

博士論文

腰痛を有するスポーツ選手への  
低周波鍼通電が筋活動に及ぼす影響

平成 26 年度

近藤 宏

筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻

筑波大学



# 目 次

## 第 1 章 序論

第 1 節	研究の背景	01
第 2 節	腰痛に対する鍼治療に関する研究	04
第 3 節	腰痛と筋活動に関する研究	18

## 第 2 章 腰痛を有するスポーツ選手に対する鍼治療に関するレビュー

第 1 節	目的	24
第 2 節	方法	25
第 3 節	結果	27
第 4 節	考察	29
第 5 節	結論	31

## 第 3 章 研究の目的と課題

第 1 節	研究の目的	35
第 2 節	研究課題	36

**第 4 章 研究課題 1 腰痛を有するスポーツ選手への鍼通電が腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性に与える影響**

第 1 節	背景	38
第 2 節	目的	41
第 3 節	方法	42
第 4 節	結果	46
第 5 節	考察	47
第 6 節	結論	54

**第 5 章 研究課題 2 腰痛を有するスポーツ選手への鍼通電が身体動揺時の多裂筋と内腹斜筋の筋反応時間に及ぼす影響**

第 1 節	背景	65
第 2 節	目的	68
第 3 節	方法	69
第 4 節	結果	72
第 5 節	考察	74
第 6 節	結論	80

**第 6 章 総括**

第 1 節	結語	90
第 2 節	本研究の限界および今後の課題	92



第 3 節 今後の展望 . . . . . 95

謝辞 . . . . . 96

文献 . . . . . 98

## 用語の定義と略語

本研究で用いる主な用語と略語は以下の通りである。

コア・スタビリティ Core Stability(体幹の安定性) は,四肢が正しく機能的に動くために必要な要素.

ローカル筋 起始又は停止が腰椎に直接付着している筋のこと(大腰筋は除く)で,主に身体の深層に位置しており,腰椎の分節的安定性を制御する

グローバル筋 体幹に位置する腰椎に直接付着していない筋のことで,主に身体の表層に位置しており,腰椎全体の姿勢や平衡を制御している

代替医療 大学の医学部で教育されている主流の現代西洋医学以外の医療のこと.代替医療(alternative medicine)という言葉は主にアメリカで使われているもので,欧州では補完あるいは相補医療(complementary medicine)と呼ぶことが多い.この中には漢方・鍼灸などの東洋医学,アーユルベーダやユナニなどの伝統医療,ハーブ,ホメオパシー,カイロプラクティック,バイオフィードバック療法など様々な療法が含まれている.

EBM evidence based medicine(エビデンス・ベースド・メディスン)の略.1996年に Sackett らによって紹介された概念で,「証拠に基づいた医学」と訳されている.その定義は,「個々の患者の診療について決定をくだすために,最新で最良の証拠(evidence)を,良く考えて誰

からも納得できるように,うまく利用すること」とされている.実際には,信頼性の高い最新の文献などに基づいて患者にとって最も適切な医療を行うことを意味する.

システマティックレビュー systematic review は,データベースなどにより臨床試験論文を系統的に収集し,総括して評価することをいう.

経穴 東洋医学,経絡学の概念で,体表の特定の部位に指圧,鍼,灸で刺激を与えることで体調の調整,諸症状の緩和をはかるものである.一般にはツボとも呼ばれる.

経絡 人体の中の気血榮衛(気や血などといった生きるために必要なもの,現代で言う代謝物質)の通り道.古代中国で考えられた.経脈と絡脈がある.体を縦に流れているもの経脈といい,経脈以外の脈は絡脈という.

経筋 経絡が走行する筋肉のことをいう.

気血 経絡の内外を循環する生命力の源とみなされるもの.

寒湿 東洋医学の病因の一つ.寒と湿が結びついた病態で陽気の運行や血流を妨げ,疼痛,関節の強ばりを引き起こす.

腎虚 東洋医学の概念で内分泌系や免疫機能など全般の機能低下によりおこる症状を言う.

鍼通電療法 生体に留置した鍼に通電用のクリップを挟み低周波鍼通電装置を用いて通電する治療法

内因性モルヒネ様物質 生体内で産生されるモルヒネと同じ作用をもつ物質.内因性オピオイドとも言う.モルヒネは種々の原因に

よる疼痛の軽減に有効である。

- RCT** Randomized Controlled Trial(ランダム化比較試験評価)の略.バイアス(偏り)を避け,客観的に治療効果を評価することを目的とした研究試験の方法である.
- VAS** Visual Analog Scale(ビジュアル・アナログ・スケール)の略.疼痛,感情など特定の感覚の強度を評価する際に用いられる手法.主に,痛みなどを客観的に評価するために無痛から最強の苦痛までの表現を 0 から 100mm の線上に表示する方法.
- NRS** Numerical Rating Scale (ヌーメリカル・レイティング・スケール)の略.疼痛,感情など特定の感覚の強度を評価する際に用いられる手法.0 から 10 の目盛りを用意し,10 を最大の痛みとしてその時々痛みなどを数値で表現する.
- FRP** Flexion Relaxation Phenomenon(屈曲弛緩現象)の略.体幹を漸次屈曲させると脊柱起立筋からの筋活動が著明に出現し,さらに,屈曲を進めていくと脊柱起立筋からの筋活動が消失する現象.
- RDQ** Roland-Morris Disability Questionnaire の略.腰痛によって日常生活が障害される程度を評価する尺度.「立つ」,「歩く」,「服を着る」,「仕事をする」などの日常の生活行動が腰痛のために障害されるか否かを尋ねる 24 項目に,「はい」,「いいえ」で回答してもらい,「はい」と回答した項目の数を加算して得点を算出する.RDQ 日本語版は計量心

理学的に十分な特性を持つことが検証されている。

**motion artifact** motion artifact(モーションアーチファクト)は、動きによる陰影障害(ノイズ)のこと。筋電図を計測する際、電極に接続しているケーブルの揺れや皮膚と電極面の接触抵抗の変化によって基線の動揺が生じる。

**RMS** Root Mean Square(二乗平均平方根)の略。ある統計値や確率変数を二乗した値の平均値の平方根である。

**下行性抑制系** 脳幹から脊髄に向かって下行する抑制性ニューロンによって、脊髄後角での一次侵害受容ニューロンと二次侵害受容ニューロンとのシナプス伝達を抑制し、特に疼痛情報が二次侵害受容ニューロンに伝わらないようにして、疼痛を和らげるものである。

**広汎性侵害抑制調節** 脊髄後角あるいは三叉神経脊髄路核にある痛みを伝達する侵害受容ニューロンの興奮性反応(侵害性入力)が、全身の皮膚、筋、内臓などに加えられた侵害刺激(機械、熱、化学刺激)によって抑制されるという現象である。鍼の手技による侵害受容ニューロンの抑制とDNICの時間経過が類似していることから、両者の機序に共通するものがあることが指摘されている。

**プラセボ** 評価しようとする状態に対して何ら特別の作用のない物質ないし処方のこと。プラセボ効果は、それらによって惹起された精神的ないし精神生理学的効果のことをいう。

**$\alpha$  運動ニューロン** 神経線維には、軸索の直径の太い順に、また興奮伝導速度の

速い順に A 線維, B 線維, C 線維の 3 種類に分類され, A 線維は  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  に分類される.  $\alpha$  運動ニューロンは脊髄の前角に始まり, 運動に関する全ての神経情報(筋肉の収縮等)に関与する.

$\gamma$  運動ニューロン 神経線維には, 軸索の直径の太い順に, また興奮伝導速度の速い順に A 線維, B 線維, C 線維の 3 種類に分類され, A 線維は  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  に分類される.  $\gamma$  運動ニューロンも脊髄前角にあり, 筋肉の中の筋紡錘の両端にある錘内筋線維に結合し筋紡錘の張力を調節する.

筋トーンス muscle tonus(筋緊張)は, 筋の伸張に対する受動的抵抗, または筋に備わっている張力である.

Trap door 身体を動揺させるために右脚接地面の床が突然 25°傾斜する装置.

EMG electromyography(筋電図法)の略. 筋活動を電気信号としてとらえる計測法である.

求心性インパルス 神経を介して感覚器から中枢へ向かう活動電位で, 外界および体内の刺激情報を中枢へ伝える信号である.

マイクロニューログラム Microneurogram(微小神経電図法)は, 直径 150~200  $\mu$  m, 先端直径 1  $\mu$  m, 先端を除き絶縁されたタングステン微小電極を無麻酔, 経皮的にヒトの末梢神経に刺入し, 神経発射を導出する方法.

## 図表のタイトル一覧

表 2-1 競技別にみた腰痛を有する選手の抽出数とその割合

表 2-2 研究方法とアウトカムの種類

図 2-1 論文収集の流れ

図 3-1 研究概要

表 4-1 被験者の属性

表 4-2 被験者別 RDQ 得点

表 4-3 各被験者の鍼通電前後での腰部脊柱起立筋の%difference と VAS

図 4-1 EMG 電極貼付部位

図 4-2 体幹屈曲時の左右腰部脊柱起立筋の筋活動

図 4-3 刺鍼部位

図 4-4 鍼通電前後における腰部脊柱起立筋の%difference の変化

図 4-5 鍼通電前後における VAS の変化

図 4-6 鍼通電前の %difference と RDQ の関連性

図 4-7 鍼通電前後の体幹屈曲時の左右腰部脊柱起立筋の筋活動の一例

表 5-1 腰痛を有する被験者の属性

図 5-1 Trap door

図 5-2 筋反応時間

図 5-3 電極の貼付部位

図 5-4 刺鍼部位

図 5-5 鍼通電前後の多裂筋の筋反応時間

図 5-6 鍼通電前後の内腹斜筋の筋反応時間

図 5-7 各被験者の鍼通電前後の多裂筋の筋反応時間



本論文は次の投稿論文を中心にまとめたものである.

1. KONDO Hiroshi, MORIYAMA Tomomasa, USUI Nagao, MIYAKAWA Shunpei.  
Effects of Electro-acupuncture stimulation on the left–right asymmetry of lumbar erector spinae muscle EMG activity in subjects with lower back pain. JAM. 2014: 1; 1-7.
2. KONDO Hiroshi, MIYAMOTO Toshikazu, MIYAKAWA Shunpei.  
Electro-acupuncture significantly delayed multifidus muscle reaction time in athletes with lower back pain. JAM.2014: 1; 8-13.

