)}で健常人の歩行と股関節の可動域や歩幅の関連性を述べていることから、数多くあると考えられる「理想的な歩容」を構成する要素のうち、股関節の十分な可動性をその1つであると定義したうえで、健常成人の歩容に対する鍼治療の効果に関する研究の第一段階として、単回の鍼刺激が歩容に与える影響について、三次元動作解析を用いて評価したので報告する。

II. 方法

1. 対象

対象は、明治国際医療大学に所属する20代から30代の健常成人男女で、なおかつ、体型の差異により歩容に影響が及ぶことを避けるため、BMIが正常範囲から大きく逸脱しない(18.5kg/m²未満の低体重や35kg/m²以上の高度な肥満は除外)者とした。ただし、上記の基準を満たしていても、歩容と脊柱アライメントに影響する可能性のある病態や症状、服薬、生活習慣のある者、その他本研究の結果に影響を与えるような疾患や症状、医学的異常、既往歴、生活習慣のある者、研究期間内に鍼灸の施術を受けた者、1週間以内に著しいライフイベントの変化があった者は除外とした。なお、職業については不問とし、研究対象者の募集は公募にて行った。

参加希望者の内、採用基準を満たした者については、本研究の主旨を説明した後、文書にて同意を得た。なお、本研究の研究計画は、明治国際医療大学ヒト研究倫理審査委員会により、審査・承認(2020-056)を受けて行った。

2. 研究手順(図1)

研究対象者は乱数表を用いて、鍼刺激群、対照群にランダムに割付けた。

研究手順として、まず参加希望者のBMI測定を、インボディ・ジャパン社製体成分分析装置InBody270を用いて行い、測定値が正常範囲内から大きく逸脱しない者を研究対象者として採用した。その後、採用した研究対象者の唾液を、唾液中因子測定のため採取した。次に、腹臥位で10分間の安静臥床を指示し、その後、直立位での骨盤傾斜角度、三次元動作解析装置による歩容の測定を行った。測定終了後、各群の介入を行い、再度骨盤傾斜角度と歩容の測定を行った。更に翌日、前日とおよそ同じ時間帯に再度唾液中因子測定のための唾液採取を行った。

介入として、鍼刺激群では大殿筋とハムストリングス(半腱様筋、半膜様筋、大腿二頭筋)に対する鍼刺激を行った。これらの筋は、歩行時に推進力を発揮する筋として重要であり、人の筋の中で比較的大きな筋であるため姿勢への影響も少なくない。刺鍼部位は、竹内ら²⁰⁾の報告などを参考に、大殿筋は上後腸骨棘の2横指下部と大転子を結んだ中点、ハムストリングスは坐骨結節の5横指程度下部と規定した。鍼刺激は、鍼体直径0.18mm、鍼体長40または50mmのディスポーザブル鍼(セイリン株式会社製)を、研究対象者の体格に応じて適

宜選択し、伏臥位にて、直刺で得気が得られるまで、各筋への刺激を目的として、3～5cm 刺入した。対照群については、鍼刺激と同じ時間、腹臥位にて安静にさせた。



図 1. 測定の手順

研究対象者の唾液を、唾液中因子測定のため採取した。次に、腹臥位で10分間の安静臥床を指示し、起立させ直立位での骨盤傾斜角度、3次元動作解析装置による歩容の測定を行った。測定終了後、各群の介入を行い、再度骨盤傾斜角度と歩容の測定を行った。更に翌日、前日とおよそ同じ時間帯に再度唾液中因子測定のための唾液採取を行った。

3. 評価項目

1) 歩容の測定

歩容の評価は、三次元動作解析装置にて行った。本研究では、赤外線カメラ Natural Point 社製 OptiTrack Prime13 を 8 台用い、コントロールソフトウェアに同社製 Motive 2.1.1 Final を用いた。なお OptiTrack は、古くから研究に広く用いられている三次元動作解析装置 Vicon と同程度の精度²¹⁾を持つ、比較的新しい三次元動作解析装置である。研究対照者にはモーションキャプチャスーツを着用させ、スーツ上の各部に反射マーカを取り付け、歩容を撮影した。歩行は室内に設置した直線約 6.4 メートルの歩行路上で行った。研究対象者には歩行開始前に「まっすぐ前を向き、普段通り歩いてください」と指示したうえで、歩行路の端から端の歩行を 1 試行とし、介入前後でそれぞれ 3 試行測定した。歩容の解析には Natural Point 社製 OptiTrack 解析評価ソフトウェア SKYCOM3.2.2 を使用した。解析区間は、歩行が定常状態となる歩行開始 3 歩目以降²²⁾の 1 歩行周期とした。

解析項目として、過去の報告^{18,19)}において十分な股関節の可動性が「理想的な歩容」を構成する要素の 1 つであると考えられるため、股関節角度変化として最大屈曲位から最大伸展位まで、最大外転位から最大内転位まで、最大内旋位から最大外旋位まで、それぞれの関節角度変化とした。解析では、介入前後各 3 試行の平均値を代表値として用いた。