## 第 1 章 序論

### 第 1 節 研究の背景

スポーツ選手の腰痛の発生率は種目により異なるがおおよそ 20～70%(Semon RL et.al.,1981, McCarroll JR et.al.,1986, Granhed H et.al.,1988, Marks MR et.al.,1988, Sward L et.al.,1991, Tall RL et.al.,1993, McHardy A et.al.,2007)とされ、同年代の一般人より腰痛の発生率が高い(大隈ら,2011).腰痛が原因で選手生命を縮めるスポーツ選手も少なくない.腰痛発症の原因については発育期における偏ったスポーツ,過度のトレーニング,選手自身の基礎体力の低下などが指摘されている.また,腰痛の要因として関節・筋の柔軟性や体幹筋活動・形態・筋力の関与が考えられている.特に筋活動については,1950年代から研究が進められ,多くの腰痛者では屈曲弛緩現象(flexion-relaxation phenomenon)と呼ばれている現象が消失すること(Triano JJ et.al.,1987)や体幹屈曲時の脊柱起立筋活動の左右非対称性が認められること(Donaldson C.et al.,1993)が報告されている.1990年代ごろよりコア・スタビリティの概念が浸透し,体幹筋の中でも深層に位置し,コアを構成する腹横筋や多裂筋などのいわゆるローカル筋の機能と腰痛との関連性が注目されている.コア・スタビリティとは,抗重力コントロールのための下部体幹における伸筋と屈筋の相反的な同時活動であり,腰椎の安定性に寄与すると言われている.腰痛の発生と筋機能との関係を調査した報告では,腰痛既往者とコントロール群との比較で腹直筋や外腹斜筋,脊柱起立筋といった体幹筋のなかでも表層に位置する,いわゆるグローバル筋の筋活動には変化がなか

った。一方で、多裂筋や腹横筋、大腰筋といった、いわゆるローカル筋の筋活動が低下していた(Lariviere C et.al.,2000, Ng JK et.al.,2002)。また上肢や下肢の挙上動作時における腹横筋や多裂筋の収縮開始がコントロール群と比較して有意に遅延していたことから、腰痛になりやすい対象は予測的な姿勢制御機能、すなわち安定性が低下していることが示唆されている(Hodges PW et.al.,1996a)。

腰痛に対する治療法としては外科的手術療法と保存的療法があるが、多くは保存的療法が行われる。保存療法には、非ステロイド性抗炎症薬などの薬物療法、温熱療法などの物理療法、腰椎コルセットなどの装具療法、柔軟性訓練や筋力強化訓練などの運動療法、腰痛学級などの認知行動療法、神経ブロックなどの注射療法、鍼治療などの代替療法などがある。その中で鍼治療はスポーツ選手によく利用されている。スポーツ選手の 26.2%は鍼灸の治療を受けたことがあり、中でも陸上競技選手では 53.1%の選手が鍼灸の治療を受けている(長沼ら,1991)。スポーツ選手が鍼治療を受ける目的は、痛みの除去や軽減(Miyamoto T.,et.al.,1995)、疲労回復、競技前後でのコンディショニングなど(近藤ら,2006)である。鍼治療は、スポーツの現場では、疼痛の改善、局所の疲労回復、身体のコンドショニングとして活用されている。腰痛を有するスポーツ選手に対する鍼治療の効果に関する研究では、痛みや練習状況に対して効果があることが報告されている。一方で、疲労回復やコンディショニングの対象の一つに筋の機能が挙げられるが、腰痛を有するスポーツ選手の筋の機能に対する鍼施術の効果については明らかになっていない。そのため、腰痛を有するスポーツ選手の筋活動に対する鍼通電の影響を検討することは、鍼通電の筋機能に対する効果や作用機序を検討する上で非常に意義のあることである。

体幹筋の機能の低下や異常は脊椎の不均衡につながる可能性があり、腰痛の

危険性を高めることになるかもしれない。腰痛と筋の機能が密接に関係しているのであれば、腰痛を自覚していないスポーツ選手においても腰痛を発症する危険性にさらされている可能性がある。つまり、体幹筋の機能を客観的に評価し鍼治療をすることは、腰痛を有するスポーツ選手の鍼治療の効果を検討するだけでなく、腰痛既往者で腰痛を自覚していないスポーツ選手に対してのコンディショニングや予防的な手段として活用できる可能性を示すことができるだろう。

## 第2節 腰痛に対する鍼治療に関する研究

### 1. 腰痛について

#### 1) 腰痛とは

一般に腰痛は「疾患名ではなく,背腰部～臀部を主とした痛みや張りなどの不快感といった症状の総称」(Airaksinen O. et al.,2006)であり,腰部症状に加え,「神経根に由来する下肢痛や馬尾由来の下肢症状を含む」と定義されている(菊池,2003).一生涯にわたる罹患率は8割を超えとも言われ(Airaksinen O. et al.,2006),ほとんどの人が一生涯に一度は経験することになる.厚生労働省(厚生統計協会,2010)の国民生活基礎調査によると有訴者の症状は腰痛が男性で1位,女性で2位であった.このように腰痛は人間にとって身体的障害の大きな要因の一つとなっている.しかし,未だに腰痛の原因の多くは解明されていない(Nachemson,1992).近年,Cohenらの報告によれば,その原因として,機械的要因(80-90%),神経学的要因(5-15%)があり,非機械的要因としては腫瘍(1-2%),内臓関連痛(1-2%),その他(線維筋痛症,心理的要因など;2-4%)が挙げられている(Cohen SP,2008).また,Macnabは腰痛を脊椎性,神経性,内臓性,血管性,心因性の5つに大別した(McCulloch. et al.,1999).つまりあらゆる疾患が腰痛の原因となり得る.さらに腰痛の病態は器質的な問題だけでなく,心理的・社会的因子など機能的な障害も深く関与している(菊池,2003).

腰痛に対する治療は,原因が明らかな場合は,原因となる病態に対してアプローチをすることになる.しかし,腰痛患者の80%以上は原因不明な非特異的腰痛であると言われている(Deyo RA.et al., 1992 ,Deyo RA.et al.,2001).非特異的腰痛

とは、「腰痛の中でも明らかな疼痛の原因を特定できず,また下肢神経症状を伴わないものの総称」である(Chou R. et al.,2009).原因が特定しにくいことから様々な要因に対して多面的にアプローチを行う方法が用いられ,種々の治療法が行われている.

## 2) スポーツ選手の腰痛

厚生労働省の勧める健康日本21などの政策により国民的なスポーツ振興政策が図られ,国民の健康やスポーツに対する関心が高まっている.その中でも,運動やスポーツの健康に与える影響に対して注目が集まっている.一方,これまでスポーツにおける様々な外傷・障害調査が行われているが,その中でも腰痛を対象とした調査の占める割合は高い(阿部, 2000).スポーツ選手の腰痛の発生率はおおよそ20~70%(Semon RL et.al.,1981, McCarroll JR et.al.,1986, Granhed H et.al.,1988, Marks MR et.al.,1988, Sward L et.al.,1991, Tall RL et.al.,1993, McHardy A et.al.,2007)である.日本におけるスポーツ選手の腰痛発生率について検討したシステマティックレビューでは,約37%のスポーツ選手が腰痛を抱えていることを明らかにし,スポーツ選手は,国民基礎調査による一般人と比較して腰痛を発生する危険性が高いことを示した(大隈,2011). Hangaiらは,大学スポーツ選手4667人を対象に調査した結果,競技スポーツ経験のない群の腰痛既往率は50%であったのに対して,小・中・高校の全ての時期に競技スポーツを行った群では72%と,競技スポーツの経験が多いと腰痛既往率が高いことを報告している(Hangai.et al.,2010).またHangaiらは,中高齢者を対象とした調査で加齢,高BMI,高LDLコレステロール,重労働と並んでスポーツ活動経験も危険因子であると報告している(Hangai.et al.,2008).これらのことから過度の競技スポーツ活動は

年齢を問わず腰痛の発症の危険因子であるといえる。また、スポーツ選手の腰痛の割合はスポーツ種目により異なることも報告されている (Videman et al., 1995, 大隈ら, 2011)。さらに、練習強度、頻度、技術などの影響を受けると報告されている (Kujala et al., 1999, Johnson et al., 2001)。

しかし、これまでのところスポーツと腰痛に関して科学的に検討された事実は少ない。とくにスポーツ選手に多いと言われている腰椎椎間板ヘルニアの発生について、スポーツが影響しているかどうかの見解は一致していない。

Videmanらはウェイトリフティング選手では、椎間板の変性が椎間板全体に認められたと報告している (Videman et al., 1995)。また、Hangaiらは野球と水泳を継続的に行っている選手は椎間板変性が生じやすいと報告している (Hangai et al., 2009)。一方、Lundinらは、サッカーやテニスなどの競技でトップアスリートであった134人を追跡し、コントロール群28人と比較した結果、腰痛の頻度に2群間の差はなかったと報告している (Lundin et al., 2001)。

腰椎(椎間板)への圧縮(軸圧)に、体幹の急激な回旋運動が加わるスポーツにおいて椎間板の変性が多くみられている。一方、解剖学的な腰椎の挙動は、屈曲/伸展の動きが最も大きく、しかも下位腰椎へ行くほど屈曲/伸展角度は大きくなることが知られている (White A. et al, 1978)。これらのことからスクラムやタックルなどにより急激に腰椎に負荷が加わるコンタクトスポーツや重量物の挙上による負荷のかかるウェイトリフティング、体操のように着地などで腰椎へ大きな負荷が加わる競技、さらにサッカーやバスケットボールのようにランニングに急な方向転換が加わる競技は椎間板の変性および腰痛の出現が高い競技となる可能性がある。

## 2. 鍼について

### 1) 鍼とは

鍼もしくは鍼療法とは、身体の特定の部位を刺激するために専用の用具である「鍼」を使用し、生体に刺入または接触する治療法である。鍼の起源は現在のところはっきりした定説はない。主に膿などを破って出すのに使われた砭石(へんせき)とよばれる用具やその療法が鍼の元とも考えられている。現在用いられている金属製の鍼が使用されるようになったのは中国の戦国時代(紀元前403～221年)のことである。中国最古の医書である「黄帝内経・靈枢」には、鍼の技術論や臨床論について多くの記載が残されている(小林,1994)。