2) 脊柱アライメントの測定

脊柱アライメントの評価は、インデックス社製脊柱計測分析器スパイナルマウス（以下、スパイナルマウス）を用いて行った。スパイナルマウスは体表から非侵襲的に脊柱アライメントを測定することが可能な装置であり、検者内、検者間での信頼性²³⁻²⁵⁾や X 線との比較による妥当性^{26, 27)}など、多くの検討により妥当性が報告²⁸⁾されている。本研究においては、なるべく普段通りの直立位を指示したうえで、研究対象者の脊柱部の肌を露出し、第 7 頸椎から第 3 仙椎までの棘突起上を頭側から尾側へとホイール状のセンサーを当て介入前後各 3 回測定を行った。

本研究では解析項目として、脊柱アライメントと歩容の関連性を念頭に、矢状面における胸椎後弯角、腰椎前弯角、骨盤傾斜角度に相当する仙骨傾斜角を採用した。これはそれぞれ、第 1 胸椎から第 12 胸椎までの椎体角度の和、第 12 胸椎から第 1 仙椎までの椎体角度の和、床面からの鉛直線に対する仙骨の傾斜角度である。この時、胸腰椎は後弯角が正の数、前弯角が負の数で表示される。また、仙骨傾斜角は、正の角度は鉛直線に対する骨盤前傾、負の角度は鉛直線に対する骨盤後傾を示す。なお解析は、それぞれ 3 回の平均値を代表値として用いた。

3) 唾液中因子測定

唾液中因子の評価として、唾液中セロトニン濃度の ELISA 法による分析を図 1 の通り実施する予定であったが、新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、試薬や保存容器の購入ならびに解析業者の測定スケジュールなどが強く影響を受けたこと、加えて、唾液の採取時の感染拡大のリスクを鑑み、やむなく唾液中因子の分析は中止とした。

4. 統計解析

統計解析の結果は、全て平均値±標準偏差で表記した。

各群内の介入前後の比較には、Wilcoxon の順位和検定を行った。また、群間の介入前後の効果の比較には、各群の介入前後の変化量について Mann-Whitney の U 検定を行った。

なお、全ての統計解析には日本 IBM 株式会社製 SPSS Ver. 21 (日本 IBM 株式会社) を用い、有意水準は 5% とした。

III. 結果 (表 1, 図 2)

1. 研究対象者の割付け

公募の結果、12 名 (22.9±2.7 歳、21.0±1.9kg/m²、男性 6 名、女性 6 名) が本研究の研究対象者となった。そのうち、20 代が 11 名、30 代が 1 名であった。乱数表によるランダム割付けの結果、鍼施術群 6 名 (23.8±3.7 歳、BMI 20.5±1.9kg/m²、男性 3 名、女性 3 名) と対照群 6 名 (22.0±1.1 歳、BMI 21.5±1.9kg/m²、男性 3 名、女性 3 名) に割付けられた。BMI が正常範囲から大きく逸脱したため対象から除外した者は 0 名であった。

	介入前	介入後	p値 (群内比較)	変化量 (介入後-介入前)	p値 (群間比較)
股関節角度変化(屈曲伸展)(度)					
鍼刺激群(n=6)	27.2±16.5	38.0±21.8	0.03*	10.8±5.6	0.11
対照群(n=6)	24.5±21.4	30.5±23.8	0.03*	6.0±3.6	
股関節角度変化(外転内転)(度)					
鍼刺激群(n=6)	27.2±17.8	27.2±17.9	0.92	0.02±2.8	0.75
対照群(n=6)	33.4±13.7	33.4±14.4	0.92	0.04±1.4	
股関節角度変化(回旋)(度)					
鍼刺激群(n=6)	16.1±6.2	16.7±6.2	0.60	0.6±2.7	0.63
対照群(n=6)	18.2±5.5	19.3±4.3	0.25	1.1±3.5	
仙骨傾斜角(度)					
鍼刺激群(n=6)	10.0±14.6	13.9±9.1	0.17	3.9±6.4	0.94
対照群(n=6)	18.5±6.8	20.3±6.1	0.03*	1.8±1.6	
腰椎前弯角(度)					
鍼刺激群(n=6)	-19.6±16.4	-24.6±9.4	0.14	5.0±8.2	0.38
対照群(n=6)	-28.5±9.6	-31.7±8.8	0.03*	3.3±1.7	
胸椎後弯角(度)					
鍼刺激群(n=6)	42.7±10.4	42.9±8.1	0.75	0.3±6.3	0.63
対照群(n=6)	38.0±8.8	37.7±8.1	0.60	-0.3±1.8	

表1. 結果

統計解析の結果は、全て平均値±標準偏差で表記した。
 各群内の介入前後の比較には、Wilcoxonの順位和検定を行った。
 また、群間の介入前後の効果の比較には、各群の介入前後の変化量についてMann-WhitneyのU検定を行った。
 なお、全ての統計解析にはSPSS Ver.21(日本IBM株式会社)を用い、有意水準は5%とした。