日本に鍼が伝わったのは562年に呉国の知聡(ちそう)がもたらした「明堂経」という中国の医学書が起源とされている。その後608年に遣隋使の小野妹子とともに訪隋した恵日(えにち)と福因(ふくいん)という僧が鍼を習い、帰国後、世に広めたと言われている。701年の「大宝律令」の医事制度「医疾令」には、針師、針生、針博士があり、初めて公的に鍼が国の医学に位置づけられた。それ以後、鍼は日本の医学として明治維新まで続いた(高島,1994)。日本で用いられている鍼は「和鍼」とも呼ばれ、鍼管を用いて鍼を刺入する。江戸時代に盲人である杉山和一検校によって考案・普及されたと伝えられている。現在の日本の主流の技法になっている。

世界においては、1950年代ごろから東欧諸国の医学留学生などが中国へ鍼灸の勉強をするため訪中している。1972年のアメリカ合衆国のニクソン大統領が訪中したことを契機に鍼麻酔が広く知れ渡り、いわゆる鍼麻酔ブームが起こった。その後、世界中で鍼の鎮痛効果を中心に基礎研究や臨床研究が行われるよう



になった。1996年には世界保健機関(World Health Organization : WHO)が鍼の適応症(47疾患)を発表した。ただし、これはエビデンスに基づくものではない。1997年にはアメリカ国立衛生研究所(National Institute of Health: NIH)が臨床研究による鍼の効果を評価した。その結果、成人の術後や薬物療法時の吐き気、嘔吐及び歯科の術後痛に鍼が有効であることを鍼に関する合意声明書で報告した。この合意声明の発表以来、代替医療を研究する施設において、鍼の臨床研究が飛躍的に進められることとなった。また鍼治療の支払いに応じる保険会社の数も増えている(John H. Ferguson,1999)。2000年代には、WHO や国際標準化機構(International Organization for Standardization: ISO)などの国際機関において国際標準策定が進められるようになった。

このように医療の中で鍼治療が用いられる機会が増えており、健康増進や保健に対する効果に寄せる期待は大きい。EBMの潮流の中でより客観性が高く、信頼に足る臨床研究が求められるとともに、用語や経穴の位置、臨床研究の方法論など様々な側面で国際的な標準が求められている。

## 2) 鍼通電とは

現在行われている鍼治療には、刺入した鍼に手技により刺激を与える方法と、刺入した鍼に用具などで物理刺激を与える方法がある。

手技により刺激を与える方法には、体内に刺入した鍼を数分～数十分間留置する方法(置鍼術)や刺入した鍼を回旋したり(旋撚術)、上下に動かしたり(雀啄術)する方法などがある。これらの手技による刺激を与えることにより患者は独特の刺激感が(得気)が得られる。一方、刺入した鍼に用具などで物理刺激を与える方法には、通電装置を用いた電気刺激(鍼通電療法)による方法や灸を併用した

温熱刺激による方法(灸頭針法)がある。

鍼通電療法は、刺入した鍼にクリップ電極を装着し、専用の通電装置を用いて鍼を介して電気刺激を行う。この電流量は、軽い刺激感が感じられる 0.5mA から筋が収縮する 3mA である。出力波形は双極波で、パルス幅は通常 0.2ms に設計されている。刺激頻度は 1Hz～100Hz で治療目標により選択する。血管拡張・鎮痛・鎮静を目標にする場合は 1～10Hz、消炎・血管収縮・興奮作用を目標にする場合は 30～100Hz を用いる(吉川,2012)。

世界で初めて鍼に通電して治療を行ったのは 1825 年にフランスの医師 Sarlandiere によるものと言われている。鍼治療に電気刺激を組み合わせ、偏頭痛や運動器疾患の鎮痛に用いたとされている(Baldy,1993)。1972 年ニューヨークタイムズに「鍼による麻酔」の記事を紹介したことを契機に、「鍼麻酔」が世界的に注目されるようになった。

鍼麻酔は、中国において 1960 年代に試みられた方法である。上肢や下肢など手術野から遠隔部に 2～15Hz、さらに手術野に近い部位に鍼を介して 100Hz 前後の低周波電流を通電し、各種の外科手術の麻酔法として応用したものである。鍼麻酔の作用機序については神経生理学的、神経科学的に研究され、いくつかの知見が明らかにされた。なかでも内因性モルヒネ様物質の研究では、鍼麻酔発現に内因性モルヒネ様物質が重要であることが分かった。またこれらの物質が鍼麻酔による刺激だけでなく、その他の侵害刺激、精神的緊張によっても発現するものであり、鍼麻酔に特異的な物質ではないことも明らかになった。外科手術などの臨床では、麻酔効果(疼痛閾値の上昇)の再現性や確実性の低いこと、薬物麻酔には匹敵しないことから、現在では採用されていない。むしろ、疼痛閾値の上昇に臨床的有用性を持たせ、痛みを主訴とした三叉神経痛、頸部痛、腰痛、スポーツ障害

に伴う痛みなどにペインコントロールの方法として応用されていることが多い(吉川,2013).筑波大学では1965年より前身である東京教育大学の教育学部附属理療科教員施設において芹澤らが中心となり,鍼通電装置を開発した(芹澤,1965).それ以来,今日まで筑波大学理療科教員養成施設のグループが中心となり,鍼通電療法の運動機能に及ぼす効果や疼痛性疾患に対する臨床への有用性などについて検討し,数多くの報告を行っている(吉川,1994).

骨格筋に対する鍼通電の効果については,筋痛,筋疲労,筋損傷,筋萎縮,筋血流などに対して臨床報告や基礎的研究により検討が行われている.

筋痛に関しては,遅発性筋痛に対する鍼通電の効果について検討されている.片山らは,ヒトを対象に前腕伸筋群に遅発性筋痛を誘発させ,直後に2Hzで10分間の鍼通電を行った.その結果,対照群と比較してMRIのT1・T2の緩和時間のピークが早期に出現し,自覚的疼痛は早期に消退したと報告している(片山ら,1994).

筋疲労に関しては,井出口らが,ヒトを対象にトレッドミルにより運動疲労を誘発させ,1Hzの鍼通電を行った結果,対照群と比較して関節誤認角度の改善する傾向がみられたと報告している(井出口ら,2005).

筋損傷に関しては,肉離れに対する鍼通電の効果について検討されている.臨床報告では損傷部位に鍼通電を行うことによりスポーツ復帰した症例が報告されている(服部ら,2006,下賀ら,2011).基礎的研究では,実験動物を用いた病態モデルによる検討が行われている.吉田らは,ラットの腓腹筋肉離れモデルを作製し,鍼通電を行った.その結果,筋張力低下からの早期回復や圧痛閾値低下からの早期回復がみられたと報告している(吉田ら,2010).また,吉田らは,鍼通電の効果について急性筋損傷モデルマウスを用いて損傷後の単核細胞数の変化および腓

腹筋挫傷モデルラットを用いて再生筋の筋断面積の変化を指標に検討した。その結果、鍼通電により単核細胞の浸潤のタイミングが早期に出現したことや再生筋の筋断面積が有意に増加したことを明らかにし、鍼通電は肉離れにより発生する浮腫の抑制や早期改善、再生筋の拡大促進に対して効果が期待できるとしている(吉田ら,2011)。

筋萎縮に関しては、基礎的研究が行われている。池宗らは、後肢懸垂による筋萎縮モデルマウスを作製し、骨格筋萎縮に対する鍼通電の効果について、筋萎縮の回復過程を筋量や筋線維横断面積、さらに、マクロファージによる筋衛星細胞の活性化を指標に検討した。その結果鍼通電は不活動による筋萎縮からの筋の回復促進作用があり、マクロファージ浸潤数が増加から筋萎縮の回復促進にはマクロファージによる筋衛星細胞の活性化が関与する可能性が示唆している(池宗ら,2010)。遠田らは、後肢懸垂による筋萎縮モデルマウスを作製し、骨格筋萎縮に対する鍼通電の効果について分子生物学的手法を用いて検討した。その結果、ヒラメ筋湿重量の減少の抑制、および筋線維断面積の減少の抑制に有効であり、また、萎縮関連遺伝子 Atrogin-1 や MuRF1 の発現量の増加を抑制する可能性があることを示唆している(遠田ら,2011)。

筋血流に関しては、鍼通電により筋血流量が増大することや表面皮膚温度、深部温度、筋温が上昇することが明らかにされている。織田らは、ヒトを対象に血液酸素動態に対する鍼通電の効果について近赤外線分光法を用いて酸素化ヘモグロビン、総ヘモグロビンの濃度変化を指標として検討した。その結果、鍼通電群が無処置群、置鍼群、経皮的電気神経刺激群の中で最も筋血流量の増大がみられ、筋血流増加には鍼通電が有用であると示唆した(織田ら,2012)。馬場らは、ヒトを対象に前額部、腰部、手掌部、足底部の深部体温の変化を指標に腰部への鍼通

電の効果について検討した。その結果、前額部では変化はないが、腰部や手掌部、足底部の深部体温は有意に上昇し、深部温の上昇には交感神経系の賦活作用が関与していると報告している(馬場ら,2000)。森らは、ヒトを対象にサーモグラム及び皮膚血流量と組織血液密度を指標に大腿四頭筋と腰部脊柱起立筋及び下腿三頭筋への鍼通電の効果について検討した。その結果、刺激した筋の筋血流量と皮膚温が有意に増加したと報告している。Jansen G et al.は、ラットを対象に鍼通電を行い、レーザ・ドップラ血流計を用いて血流量の変化を観察した。その結果、皮膚筋弁における血流量の増加反応がみられたことを明らかにし、その作用機序として鍼通電が軸索反射を誘発し、カルシトニン遺伝子関連ペプチド(calcitonin gene-related peptide; CGRP)による血管拡張を通じて筋血流量を増加させると推測している(Jansen G et al.,1989)。