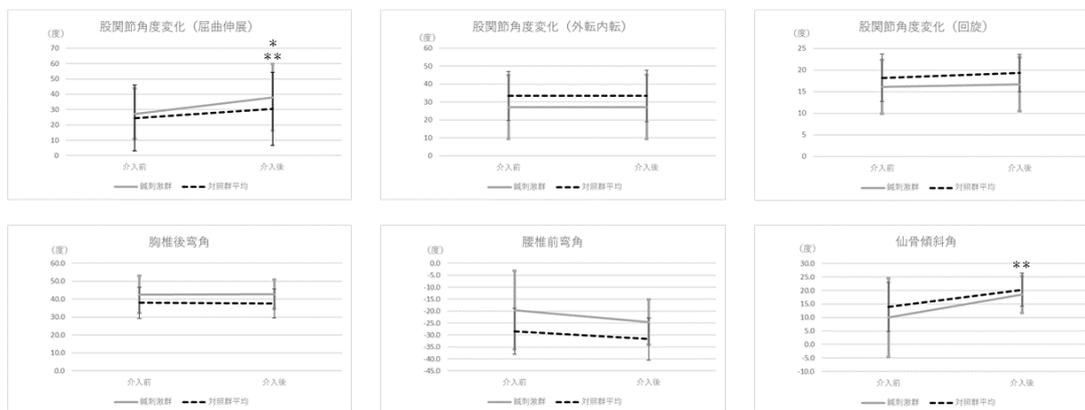


図2. 結果

各群内の介入前後の比較には、Wilcoxonの順位和検定を行った。
 また、群間の介入前後の効果の比較には、各群の介入前後の変化量についてMann-WhitneyのU検定を行った。
 なお、全ての統計解析にはSPSS Ver.21(日本IBM株式会社)を用い、有意水準は5%とした。

* = 鍼刺激群における群内比較で有意な変化($p < 0.05$) ** = 対照群における群内比較で有意な変化($p < 0.05$)

2. 歩容の変化

股関節角度変化(屈曲伸展)において、群内比較では鍼刺激群で介入前 $27.2 \pm 16.5^\circ$ が介入後 $38.0 \pm 21.8^\circ$ ($p=0.03$)、対照群で介入前 $24.5 \pm 21.4^\circ$ が介入後 $30.5 \pm 23.8^\circ$ ($p=0.03$)と、両群ともに有意な増大を認めた。群間比較においては、有意差は認められなかったものの、対照群と比して鍼刺激群で大きく変化した($p=0.109$)。その他の評価項目については、群内比較、群間比較のいずれにおいても有意な変化は認められなかった。なお、屈曲

伸展、外転内転、回旋のいずれの角度変化においても、3回の試行の値に大きな差はみられなかった。

3. 脊柱アライメントの変化

腰椎前弯角は、群間比較で有意な差は認められなかったが、対照群の群内比較においてのみ、介入前 $-28.5 \pm 9.6^\circ$ が介入後 $-31.7 \pm 8.8^\circ$ ($p=0.03$)と有意な変化が認められた。なお、鍼刺激群の群内比較においては、有意な変化は認められなかった。仙骨傾斜角は、群間比較で有意な差は認められなかったが、対照群の群内比較においてのみ、介入前 $18.5 \pm 6.8^\circ$ が介入後 $20.3 \pm 6.1^\circ$ ($p=0.03$)と有意な変化が認められた。鍼刺激群の群内比較においては、有意な変化は認められなかった。胸椎後弯角については、群内比較、群間比較のいずれにおいても有意な変化は認められなかった。なお、仙骨傾斜角、腰椎前弯角、胸椎後弯角のいずれにおいても、3回の試行の値に大きな差はみられなかった。

IV. 考察

本研究では、鍼刺激群と対照群ともに歩行時股関節角度（屈曲伸展）が有意に増大し、有意な傾向に留まったものの鍼刺激群でより大きな変化がみられた。また、対照群で腰椎前弯角と仙骨傾斜角が有意に増大した。

1. 客観的指標の変化

本研究では、歩行時の股関節角度変化（屈曲伸展）が両群の群内比較で有意な増加を示した。これは鍼治療の有無に関わらず、腹臥位での安静臥床により抗重力筋が重力から解放され、一定程度弛緩したことが要因の一つであると考えられる。この点については、松田ら²⁹⁾の報告でも同様に腹臥位での筋緊張緩和が報告されており、本研究でも再現されたものと考えられた。なお、群間比較で対照群と比較して鍼刺激群でより大きく変化する傾向がみられたのは、対照群と比較して鍼刺激群でより大きな屈曲伸展方向での股関節角度の増加、つまり股関節可動域の増大が起こったためであり、この群間での増加幅の違いは鍼治療による大殿筋、ハムストリングスの筋緊張緩和効果によるものであると考えられる。北川ら³⁰⁾は、鍼刺激による股関節可動域増大を筋短縮の改善のためであると考察しており、Liuら³¹⁾も同じく鍼刺激による股関節屈伸ROM(Range Of Motion)増加を報告している。また、松本ら¹⁶⁾は鍼刺激による歩行能改善を筋緊張緩和や筋血流改善によるものとしており、同研究では歩行速度の上昇が認められている。以上のことから、鍼刺激は単純な安静臥床による休息以上に歩行時の股関節の屈曲伸展関節角度、すなわち矢状面における股関節可動域を増加させることが可能であると考えられ、これは鍼治療の研究においては非常に一般的な筋緊張緩和や筋血流改善などの作用が一つの要因になっていると考えられた。しかしながら、本研究ではこれらを裏付ける評価や測定を行っていないため、今後のさらなる検討が必要である。加えて、当初は実施予定であった唾液中セロトニンの分析を実施していた場合、本