一方、骨格筋の筋活動に関しては、鍼通電による効果を検討した研究は少ない。Tanaka TH et al.は、ヒトを対象に刺激鍼施術による表面筋電図法を用いて腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性の変化について検討している。その結果、筋活動の左右非対称性が改善し、筋の協調性が高まることを報告している(Tanaka TH et al.,1998)。しかし、この研究での鍼施術は、雀啄刺激(刺入した鍼を上下に動かし刺激する方法)で、鍼通電は行っていない。また前述の筋痛や筋疲労に対する鍼通電の研究のように筋の異常モデルを用いていない。そのため、筋活動に対する鍼通電の効果を検討する際には、筋機能の異常モデルを用いるか、筋の機能異常が発生する疾患を有する対象者を用いる必要があると考える。

以上のことから筋の局所への鍼通電は、軸索反射や交感神経系の賦活作用などにより筋循環を促し、疲労物質や発痛物質の排出を促すことで、筋疲労の回復促進、筋痛の軽減、筋損傷を早期改善させると考えられる。また筋萎縮に対する鍼

通電の効果の作用機序として遺伝子発現を変化させることが示唆されており、今後さらに研究が進められることが期待されている。

### 3) スポーツ分野における鍼治療

スポーツ選手の 26.2%は鍼灸の治療を受けたことがあり、中でも陸上競技選手では 53.1%の選手が鍼灸の治療を受けている(長沼ら,1991)。近年、鍼治療はスポーツ分野において障害予防やコンディショニング、リコンディショニングの手段として注目されている。地域で行われるマラソン大会などのスポーツ大会においても、大会参加選手に対して鍼灸によるケア活動が行われている(向野,1996,溝口,1996,藤井,2000,金子,2001)。国民体育大会においても 1992 年の山形大会以降、毎年各会場の競技現場で選手に対して鍼灸治療が提供されている(加藤,1993,草川,2000,近藤ら,2006)。

近藤らが国民体育大会のゴルフ競技大会において参加選手を対象にコンディショニングケアサポートを行った際の調査結果によると、選手の主訴部位は、腰部 55.8%、下腿部 46.5%、大腿部 23.3%の順に多かったと報告している(近藤ら,2006)。宮本らの筑波大学トレーニングクリニックで鍼治療を受療した選手に関する報告では、障害部位では腰部が最も多く(40%)、次いで大腿部、肩関節と続き、肉離れを除くと、オーバーユースによる疾患が多いと報告している(宮本ら,2000)。スポーツ選手が鍼治療を受ける目的は、痛みの除去や軽減(Miyamoto T.,et.al.1995)、疲労回復、競技前後でのコンディショニングなど(近藤ら,2006)であり、鍼の鎮痛効果や局所の疲労回復を期待している。

スポーツ外傷・障害に対する鍼治療の臨床研究が散見される。宮本らは、PubMed(米国国立医学図書館 国立生物科学情報センター)および医学中央雑

誌 Web(医学中央雑誌刊行会)のデータベースを用いて,スポーツ外傷・障害に対する鍼治療の臨床研究に関するレビューを行っている.選択基準に合致した文献 19 編のうち,スポーツ外傷・障害の中で最も多かったのは,テニス肘 7 編で,次いで腰痛 6 編,足関節捻挫 2 編,腱板炎 1 編,ジャンパー膝 1 編,シンスプリント 1 編,アキレス腱炎 1 編であった.研究の種類では,ランダム化比較試験 11 編が最も多く,次いで,前後比較研究 4 編,症例対照研究 3 編,非ランダム化比較試験 1 編であったと報告している(宮本,2014).

スポーツ分野における鍼治療の臨床研究では,サンプルサイズや研究デザインの制約からエビデンスの高い研究を行うことが難しい.しかし,近年,sham 鍼を用いた二重盲検ランダム化比較試験が行われ,選手に対して疲労回復効果があったと報告されている.このようにエビデンスの高い研究も徐々にではあるが進められている.

### 3.腰痛に対する鍼治療

#### 1) 腰痛に対する鍼治療の臨床的効果

鍼治療の受療者の中で腰痛の症状が最も多い(近藤ら,2009).鍼治療は腰痛に対して有効であるとされ,腰部疾患に対する鍼治療のランダム化比較試験の臨床研究が数多く行われてきた.

Molsberger らは,腰痛患者 174 人と観察者をブラインド化し,通常の鍼群,sham 鍼群,コントロール群の 3 群による前向きランダム化比較試験で,自覚的な疼痛を指標に治療終了 3 ヶ月後まで観察した.その結果,通常の鍼群が他の群と比較して治療直後,3 ヶ月後において有意に効果があったと報告している(Molsberger AF. et al.,2002).鍼は慢性の腰痛管理において保存的な整形外科的治療の有効な

補助となり得ると結論づけている。

Yeung らは、慢性腰痛患者 52 人の疼痛・機能障害に対して運動療法と電気鍼治療の併用療法の効果について検討し、電気鍼治療群において治療終了時、治療終了 1 ヶ月後および 3 ヶ月後において疼痛及び腰痛機能スケールに有意な改善がみられたと報告している (Yeung CK. et al.,2003)。電気鍼治療と運動療法の併用が慢性腰痛に有効な治療法の可能性があることを示唆している。

Brinkhaus らは、腰痛患者 298 人に対して鍼治療群と非経穴部への浅刺鍼治療群と治療待機対照群について疼痛と腰背機能を評価し治療効果について検討した。その結果、鍼治療は、治療待機対照群よりも優れていたが、微小刺激鍼治療とは差がなかった。通常の治療に鍼治療を加えると、通常の治療単独よりも効果が大きかったと報告している (Brinkhaus B. et al.,2006)。

また、近年ドイツで、「医師と健康保険計画の連邦政府合同委員会」により慢性痛に対してガイドラインに基づく従来の治療と鍼治療の効果を比較するプロジェクトとして大規模な臨床試験が行われた (Witt CM. et al.,2006)。慢性腰痛患者 1162 人を鍼治療群、非経穴部位浅刺による偽鍼群、通常治療群(薬物療法、理学療法、運動療法の 3 つを併用)に無作為に分け、6 ヶ月間治療を行った。その結果、腰痛症状の改善がみられたと回答した患者は、鍼治療群で 47.6%、偽鍼群で 44.2% だった。一方、通常治療群では 27.4%にとどまった。また、施術後の効果の持続性についても、鍼治療群が通常治療群の 2 倍の効果があつた。これらの結果に基づいて、現在、ドイツでは、鍼治療は医療保険を使うことが認められている。

腰痛に対する鍼治療のシステマティックレビューも多く報告されている。その中でも EBM の実践を目的として、エビデンスの整理や管理を、国際的に組織的に行っているプロジェクトであるコクラン共同計画のシステマティックレビュー



ー(以下,コクランレビュー)は定評が高く,有名である.コクランレビューでは,慢性腰痛に対して鍼治療は,疼痛緩和と ADL 制限の改善について直後又は短期的には無治療または偽鍼治療よりも効果があるとしている.しかし,急性腰痛に関しては,RCT(Randomized Controlled Trial)のサンプルサイズが小さく研究の質が低いと結論が導けないとしている(Furlan AD.et al.,2005).

このように,腰痛に対する鍼治療の効果について検討するため世界各国で RCT が数多く実施されている.その背景には現代医療による治療では患者が十分に満足しないという事実があると思われる.このような現状において腰痛に対する鍼治療の有用性は高いと考えるが,ほとんどの RCT は質が低く,今後もっと質の高い臨床試験を行う必要があることを指摘している.鍼治療は腰痛治療の一手段としてより高い EBM に基づいた臨床研究が望まれる.

## 2) 東洋医学的にみた腰痛に対する鍼治療

腰痛治療の治療穴の一つとして腰部俠脊穴がある.腰部俠脊穴は経絡(経穴と経穴を結ぶ正規のルート)に属さない経穴ではあるが,腰痛の治療を行う上で鍼の臨床上重要な治療穴である.腰部俠脊穴の適応症は比較的広範で,腰部疾患の他に,調理臓腑(臓腑機能の調節と回復)に用いられる.近年,調理臓腑は体性-内臓反射による自律神経調整作用によるものと考えられている(教科書執筆小委員会,2009).

この「俠脊穴」は第 1 胸椎から第 5 腰椎まで各椎骨の棘突起下の間の傍ら 5 分(約 1cm)にある.解剖学的位置として多裂筋に相当する部位で,この筋は腰椎の安定性に重要な役割があることが近年の筋電図学的研究により明らかにされている(Hodges et al.,1996a, Hodges et al.,1996b).このように筋の作用や役割が解明されてない時代より腰痛の重要な治療穴として用いられていることは特筆

すべきことであろう。

腰部俠脊穴以外にも東洋医学では腰痛を急性型と慢性型に分類して治療穴を選択し鍼治療を行っている。急性型では、運動の不注意により腰部の経脈、経筋が損傷し、人体を養う源である気血が阻滞して腰痛が生じるとされている。このような場合には経脈の通りを良くし、気血の運行を改善させるため、主に足太陽経穴(腎兪,委中,環跳,大腸兪),阿是穴(圧痛などの反応があり,経験則上,重要な経穴)を取穴し,鍼にて瀉法を施すとされている。一方,慢性型では,寒湿による腰痛と腎虚による腰痛がある。寒湿による腰痛は,寒湿(身体の冷えと水分)が停滞することにより,腰部の経絡気血の流れが悪くなり腰痛が生じるとされている。この場合,陽気を強めて寒湿の除去をはかり,経脈の通りを良くして気血の運行を改善するため,足太陽経穴(腎兪,委中,環跳,大腸兪,昆侖),阿是穴を取穴し,鍼治療を行う。また,腎虚による腰痛は,全身の虚弱や老化によって「腎」の働きが,弱ったり衰えたりすることによって生じるとされる。なお,ここで言う「腎」とは,単に腎臓のことばかりではなく、泌尿器系、生殖器系、ホルモン代謝系、カルシウム代謝系、自律神経系、免疫系などの働きを含んでおり,東洋医学独特の概念である。この場合,腎を補い,経絡気血の運行を改善するため,足太陽経穴(腎兪,委中,環跳,大腸兪)や足少陰経穴(太溪),阿是穴を取穴し,鍼にて補法を施すとされている(東洋療法学校協会,2001)。

このように東洋医学的にみた腰痛に対する鍼治療では,東洋医学的な概念で腰痛を捉え,心身の状態の異常から生じると考えて,腰部のみならず,下肢などに対しても鍼治療を行っている。また,経絡にとらわれず,圧痛などの反応の強い部位に対しても治療を行っていることがわかる。

### 第3節 腰痛と筋活動に関する研究

#### 1. 筋収縮と筋電図法

骨格筋は運動神経からの刺激により収縮する。神経からの電氣的興奮(インパルス)が神経筋接合部を介して筋線維に伝えられ、筋線維内部の筋原線維に到達し、ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの相互作用によって筋節が短縮することにより骨格筋全体が収縮する。この神経と筋の連動による筋収縮の一連のシステムを興奮収縮連関とよぶ(本郷ら,2006)。

興奮収縮連関における神経筋接合部から開始した電氣的興奮(インパルス)は、筋線維の両端に向かって3~6m/sの速さで伝播していき、筋線維の末端に到達した時点で消滅する(本郷ら,2006)。筋線維上の脱分極は、細胞膜を通る膜電流を引き起こし、膜電流は周囲の容積導体を流れて電位変化が生じる。この電位変化を導出したものが活動電位であり、筋電図法(Electromyography; EMG)により動作の観察や解析をすることができる。EMGには大きく分けて針筋電図法と表面筋電図法がある。以下、それぞれの特徴を述べる。

針筋電図法は、針電極を筋内に刺入して用いる。運動神経細胞から筋線維へ至る経路で観測される神経パルス列から情報を取り出そうとする計測方法である。そのため運動単位における筋放電の導出に優れている。人体に対して侵襲性があるものの筋内の電位変化を高い空間分解能で識別できるため、神経の変性など、器質的疾患の検査に特に優れ、神経筋疾患の診断に用いられている(木塚ら,2006)。

一方、表面筋電図法は、皮膚表面から電気信号をとらえる計測法である。対象と

する筋を覆う皮膚上に表面電極を配置して活動電位を測定する。運動単位を総合的にモニターし、神経や筋の複合活動電位の記録、筋活動パターンの分析などに適している。侵襲性が非常に少ないため体育、スポーツ、リハビリテーション、人間工学などの分野で主に用いられている(木塚ら,2006)。表面筋電図法は深部や特定の筋活動をみるには不正確との報告もあるが(Stokes,2003)、正確に電極を置けば、針筋電図と表面筋電図はかなりの相関を持っている(McGill S,1996)。とくに体幹筋を運動学的に分析するには表面筋電図が適している(中間,2012)。

導出された活動電位は筋電図として記録される。筋電図は縦軸と横軸の2次元で構成される。縦軸に振幅、横軸に時間または周波数で構成された1本の波形の図として表現される。解析パラメータは、筋活動量、筋活動時間、周波数である。その解析パラメータを検討することで詳細な筋機能を理解することが可能となる。以下、各解析パラメータについて述べる。

#### 1)筋活動量

通常、振幅をもって表される。筋電図の活動量を数値化し、量的定量化する。一般に最大振幅(peak amplitude)、平均振幅(mean amplitude)、積分値(integrate)が多く用いられる。これらは通常、整流処理または平滑化をした後に計算する。全体量を定量化する場合と、区間毎(時間・角度・運動方向)に定量化する場合がある。区間分割して活動量を求めることにより詳細に活動量の変化(増減)を知ることができる。一般に、振幅の増加は運動単位の参加程度(動員と発火頻度により規定される)が増したことを表し、活動電位を生み出す筋線維が増加、すなわち筋力が増加していることを示す。ただし、筋力は関節角度や運動速度などにより影響を受けるため計測には条件を一定にしておく必要がある。

筋電図のパラメータは個人間および筋の違いにより変動するため,そのままの値では比較することが困難である.そのため活動量を正規化し,個体差をできるだけ除く必要がある.通常,最大随意努力時の筋活動に対する比として表す%MVC(%maximal voluntary contraction)と左右差や筋間の比を表す%differenceの2つの方法が多く用いられる.

## 2)筋活動時間

筋活動時間は,筋電図でなければ得られない情報である.筋活動の開始および終了時間,筋活動時間,最大活動時間など様々な項目があり,反応性や協調性などのタイミングが計測される.一般的に活動開始や終了を決定する方法は,安静時振幅の最大値を越えた時点や安静時ベースラインの平均 $\pm 3S.D.$ (または  $2S.D.$ )を越えた時点とされている.

## 3)周波数

筋電図波形は干渉波形であるため,様々な周波数を含んでいる.この筋電図波形を高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform; FFT)し,周波数成分の分布を表したものがパワースペクトルである.主に筋疲労の評価や筋線維タイプの変化を捉えることに用いられる.

## 2. 腰痛者の体幹筋活動

腰痛者の体幹筋の活動について、これまでの研究により、体幹屈曲時の腰部脊柱起立筋の筋活動が消失しない現象や腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性が出現することが明らかになっている。また、脊椎の安定のために一部の体幹筋活動の筋反応時間の遅延がみられることもその特徴として挙げられている。

健常者において立位中間位(直立姿勢)では腰椎背筋群の筋活動はみられない(菊池,2003)。しかし、体幹を漸次屈曲させると脊柱起立筋からの筋活動が顕著に出現し、さらに、屈曲を進めていくと脊柱起立筋からの筋活動が消失する現象が出現する。この現象は、Allenにより初めて発見され(Allen C,1948)、Floyd と Silverらより屈曲弛緩現象(Flexion Relaxation Phenomenon; FRP)と呼ばれるようになった(Floyd WF. ,et al,1951,Floyd WF., et al,1955)。FRPは体幹の屈曲の速さに関係なく現れる(Steventon C.,1995)。ほとんどの健常者でFRPは出現するが、腰痛患者では消失する場合がある。表面筋電図を用いて腰痛の有無とFRPの関係を検討した種々の報告がある。健常者におけるFRPの出現率について、Dickeyら(Dickey JP. et al,2003)は70%(n=30,平均年齢20.9歳)、白土ら(白土ら,1993)は100%(n=25,平均年齢28.3歳:24～32歳)であったと報告している。一方、腰痛患者におけるFRPの出現については、Trianoら(Triano JJ.et al,1987)は、57%(n=41)、Sihvonenら(Sihvonen T.,et al,1988)は、59%(n=87,平均年齢37.6歳:17～62歳)、白土ら(Shirado O.,1995)は、0%(n=20)であったと報告している。これらのことからFRPは健常者で観察され、腰痛患者では消失することが多いと考えることができる。

FRPの発生機序については未だ明らかになってない。MorrisやKipperらは、体幹屈曲に伴う後部脊柱靭帯群や関節包がより伸張され張力が増大する結果、脊柱支持に要する脊柱起立筋の負荷が減少するため、あるいは脊柱起立筋の伸張

に対する抑制反射であると報告している (Kipper V.et al.,1984,Morris JM.et al.,1962).また棚瀬らは,関節包のメカノレセプターを介する抑制反射によるものであると報告している(棚瀬ら,2000).いずれにせよ FRP は体幹屈曲に伴う脊柱起立筋の特異的な現象である.

一方,体幹屈曲時における腰痛の有無と腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性との関係について検討した報告がある.Donaldson らは,健常者では体幹屈曲時における腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性を示す%difference は 5~10%以内であるが,97.5%の腰痛患者では 20%以上であったことを報告している (Donaldson C.et al.,1993).この腰痛患者における腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称は防御反射などが原因と推測している.

腰痛患者に上肢を素早く挙上する課題を行わせた時の腹横筋の筋活動は健常者よりも有意に遅延することが報告されている (Hodges,1996a).また,この遅延は腰痛既往者でも出現する (Hodges,1996b).通常,上肢挙上前に腹横筋が活動するが,遅延により,上肢挙上開始後に活動を開始する.このような腹横筋の遅延に関して,脊椎の安定性のために腹横筋の筋活動が遅延することを指摘する報告がみられるが (Van.2003),その原因の特定にはいたっていない.

以上,ここまで腰痛と筋活動に関して述べた.筋電図は筋活動をみる検査であり,腰痛の原因の特定や診断には有用ではない.しかし,筋障害を中心とした正確な病態を把握することや筋活動異常を評価するには有用である.特に表面筋電図を用いた運動学的解析に多く用いられている.

鍼治療はスポーツ選手の身体のコンディショニングや機能の改善のために筋を対象に施術を行うことが多い.

体幹筋の機能を評価するために表面筋電図法を用いることは、筋機能を非侵襲的に観察できるため、腰痛を有するスポーツ選手の鍼治療の影響を客観的に検討する上で有用であると考えられる。



## 第2章 腰痛を有するスポーツ選手に対する鍼治療に関するレビュー

### 第1節 目的

これまで、腰痛を有するスポーツ選手に対する鍼治療に関する文献を系統的にレビューしたものはみあたらない。そこで、PubMed(米国国立医学図書館 国立生物科学情報センター)および医学中央雑誌 Web(医学中央雑誌刊行会)のデータベースを用いて、腰痛を有するスポーツ選手に対する鍼治療に関する文献をレビューした。

## 第2節 方法

### 1. 文献検索の方法

検索対象としたデータベースは, PubMed と医学中央雑誌 Web とした. PubMed では 1946 年から 2014 年 4 月 1 日の間に掲載された文献から選択した. 医中誌 Web では 1983 年 4 月 1 日から 2014 年 4 月 1 日の間に掲載された文献から選択した. また入手した文献の reference の中で対象となる文献がある場合には追跡して収集した.

#### 1) 検索式

医中誌 Web において検索時に用いたキーワードは「鍼療法」, 「鍼」, 「腰椎椎間板ヘルニア」, 「腰椎分離症」, 「腰部脊柱管狭窄症」, 「腰痛症」, 「非特異的腰痛」とした. 検索式は鍼療法/TH or 鍼/AL and 「鍼療法」, 「鍼」, 「腰椎椎間板ヘルニア」, 「腰椎分離症」, 「腰部脊柱管狭窄症」, 「腰痛症」, 「非特異的腰痛」のいずれかの検索語とした. なお検索論文の種類は原著論文とし, 会議録, 症例報告は除外した.

#### 2) 文献選択の方法

##### (1) 選択基準

検索時にアブストラクトが存在する文献を採用した. 研究目的が「鍼」であること, 介入に鍼が含まれている文献を採用した. また, 対象がスポーツ選手または症状の発生がスポーツや運動に起因しているものを採用した.