研究における鍼刺激の効果が先に述べた局所的な機序だけでなく、液性反応が作用機序として関与していたか否かの一端が明らかになったのではないかと考えられる。セロトニン量と抗重力筋の関連性は古くから言及されており、セロトニン減少に伴い抗重力筋が緊張を失い、姿勢が悪化するとされている^{32,33)}。本研究の作用機序として、鍼刺激がセロトニン分泌を促進することで抗重力筋が本来の緊張を取り戻し、歩容に影響を与えたとするならば、鍼刺激群における唾液中セロトニンの増加が観察される可能性が考えられる。過去の研究においても、鍼刺激がセロトニンの増加に関与することは明らかになっている^{34,35)}。しかしながら、新型コロナウイルスの影響により断念したため、今後の検討課題とする。将来の臨床応用を想定し、メカニズムに迫る研究を行う必要があるものと考えられる。

なお、本研究では、股関節の内外転と回旋で関節角度の変化がみられなかった。これは第一に、鍼刺激を行った筋の主な作用が股関節伸展である大殿筋ならびにハムストリングスであったため、股関節の内外転と回旋に大きな影響を与えなかったことが理由であると考えられる。また、股関節内外転については、研究対象者が健常成人かつ若年層であったため体幹が安定しており、歩行時の左右への動揺がベースラインで少なかったことが関与していると予測できる。実際に、Liuら³¹⁾の報告では鍼刺激によって股関節の外転角度が減少したとあり、鍼刺激がバランス維持に有益であると考察している。本研究においても、高齢者など歩行時の左右への動揺を有する層に対しての鍼刺激であれば、股関節の内外転関節角度に有意な変化を認める可能性があり、今後は年齢層ごとの検討を行う必要があると考えられる。

また、本研究では、対照群にてスパイナルマウスにおける腰椎前弯角と仙骨傾斜角が有意に増加した。この結果から、腹臥位での安静臥床には、腰椎の前弯をより強調し、骨盤をより前傾させる作用があると考えられる。安田ら³⁶⁾は、立位と比較して腹臥位では腰椎前弯角が増加すると報告している。本研究でも、体幹の前屈が起こらない腹臥位による安静臥床によって腰が反る、つまり腰椎がより前弯し、それに伴い骨盤の前傾も増大したと考えられる。一方、鍼刺激群では、対照群と同じ10分間、同じ腹臥位の姿勢をとっていたにもかかわらず、スパイナルマウスでの変化は認められなかった。これは、鍼刺激によって刺鍼部の筋緊張緩和に加えて血流改善が起こった結果、大殿筋とハムストリングスの単純な弛緩のみならず、筋組織本来の粘弾性が取り戻され、弛緩と収縮間の変化量が増大したことにより、この筋群の姿勢を支持する筋力が上昇し、腹臥位で起こるはずの腰椎前弯増大、骨盤前傾を引き起こさなかったためであると考えられる。過去の研究³⁷⁾では、血流減少と筋力低下の関連が明らかになっており、他の研究においても鍼刺激による血流改善^{38,39)}、筋力上昇が報告されている^{17,40,41)}。Wangらの報告¹³⁾では、健常成人ではないものの、鍼刺激による骨盤の前傾の減少と歩行中の股関節の動きの増大が歩容の改善に関連する可能性を考察しており、河原らの報告⁴²⁾では、骨盤前傾は骨盤後傾と比較して非効率な歩容を呈すると示している。また、北風ら⁴³⁾は、大殿筋筋力は骨盤、股関節の動的安定性を高めるうえで重要な役割を持つと述べている。以上のことから、本研究における作用機序は明らかではないが、

鍼刺激が骨盤傾斜角度に与える効果は、安全かつ効率的な歩容の獲得に有益である可能性が示唆された。

2. 過去の研究との比較

1) 医中誌

医中誌 Web にて、検索ワード「鍼 三次元動作解析（原著論文に限る）」を用いて検索した結果、過去の報告数 11 件のうち実際に鍼刺激を行ったものは 1 件であり、そのうち、三次元動作解析を用いて鍼刺激が歩容に与える影響について評価を行ったものは 0 件であった。

2) PubMed（表 2）

PubMed にて、検索ワード「Acupuncture Three-dimensional motion analysis（RCTに限る）」を用いて検索した結果、過去の報告数は 4 件であり、いずれも三次元動作解析を用いて鍼刺激が歩容に与える影響について評価を行ったものであった。そのうち 3 件は脳血管障害に関するものであり、残りの 1 件は変形性膝関節症に関する報告であった。健常成人に対して鍼刺激を行った研究は 0 件であった。

著者	タイトル	対象	介入	効果
Wang HQら, 2020年	Effects of acupuncture treatment on motor function in patients with subacute hemorrhagic stroke: A randomized controlled study	亜急性期の脳内出血 134名 RCT	①鍼+従来治療 ②従来治療	従来治療に鍼治療を加えることで、股関節可動域、膝関節可動域等の増大が確認された。
Wang HQら, 2018年	Immediate effect of scalp acupuncture on the gait of patients with subacute intracerebral haemorrhage analysed by three-dimensional motion; secondary analysis of a randomised controlled trial	亜急性期の脳内出血 30名 RCT	①頭部への鍼 ②刺激なし	頭皮鍼群で、骨盤傾斜角のピーク減少と股関節伸展角の増加を示した。
Wang Xら, 2017年	Kinetic mechanism of electroacupuncture for stair climbing in knee osteoarthritis patients	変形性膝関節症 40名 RCT	①鍼通電 ②浅い非経穴点への鍼	鍼通電により、階段昇降中の足関節底屈および会談上昇中の膝関節内転が増大を示した。
Liu Jら, 2016年	Efficacy on the range of motion of the lower limbs in patients of post-stroke spasmodic paralysis regulated with multi-directional stimulation technique	脳卒中後痙性麻痺 60名 RCT	①板刺法 ②通常の刺鍼法	鍼治療は、股関節の最大内転角と屈曲伸展ROMを増加させ、股関節の外転を減少させる。

表2. PubMed: ~2021年10月 検索ワード「Acupuncture Three-dimensional motion analysis」

3) レビュー

日本語および英語での文献検索の結果、本研究と同様に、三次元動作解析を用いて鍼刺激が歩容に与える影響について評価を行った報告が英語で 4 件確認された。刺激部位は頭部や全身の多数の経穴に対するものであった。そのいずれもが、三次元動作解析における歩容が鍼刺激によって有意に変化することを報告しており、本研究の結果と同様の結論であった。結果の詳細においても、股関節の屈曲伸展幅の増大を報告しているものが 3 件であり、本研究の結果と一致するものであった。残りの 1 件に関しては、本研究で検討した股関節に関しての言及はなく、階段昇降中の膝関節、ならびに足関節の変化について述べており、健常成人での股関節以外の関節に関する調査が今後必要であると考えられた。

本研究と一致する結果がみられる一方、股関節の屈曲伸展幅増大と同時に股関節内転増大と外転減少という本研究と異なる変化が認められた報告が1件確認された。これは、対象が脳卒中後の痙性麻痺であることから、分回し歩行による股関節の内転減少と外転増大がベースラインレベルで存在していた可能性が非常に高く、鍼刺激によってその異常歩行が一定程度改善したと考えられる。本研究では健康成人を対象としているため、天井効果により股関節内外転での変化がみられなかった可能性が高い。

今回、過去の報告を、日本語および英語にて検索した結果、鍼刺激の歩容に対する効果を、三次元動作解析を用いて評価した報告は非常に少ないことが明らかになり、さらに研究対象を健常成人としているものは存在しないことが明らかとなった。その点において、本研究の結果は、鍼刺激が健常成人に与える影響に関する非常に新しい知見であり、今後の鍼灸治療に関する研究において有益なものであると考えられる。歩行に関する研究は数多く存在するものの、健常成人の歩行に関するものは、異常歩行を呈するものと比較して非常に少なく、健常成人における「理想的な歩容」の定義も確立した概念が未だ存在しないため、研究ごとにその評価軸は異なる。本研究においてもその点を念頭に置いて評価を行ったが、今後より一層、健常成人の「理想的な歩容」を定義づけるために役立つ検討が必要であると考えられる。なお、検索ワード「鍼 歩容」での文献検索も行ったが、より本研究との比較対象として相応しいと考えられる検索ワード「鍼 三次元動作解析」を採用し、レビューを行った。検索ワード「鍼 歩容」の文献検索においても、健常成人に対する報告では、鍼治療が歩行能を改善することを結論付けている。