##### (2) 文献選択作業の流れ

まず, 2 つのデータベースを用いて関連文献を検索し, タイトルおよびアブストラクトからスクリーニングを行った. その際タイトルやアブストラクトから選択の可否が困難な場合は文献を入手し選択の可否を決定した. 次に, reference

も参照し,そのタイトルから関連すると判断した場合は入手した.以上の作業終了後,入手したすべての文献の中から選択基準を満たす文献を採用した.また内容が重複している文献については発行年の新しい文献を採用した.

## 2. データ抽出と結果の集計

文献選択されたスポーツ外傷・障害に対する鍼治療に関連した文献データより疾患名および研究種類について抽出した.また,腰痛に関連した文献については,採用した文献の内容を検討して 1)調査対象者の属性(年齢,競技種目,疾患名), 2)鍼の介入方法,3)研究の種類とセッティング,4)アウトカムの種類と効果を抽出した.

### 第3節 結果

#### 1. 文献選択の結果

腰痛を有するスポーツ選手に対する鍼治療に関連した文献についての結果は、図 2-1 に示す通りである。935 編の腰痛を有するスポーツ選手に対する鍼治療に関連した文献があり、その内アブストラクトが存在した文献は 755 編であった。この文献のタイトルおよびアブストラクトからスクリーニングを行った。研究目的が鍼以外の文献(77 編)、介入に鍼が含まれていない文献(242 編)、対象がスポーツ選手以外のもので症状の発症がスポーツや運動に起因していないもの(423 編)、内容の重複していた文献(7 編)は除外した。最終的に選択基準に合致した文献は 6 編であった(古屋ら,2012, 泉ら,2008, 古屋ら,2006, 伊藤ら,2005, 宮本ら,2000a, 宮本ら,2000b)。

#### 2. 全対象者人数

6 編の文献に含まれていた対象者総数は 439 人であった。

##### 1) 対象者の属性

年齢が記載されていた文献は 4 編あり、その平均年齢は  $22.5 \pm 2.1$  歳であった。対象の年齢が記載されていない文献では、大学スポーツ選手を対象とした研究であった。競技種目ではセーリング競技(48.5%)が最も多く、次いで陸上競技(11.8%)、柔道(6.4%)と続いた(表 2-1)。疾患名については、記載されていない文献は 2 編であった。記載のあった文献 4 編( $n=323$ )では、腰椎症(36.8%)が最も多く、次いで、腰椎椎間板ヘルニア(18.3%)、腰椎分離症(9.9%)と続いた。

##### 2) 鍼の介入方法

いずれの文献もディスポーザブルステンレス鍼を使用していた。また円皮鍼を併用した文献が 1 編あった。使用鍼については 4 編に記載があり、鍼体長は 40

～90mm の範囲で使用され,40mm 及び 50mm 鍼はすべての文献で使用されていた.また鍼太径は 0.16～0.20mmφ の範囲で使用されていた.治療穴は,症状を有する背腰殿部の筋または経穴を治療対象とし,筋緊張,圧痛,硬結などがみられることを基準に刺鍼する局所治療を行っていった.なお,下肢のしびれや痛みなどの症状が見られる場合は,障害下肢の神経近傍部に刺鍼する文献が 3 編あった.刺入深度は 5mm 程度(2 編)から筋または神経近傍の該当する深度(4 編)であった.具体的な刺激方法は単刺術(刺鍼後直ぐに抜鍼する)または置鍼術(刺鍼後,短時間留置し抜鍼する)を用いていた.また半数の文献では低周波鍼通電(留置した鍼に通電を行う)を併用する場合があった.

### 3) 研究の種類とセッティング

研究の種類は,症例対照研究 4 編,前後比較研究が 2 編であった.また,セッティングは,大学施設内 4 編,スポーツ競技大会 2 編であった.

### 4) アウトカムの種類,効果

いずれの文献においても自覚的な症状の変化をアウトカムとしていた.痛みの程度は Visual Analog Scale(以下 VAS)または Numeric Rating Scale (以下 NRS)を用いて評価することはすべての文献で共通していた.3 編で練習の状況を VAS または NRS を用いて評価した.JOA スコアは 2 編で用いていた.

治療後,痛みの程度は 5 編の文献で改善していた.痛みの程度で変化のなかった文献では練習状況や日本整形外科学会腰痛疾患治療判定基準(腰 JOA スコア)で改善がみられた(表 2-2).

#### 第 4 節 考察

腰痛を有するスポーツ選手に対する鍼治療に関する文献 6 編をレビューした。レビューを行った結果、キーワードによる検索の結果、935 編の関連した文献があったが、スポーツ選手を対象とした腰痛に対する鍼治療の臨床研究は PubMed から選択されず、すべて医学中央雑誌 Web から選択された日本の文献であった。6 編の文献に含まれていた対象者総数は 439 人であった。対象者の平均年齢については 4 編で記載され、平均  $22.5 \pm 2.1$  歳であった。一方で年齢に関する記載のなかった文献については大学スポーツ選手を対象とした研究であった。このことから本調査での対象となったスポーツ選手は 20 歳代前後の若年者であることが推測される。

競技種目ではセーリング競技が対象者数の半数弱を占めた。この対象者はセーリング競技大会の現場における鍼施術の臨床研究 2 編の文献によるものであった。これまでの研究ではスポーツ選手の腰痛を訴える割合はスポーツ種目により異なることが報告されている (Videman et al., 1995, 大隈ら, 2011)。大隈らが行った日本におけるスポーツ選手の腰痛発生率をシステマティックレビューした研究では、ハンドボール (70.1%) が最も多く、次いで重量挙げ (67.8%)、ウインドサーフィン (64.2%)、ソフトテニス (61.2%)、相撲 (61.0%) と続き、競技種目別に比較すると腰痛を訴える割合が異なることを示したが、サンプルサイズや腰痛の程度が様々であったことから腰痛を訴える競技種目別の割合には大きな幅が存在すると報告している (大隈ら, 2011)。先行研究では陸上競技選手の 53.1% が鍼灸治療の経験がある (長沼ら, 1991)。このことから本調査の対象者の競技種目は、競技種目別での腰痛を訴える割合や鍼灸治療経験別の割合とは異なり、偏った割合となっていると推測する。

鍼治療の方法は、症状を有する背腰殿部の筋または経穴を治療対象に、筋緊張、圧痛、硬結などがみられることを基準に刺鍼する局所治療を行っていった。鍼の刺入深度は、治療対象となる筋や神経などの組織が存在する深度によって刺入深度を変更していることが明らかとなった。なお、鍼の具体的な刺激方法について、具体的な対象者数は記載されれていなかったが、単刺術、置鍼術、低周波鍼通電などを単体または組み合わせて行っていた。受療した選手の状態を施術者が鑑み、症状や状態に合わせて具体的な治療方法を組み合わせていたものと考えられる。

アウトカムの種類やその効果については VAS や NRS を用いて評価をし、痛みの程度や練習状況が改善することを報告していた。すべての文献で自覚的評価が中心であり、他覚的で客観的指標を用いた臨床研究はみあたらなかった。より質の高い EBM に基づいた研究を目指すために客観的指標を用いた鍼治療の臨床研究が期待される。

## 第 5 節 結論

腰痛を有するスポーツ選手に対する鍼治療のレビューを行った。スポーツ選手を対象とした腰痛に対する鍼治療の臨床研究は少ない。多くの臨床研究で鍼治療は腰痛に対して有効であるとしているが、そのアウトカムは疼痛などの自覚的評価が中心であり、客観的指標を用いた研究は少ないことが明らかとなった。



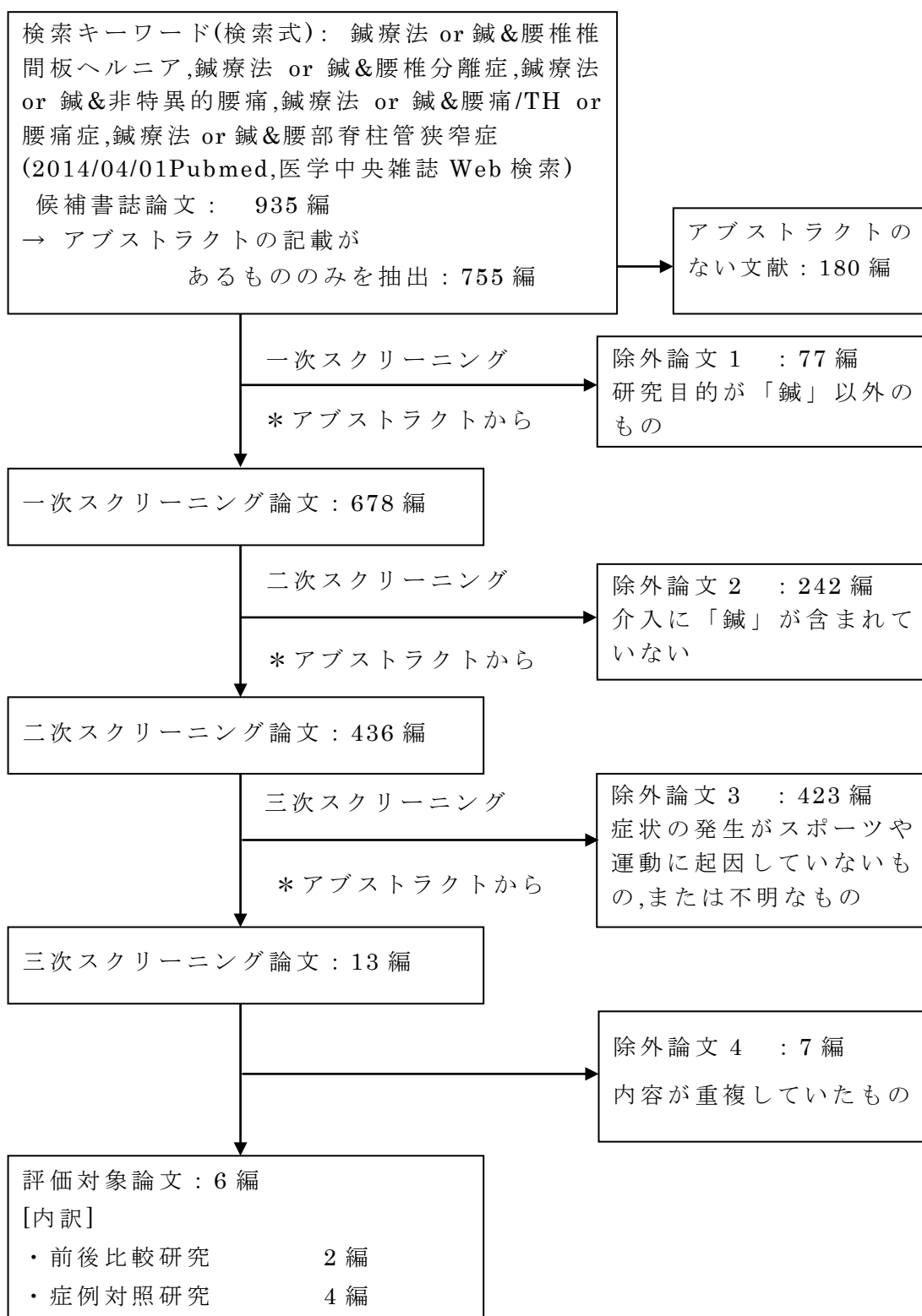


図 2-1 論文収集の流れ

表 2-1 競技別にみた腰痛を有する選手の抽出数とその割合

競技種目	文献No.						合計	割合
	#1	#2	#3	#4	#5	#6		
セーリング競技	105		108				213	48.5%
陸上競技		5		2	18	27	52	11.8%
柔道		1			27		28	6.4%
アメリカンフットボール					22		22	5.0%
バスケットボール		2		1	15		18	4.1%
ラグビー		1			16		17	3.9%
体操競技		4			11		15	3.4%
サッカー		4		2	6		12	2.7%
ハンドボール		4			6		10	2.3%
バレーボール		1		2	7		10	2.3%
テニス					10		10	2.3%
競泳					8		8	1.8%
硬式野球		3			4		7	1.6%
剣道					4		4	0.9%
スキー					2		2	0.5%
トライアスロン		1					1	0.2%
準硬式野球		1					1	0.2%
水球		1					1	0.2%
ゴルフ				1			1	0.2%
オリエンテーリング					1		1	0.2%
バトミントン					1		1	0.2%
ボート					1		1	0.2%
モダンバレー					1		1	0.2%
弓道					1		1	0.2%
少林寺					1		1	0.2%
舞踏					1		1	0.2%

n=439

表 2-2 研究方法とアウトカムの種類

文献 No	研究の種類	セッティング	主なアウトカム	効果
#1	前後比較研究	大会会場	痛みの程度 (Visual Analog Scale:VAS)	痛みの程度は有意 ( $P<0.01$ )に減少した
#2	症例対照研究	大学施設内	痛みの程度 (VAS),練習状況 (VAS),体幹動作時痛,RDQ, JOAスコア	痛みの程度有意差なし ( $43.7\pm 20.3\text{mm}\rightarrow 36.7\pm 18.4\text{mm}$ ) 練習状況有意差に改善、( $48.0\pm 29.4\text{mm}\rightarrow 32.8\pm 19.6\text{mm}$ )、RDQ 有意差なし ( $3.8\pm 2.9\rightarrow 2.7\pm 3.2$ )、JOAスコア有意差に改善( $21.6\pm 3.9$ 点 $\rightarrow 23.4\pm 3.9$ 点)、体幹動作時痛有意差なし
#3	前後比較研究	大会会場	腰部の筋痛VAS	痛みの程度は有意 ( $P<0.01$ )に改善( $53.2\pm 21.5\text{mm}\rightarrow 21.5\pm 16.4\text{mm}$ )
#4	症例対照研究	大学施設内	疼痛VAS,JOAスコア	痛みの程度は6回目で有意に改善、( $36.7\pm 9.5\rightarrow 3$ 回 $43.3\pm 10.5\text{mm}\rightarrow 6$ 回目 $21.4\pm 7.2\text{mm}$ ) JOAスコア有意差なし
#5	症例対照研究	大学施設内	痛みの程度,練習状況(NRS5段階)	痛みの程度は腰痛症および腰椎椎間板ヘルニアの選手は最終治療時に有意に改善、練習状況は腰痛症、腰椎椎間板ヘルニア、腰椎分離症の選手で改善あり
#6	症例対照研究	大学施設内	痛みの程度、練習状況(NRS5段階)	初回に比べ最終治療時は練習状況および痛みの程度に改善あり

### 第3章 研究の目的と課題

#### 第1節 研究の目的

本研究は、腰痛を有するスポーツ選手を対象として低周波鍼通電が筋活動に与える影響を明らかにすることを目的とした。

## 第 2 節 研究課題

本研究では以下の 2 つの研究課題を設定した。

### 研究課題 1

腰痛を有するスポーツ選手への鍼通電が腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性に与える影響

筋活動の指標である表面筋電図を用いて体幹屈曲時の腰部脊柱起立筋の筋活動の非対称性を示す%**difference** に鍼通電が与える影響および鍼通電後の筋活動の左右非対称性と腰痛の程度との関連性について検討する。

### 研究課題 2

腰痛を有するスポーツ選手への鍼通電が身体動揺時の多裂筋と内腹斜筋の筋反応時間に及ぼす影響

体幹の安定性に寄与する多裂筋と内腹斜筋の筋反応時間に着目して、鍼通電が筋反応時間に及ぼす影響について検討する。

## 腰痛を有するスポーツ選手への低周波鍼通電が筋活動に及ぼす影響

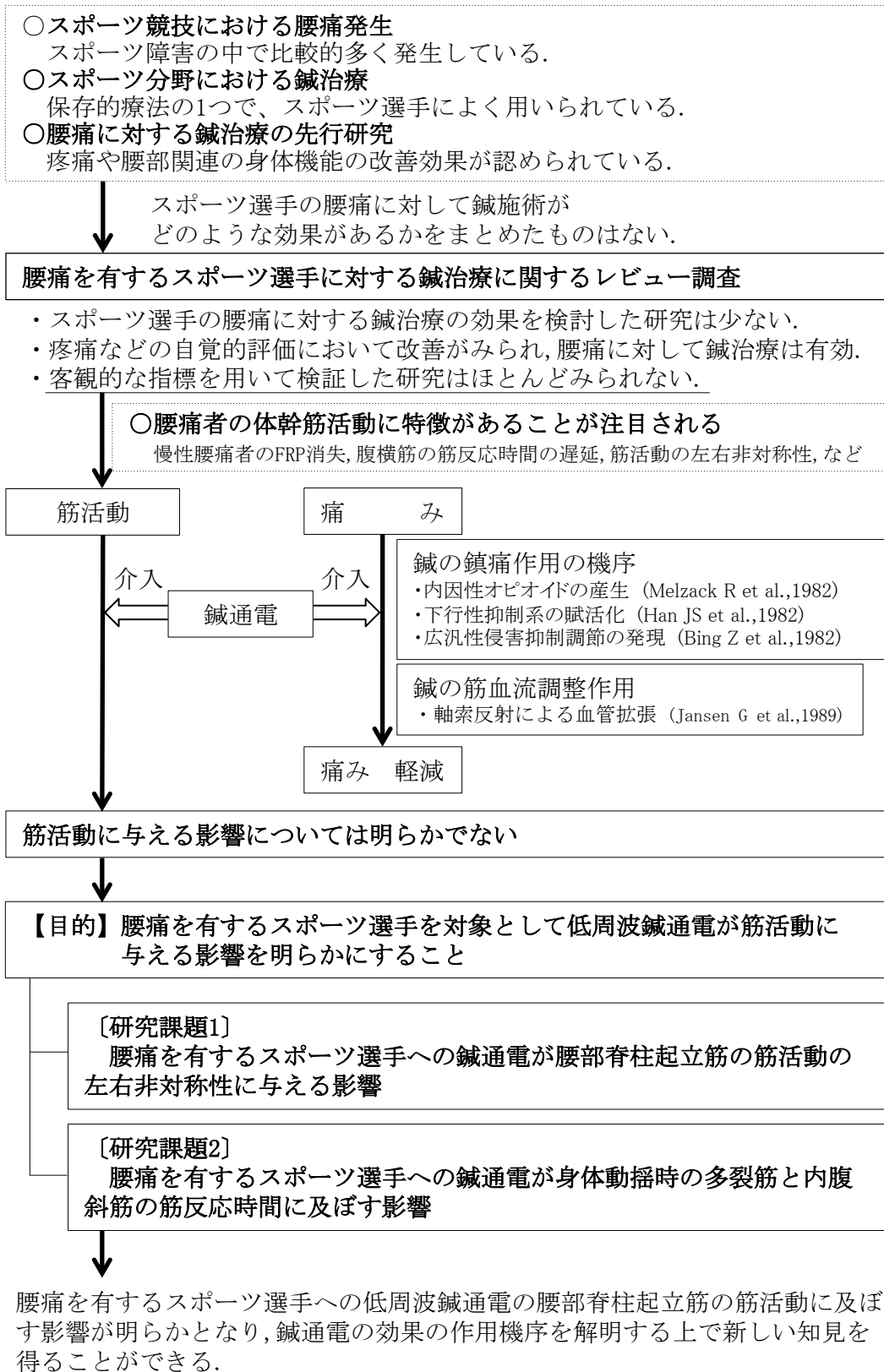


図3-1 研究概要

## 第4章 研究課題1

### 腰痛を有するスポーツ選手への鍼通電が腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性に与える影響

#### 第1節 背景

スポーツ選手の腰痛の発生率は種目により異なるがおおよそ20～70%(Semon RL et.al.,1981, McCarroll JR et.al.,1986, Granhed H et.al.,1988, Marks MR et.al.,1988, Sward L et.al.,1991, Tall RL et.al.,1993, McHardy A et.al.,2007)とされ,腰痛が原因で選手生命を縮めるスポーツ選手も少なくない.腰痛の発生要因はスポーツ競技により異なることが推測される.コンタクトスポーツではスクラムやタックルなどにより急激に腰椎に負荷が加わり,ウエイトリフティングでは重量物の挙上により腰椎に負荷が加わる.体操では着地などで腰椎へ大きな負荷が加わる.またサッカーなどのボール競技ではランニング中の急な方向転換,ジャンプ,スローイング,キックなど,その競技特性から腰椎の屈伸や回旋が頻繁に繰り返され,腰椎に負荷が加わっている.これらのことが要因となり腰痛を発生している可能性がある.スポーツにより負荷が加わるのは腰椎のみではなく,椎間板や腰椎を保護する筋や靭帯などの軟部組織にも過度の負担が加わることが知られている.そのため,スポーツ選手の慢性腰痛の原因には筋性疼痛などの軟部組織によるものが多いと言われている(財団法人日本サッカー協会スポーツ医学委員会,2005).