3. 本研究の意義と限界

本研究では、歩行時の股関節屈曲伸展関節角度が両群で増加し、群間比較では有意ではないものの、対照群と比較して鍼刺激群でより大きく変化する傾向がみられた。過去の報告では、歩幅とロコモティブシンドロームの関連¹⁸⁾や、加齢による歩容の崩れから転倒リスクが上昇する⁴⁴⁾こと、また、同じ健常人であっても若年層と比較して高齢層では、歩行時の股関節可動域が小さい¹⁹⁾ことが報告されており、これらが健康寿命と関連していることが示されている。本研究の結果は、鍼治療が「理想的でない歩容」を完全な「理想的な歩容」に変化させることを示唆するものではなく、介入前の研究対照者が「理想的でない歩容」であったか否かも明確ではないが、「理想的な歩容」を構成すると考えられる多くの要素のうち、歩行時の股関節可動域という点においては、鍼治療が健常成人の歩容をより理想的な方向へと変化させる可能性は考えられた。歩行において股関節可動域、歩幅の減少は、歩行時のバランスや歩行速度の低下を招き、転倒リスクや生活の質の低下につながりかねないため、本研究における鍼治療の効果は有益なものであると考えられる。少なくとも、一時的にせよ歩容に影響を与える可能性を示したという点では、非常に意義深いものであると考えられた。また、本研究は短期間で行ったため、より長期的で定期的な頻度で鍼刺激を行った場合の変化についても、今後検討する必要がある。

一方で、本研究では、健常成人の歩容に対する鍼刺激の効果を検討したが、運動器疾患をはじめ歩容に異常を呈する疾患を有する研究対象者に対して、あるいは、同じ健常成人であっても、骨盤が著しく前傾、または後傾している研究対象者に対しても同様の効果を示すのかについては明らかではない。さらに、本研究では対象者が若年層であったため、高齢層でも同様の効果が得られるかも定かではない。今後は運動器疾患を有する者や、骨盤前傾群、後傾群、高齢層に対する効果など、様々な研究対象への応用を検討する必要がある。加えて、本研究における鍼刺激の持続効果や、安定した歩容において重要であると考えられるスムーズな重心移動などについても明らかではない。今後は、持続効果や足底圧の変化なども評価に加え検討する必要がある。

また、本研究においては、刺激部位は歩行において重要であると考えられる大殿筋、ハムストリングスを選択し、東洋医学的配穴は検討していない。歩容に対する東洋医学的配穴を用いたアプローチとして、下肢の合穴など関節周囲にあり、筋の起始停止付近に存在する経穴などが考えられる。東洋医学的な配穴での検討も今後行う必要がある。

なお、本研究の作用機序の一端を明らかにする評価を、新型コロナウイルスの影響により断念したため、考察することができなかつたため、今後の検討課題とする。将来の臨床応用を想定し、メカニズムに迫る研究を行う必要があるものと考えられる。

今後、これらの問題を明らかにし、歩容に対する鍼治療の効果を一層明らかにしていく必要がある。

4. 実施予定計画との差異

本研究では、新型コロナウイルス感染拡大の影響を受けて、実施できなかった評価が複数存在する。本項では、構想段階での実施予定計画を完遂した場合、どのような結果が得られたかを考察する。なお、唾液中因子測定については先に述べたため割愛する。

三次元動作解析における評価として、関節角度の他に、体幹加速度と重心軌跡の積算距離を解析予定であったが、新型コロナウイルス感染拡大の影響により、研究実施可能期間が極端に制限されたため解析できなかった。本研究では、鍼刺激によって大殿筋とハムストリングスが本来の粘弾性、筋力を取り戻したことが示唆された。そのことから、鍼刺激群では、より効率的に床面に力を伝え、歩行における進行方向への推進力が上昇すると予測される。その結果、体幹加速度が増加し、重心軌跡の積算距離が短縮すると考えられる。また、関節角度に関しては、股関節のみでなく、膝関節と足関節の関節角度変化も解析予定であった。過去の研究^{45,46)}では、股関節と膝関節、足関節の可動域が相関することが明らかになっており、本研究においても同様の現象が観察される、つまり膝関節と足関節の関節角度変化が鍼刺激群で増加する可能性が考えられる。しかし、これらを実際に確認することが本研究では叶わなかつたため、今後明らかにしていく必要がある。

V. 結語

今回、歩容に関連するような医学的異常を認めない健康成人に対して鍼刺激を行い、歩容に対する効果について客観的評価を用いて調査を行った。その結果、

1. 三次元動作解析を用いて評価した股関節屈曲伸展関節角度が、鍼刺激群、対照群ともに有意に増加した。群間比較においては、有意差は認められなかったものの、対照群と比して鍼刺激群で大きく変化した。
2. スパイナルマウスを用いて評価した腰椎前弯角と仙骨傾斜角が、対照群で有意に増加した。

以上の結果より、鍼刺激が歩行時の股関節可動域の改善と骨盤前傾防止に有効であり、健康成人の「理想的な歩容」獲得に有益であることが示唆された。

謝辞：本稿を終えるにあたり、多大なご助言、ご協力をいただきました明治国際医療大学鍼灸学部鍼灸学科廣正基教授、山崎翼講師、保健医療学部柔道整復学科神内伸晃講師、濱口夏花助教に深謝するとともに、多大なるご協力をいただきました明治国際医療大学大学院鍼灸学研究科博士後期課程堀優貴さん、同修士課程油谷知子さんに深く感謝いたします。

【利益相反】

本研究に関して開示すべき利益相反はない。

【文献】

1. 総務省統計局人口推計 <https://www.stat.go.jp/data/jinsui/2009np/index.html> (平成21年10月1日現在)
2. 健康日本21(第二次) https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_01.pdf (令和3年10月ダウンロード)
3. 川久保清, 李廷秀: 【ウォーキング スポーツ医学の視点から】生活習慣病に対するウォーキングの効果 糖尿病, 高血圧, 高脂血症など. 臨床スポーツ医学, 19(4): 361-365, 2002
4. Kornanong Yuenyongchaiwat, Duangnate Pipatsitipong, Panthip Sangprasert: Increasing walking steps daily can reduce blood pressure and diabetes in overweight participants. Diabetology international, 9(1): 75-79, 2017
5. Roy J Shephard, Hyuntae Park, Sungjin Park, et al.: Objectively measured physical activity and progressive loss of lean tissue in older Japanese adults: 1

- ongitudinal data from the Nakanojo study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(11): 1887-93, 2013
6. Alycia N Sullivan Bisson, Stephanie A Robinson, Margie E Lachman: Walk to a Better Night of Sleep: Testing the Relationship Between Physical Activity and Sleep. *Sleep health*, 5(5): 487-494, 2019
 7. 青木 拓巳, 佐久間 春夫, 石井 好二郎: 12か月間の歩行運動介入が高齢者の睡眠に与える影響. *体力科学*, 66(2): 153-162, 2017
 8. 「健康日本2 1 (第二次)」中間評価報告書 <https://www.mhlw.go.jp/content/000378318.pdf> (令和3年10月ダウンロード)
 9. 大畑光司: 【リハビリテーション医学における歩行分析とその臨床応用】正常・異常歩行の運動学. *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*, 58(2): 121-127, 2021
 10. 松井 建興, 鳥野 大, 吉田 宏昭ら: 歩行時の立脚相における膝関節運動の解析 健康成人の性差の検討. *生体応用計測*, (5): 55-62, 2014
 11. S Studenski, P W Duncan, J Chandler: Postural responses and effector factors in persons with unexplained falls: results and methodologic issues. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(3): 229-34, 1991
 12. 南角学, 坪山直生, 秋山治彦ら: 人工股関節置換術後患者の骨盤アライメントと歩行中の重心移動の関連性. *理学療法学*, 37(1): 29-34, 2010
 13. Hai-Qiao Wang, Gui-Rong Dong, Chun-Ling Bao, et al.: Immediate effect of scalp acupuncture on the gait of patients with subacute intracerebral haemorrhage analysed by three-dimensional motion: secondary analysis of a randomised controlled trial. *Acupuncture in medicine: journal of the British Medical Acupuncture Society*, 36(2): 71-79, 2018
 14. 井上 基浩, 中島 美和, 北條 達也ら: 脊柱管狭窄による腰下肢症状に対する神経根鍼通電療法の効果. *日本生体電気・物理刺激研究会誌*, (23): 7-12, 2009

15. 福田 晋平, 江川 雅人, 苗村 健治: パーキンソン病に対する鍼治療の臨床効果に関する研究 ランダム化比較試験(RCT)による検討. 明治国際医療大学誌, (6): 21-45, 2012
16. 松本 勅, 木田 匡美: 高齢者の歩行速度に及ぼす下肢筋部鍼刺激の影響. 東洋医学とペインクリニック, 38(1-2): 29-38, 2008
17. 木田匡美, 松本勅, 高橋則人ら: 高齢者の歩行能に対する鍼治療の効果. 明治鍼灸医学, (41): 11-19, 2008
18. Hiroki Tamura, Kurumi Tsuruta, Etsuo Chosa: Method for estimating locomotive syndrome based on walking motion. 臨床バイオメカニクス, (40): 223-229, 2019
19. 橋本 直樹, 大森 弘則, 奥村 康弘ら: 健常者における股関節に作用する resultant force の比較. Hip Joint, (26): 253-256, 2000
20. 竹内真太, 根地嶋誠, 溝井健介ら: 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. 理学療法学, 35(3): 381-385, 2020
21. Bruce Carse, Barry Meadows, Roy Bowers, et al.: Affordable clinical gait analysis: an assessment of the marker tracking accuracy of a new low-cost optical 3D motion analysis system. Physiotherapy, 99(4): 347-51, 2013
22. 菊池麻美, 對馬均: 歩き始めから定常歩行となるまでの歩数と距離に及ぼす加齢の影響 健常成人と虚弱高齢者との比較. 理学療法研究, (30): 11-15, 2013.
23. Anne F Mannion, Katrin Knecht, Gordana Balaban, 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. 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, 13(2): 122-36, 2004
24. M Ripani, A Di Cesare, A Giombini, et al.: Spinal curvature: comparison of frontal measurements with the Spinal Mouse and radiographic assessment. The Journal of sports medicine and physical fitness, 48(4). 488-94, 2008

25. Eleftherios Kellis, Grigoris Adamou, Gerasimos Tziliou, et al.: Reliability of spinal range of motion in healthy boys using a skin-surface device. 31(8): 570-6, 2008
26. 宝亀登: スパイナルマウスによる日本人健常成人と背・腰部痛患者の姿勢分析. 杏林医学雑誌, (41)1, 2-12, 2010
27. 杉野伸治, 松尾礼美, 廣庭美紀ら: 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, 3(3): 123-127, 2013
28. R B Post, V J M Leferink: Spinal mobility: sagittal range of motion measured with the SpinalMouse, a new non-invasive device. Archives of orthopaedic and trauma surgery, 124(3): 187-92, 2004
29. Tadashi Matsuda, Yoshiteru Akezaki, Yoko Tsuji: Safety of Prone Positioning for Patients with Severe Motor Disabilities. 日本職業・災害医学会会誌, 67(2): 146-151, 20195
30. 北川洋志, 黒岩共一, 谷埜予士次ら: トリガーポイント鍼刺激が屈曲弛緩現象と関節可動域に与える影響. 関西医療大学紀要, (5): 1-6, 2011
31. Jing Liu, Lifang Chen, Jie Zhou: [Efficacy on the range of motion of the lower limbs in patients of post-stroke spasmodic paralysis regulated with multidirectional stimulation technique]. Zhongguo zhen jiu = Chinese acupuncture & moxibustion, 36(10): 1013-1017, 2016
32. 有田秀穂: セロトニン欠乏脳 キレル脳・鬱の脳を鍛え直す. Health and Behavior Sciences, 3(2): 123-129, 2005
33. 小西 正良, 吉田 愛実: セロトニン分泌に影響を及ぼす生活習慣と環境. 大阪河崎リハビリテーション大学紀要, (5): 11-20, 2011
34. Yoshimoto Kanji, Fukuda Fumihiko, Hori Masafumi, et al.: Acupuncture Stimulates the Release of Serotonin, but Not Dopamine, in the Rat Nucleus Accumbens. The Tohoku Journal of Experimental Medicine, 208(4): 321-326, 2006

35. Park Hyemee, Yoo Doyoung, Kwon Sunoh, et al.: Acupuncture stimulation at HT7 alleviates depression-induced behavioral changes via regulation of the serotonin system in the prefrontal cortex of maternally-separated rat pups. *The Journal of Physiological Sciences*, 62(4): 351-357, 2012
36. 安田達也, 長谷川智彦, 大和雄ら: 成人脊柱変形患者の体位による腰椎前彎角の変化
仰臥位と術中腹臥位で腰椎前彎角は近似する. *Journal of Spine Research*, 7(4): 834-836, 2016
37. 菅谷 正人, 坂牧 美歌子, 尾崎 隼朗ら: 外部圧迫による筋血流量の変化が低強度運動時の筋放電量と最大筋力に及ぼす影響. *体育学研究*, 56(2): 481-489, 2011
38. 藤本 幸子, 井上 基浩, 中島 美和ら: 腰痛に対する腰部への鍼の刺入深度の違いによる治療効果の相違 ランダム化比較試験. *全日本鍼灸学会雑誌*, 61(3): 208-217, 2011
39. 鶴 浩幸, 松本 勅: 家兔前脛骨筋の血流に及ぼす鍼刺激の影響. *全日本鍼灸学会雑誌*, 49(1): 6-14, 1999
40. 千田純子, 秋元恵実, 木下晴都: 握力回復に及ぼす交叉刺と平行刺の比較研究. *全日本鍼灸学会雑誌*, 36(4): 288-293, 1986
41. 小林聡, 宮本始昌, 長尾栄一: 膝痛症に伴う大腿四頭筋筋力低下に対する鍼刺激の効果. *全日本鍼灸学会雑誌*, 34(3-4): 236-241, 1985
42. 河原常郎, 大森茂樹, 倉林準ら: 骨盤傾斜角度と歩行時の関節角度および重心移動との関連性. *臨床バイオメカニクス*, (34): 233-237, 2013
43. 北風 浩平, 塚越 累, 坂口 顕ら: 大殿筋エクササイズが歩行時骨盤後方回旋に与える影響. *運動器リハビリテーション*, 27(1): 79-86, 2016
44. 宮辻和貴, 澤山純也, 川端浩一ら: 高齢者の歩行運動における身体重心動揺の3次元解析. *大阪体育学研究*, (45): 1-11, 2007
45. Endo Yasuhiro, Miura Masashi, Sakamoto Masaaki: The relationship between the deep squat movement and the hip, knee and ankle range of motion and muscle st

rength. Journal of Physical Therapy Science, 32(6): 391-394, 2020

46. 佐藤優, 中野直樹, 早崎哲治ら: 人工膝関節全置換術後の膝関節屈曲可動域は術前の股関節可動域と関連する. 運動器リハビリテーション, 32(2): 191-196, 2021