腰痛者では腰部の軟部組織として代表される腰部脊柱起立筋に機能異常がみられることが先行研究で明らかにされている(Floyd WF et al.,1951, Floyd WF et

al.,1955, Triano JJ et al.,1987, Sihvonen T et al.,1988, Shirado O et al.,1995, Hodges PW et al.,1996, Donaldson S et al.,1990).慢性腰痛者では,屈曲弛緩現象と呼ばれる現象が出現せず,体幹の屈曲開始から最大屈曲終了時まで腰部脊柱起立筋の筋活動が消失することなく活動し続けることが確認されている(Floyd WF et al.,1951, Floyd WF et al.,1955).また,ほとんどの腰痛者で体幹を漸次屈曲させる際の腰部脊柱起立筋の最大筋活動に左右非対称性がみられることが報告されている(Triano JJ et al.,1987, Sihvonen T et al.,1988, Shirado O et al.,1995).

この腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性は,体幹が漸次屈曲する際,屈曲開始から終了までの全過程において痛みを伴う側の腰部脊柱起立筋の筋活動が継続するため,疼痛による筋の過緊張や防御反射などが原因である推測されている(Cram JR et al.,1983, Donaldson C. et al.,1993).そのため腰部脊柱起立筋の筋活動に左右非対称性は,腰痛と密接に関連している可能性がある.筋肉の過度の緊張は痛みを引き起こす原因になるかもしれないし,痛みに対する防御機構により過度に筋が活動しているかもしれない.しかし,腰部脊柱起立筋における筋活動の左右非対称性は,腰痛者における特有のものではない.これまでの先行研究では腰痛のない被験者でも腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性が観察されている(Tanaka TH et al.,1998).また腰痛者の一部では腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性がみられない例もみられる.そのため,腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性の要因について明確な結論は出ていない.健常者の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性の要因についてはあまり研究されていないが,スポーツ競技特有の不均等な身体の動作や日常生活習慣などによる筋の機能的な歪みが筋活動の非対称性をもたらしている可能性が考えられる.筋の機能的な歪みを放置することにより,やがては腰痛を引き起こすことも考えられる.そ



のため腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性を改善することは腰痛の軽減や腰痛予防に重要であると考えられる。

腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性を改善するための保存療法として運動療法が行われ、運動療法開始から数ヶ月後には腰痛患者の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性と腰痛の改善したことが報告されている(松永ら,1992, Donaldson CS et al.,1993)。一方で、鍼施術は腰痛の保存療法の一つとして、多くのスポーツ選手にも利用され、疼痛緩和や機能障害からの回復への有効性が報告されている(Haake M et al.,2007, Molsberger AF et al.,2004, Yeung CK et al.,2003, Furlan AD et al.,2005)。しかし、腰痛者の腰部脊柱起立筋の機能異常に対する鍼施術の影響についてはあまり研究されていない。鍼施術による腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性に対する影響については、健常者に対しては行われている。腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性が認められた健常者 10 人に鍼施術を行ったところ、左右非対称性が改善したと報告している(Tanaka TH et al.,1998)。

以上のように、これまでのところ鍼施術が腰痛を有するスポーツ選手の腰椎脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性に与える影響については研究されていない。これらの影響について検討することは、これまであまり明らかにされていなかった筋の機能異常に対する鍼施術の影響を解明することにつながる。また、腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性の要因について示唆を与えることができるかもしれない。

## 第 2 節 目的

本研究の目的は、鍼通電が腰痛を有するスポーツ選手の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性に及ぼす影響について検討することである。また、腰部脊柱起立筋の筋活動と腰痛の程度や被験者の属性との関連性を分析し、腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性の要因について検討した。

### 第3節 方法

#### 1. 対象

大学蹴球部に所属し、腰痛を訴える男性 12 人(年齢:19.8±1.1 歳,身長:174.8±5.7cm,体重 67.8±6.0kg)を対象とした(表 4-1).なお,被験者は医療機関を受診していないため,腰椎分離症や腰椎椎間板ヘルニアなど器質的な疾患の有無については明らかではない.事前の間診では,被験者はサッカー競技練習中または競技練習後に腰痛が出現すると回答していた.また,被験者の Roland-Morris Disability Questionnaire (以下 RDQ)は,1.8±1.4 点(平均±標準偏差)であった(表 4-2).RDQ は,腰痛によって日常生活が障害される程度を評価する尺度として広く用いられる.本被験者の生活の障害が著しく低下している状況ではない軽度の腰痛者であった.

本研究は筑波技術大学保健科学部附属東西医学統合医療センター 医の倫理審査委員会の承認を得て実施した.また,被験者には事前に研究に関する主旨を十分に説明し書面にて同意を得た.

#### 2. 実験方法

被験者に立位にて体幹屈曲動作を行わせ,この間の腰部脊柱起立筋の筋活動を表面筋電図法で測定した.その後,腰部脊柱起立筋相当部(第 4,5 腰椎棘突起高位)に鍼通電をした.終了後,再度筋活動を測定した.なお,鍼通電前後で腰痛の程度の変化を Visual Analog Scale(以下,VAS)で評価した.

#### 3. 測定と評価

##### 1) %difference

## (1)記録方法

研究のプロトコルは Donaldson らの研究(Donaldson S et al.,1990)に従って設計した.測定部位は,左右の腰部脊柱起立筋とした.電極装着部位は,左右の腸骨稜を結んだ高さで腰部脊柱起立筋膨隆部とした.電極は,測定部位の筋腹上で筋の走行と並行に電極を取り付けた(図 4-1).電極と皮膚との接着には専用の両面固定テープを用い,電極は伸縮性テープで被覆し固定した.また,電極付着部は,アルコール脱脂綿で皮脂を除去し,体毛がある場合は剃毛処理を行った.なお,アース電極は右側手関節部とした.

被験者は足幅を肩幅に開脚し,両膝関節伸展位を保持したまま,立位から最大屈曲位までをメトロノームにあわせ,5 秒間で行わせた.この間の左右腰部脊柱起立筋の筋活動を測定した.測定は 3 回続けて同じ動作で実施した.筋活動の測定には筋電計(EMG 計測システム,バイオメトリクス社製,イギリス)を使用した.

なお,事前に被験者に体幹屈曲動作の一連の動作を研究アシスタントが見本を示し十分に練習を行わせ,左右の傾きの除去やスピードなどを確認した後に行った.一連の動きは,左右腰部脊柱起立筋の筋活動の測定中に 5m 離れた固定ビデオカメラを使用して横方向から撮影した.この測定は実験後に動作を確認するために使用した.

## (2)データの解析

計測データは,アンプと一体化した双極電極(電極直径 10mm,電極間 20mm)から 8ch 中継ボックスを経由し,AD 変換器ユニットを介してサンプリング周波数 1000Hz で AD 変換し,パソコンに取り込んだ.記録波形はバンドパスフィルタ(20-400Hz)により,motion artifact 成分を除去し,全波整流処理後,250ms で平滑化

を行った。

腰部脊柱起立筋の筋活動最大値が出現した時の左右側の記録値を抽出し、高い側と低い側の記録値の差を検出し、それを高い側の記録値で割り数値を百分率 (%difference)で示した(図 4-2)。データ解析には 3 回それぞれの動作時の差のパーセント値の平均値を用いた(Tanaka TH et al.,1998)。パソコンに取り込んだデータは解析ソフト トライアシテム(株式会社 DKH 製,日本)を用いて解析を行った。

## 2) VAS

%difference を測定する前に体幹前屈動作を行わせ、その際の腰部の痛みの強さの程度について 100mm の VAS を用いて評価した。表示は左端を痛みなし(0mm)、右端をこれまで経験した中で最大の痛み(100mm)とした。評価は鍼通電前後で行った。

## 4. 鍼通電方法

鍼通電部位は鍼灸臨床において腰痛に対して用いられている腰部俠脊穴(Jiaji;EX-B2)とした。腰部俠脊穴の適応症は、腰部疾患の他に、調理臓腑(臓腑機能の調節と回復)にも用いられる。具体的な部位は、両側の第 4 腰椎棘突起(以下 L4)、第 5 腰椎棘突起(以下 L5)の高さで左右の棘突起外方 5 分(約 1cm)、筋層は多裂筋に相当する部位となる(図 4-3)。この筋は腰椎の安定性に重要な役割があることが近年の筋電図学的研究により明らかにされている(Hodges et al.,1996a, Hodges et al.,1996b)。鍼は、滅菌済みのディスポーザブル鍼(セイリン株式会社製,日本)で直径 0.2mm、鍼体長 60mm の物を使用した。鍼先を筋中まで刺入し(深度約

3cm),左右の腰部脊柱起立筋ごとに低周波通電器(Ohm Pulser LFP-4000A,全医療器株式会社製,日本)を用いて周波数 1Hz で通電し,筋が攣縮することを確認後,10 分間通電した.

## 5.統計処理方法

被験者の属性は平均±標準偏差で示した.結果は平均±標準誤差で示した.鍼通電前後の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性を示す%difference の比較は,データが正規分布するため paired t-test を用いた.VAS の比較では,データが正規分布しないため Wilcoxon signed-ranks test を用いた.また,鍼通電前後の%difference と VAS の相関および鍼通電前の%difference と被験者の属性の相関について,データが正規分布する場合はピアソンの相関係数テスト,正規分布しない場合はスピアマンの順位相関係数テストを用いた.統計処理には SPSS Statistics Base 18(日本 IBM 社製,日本)を用い,5%未満を有意差ありとし,10%未満を傾向ありとした.

## 第4節 結果

### 1. %difference

左右非対称性を示す% difference は,鍼通電前が  $31.1\pm 2.9\%$ ,鍼通電後が  $18.3\pm 2.4\%$ となり,有意な減少を認めた( $P<0.05$ ; 表 4-1,図 4-4).

### 2. VAS

腰痛の程度を示すVAS値は,鍼通電前が  $32.3\pm 5.2\text{mm}$ ,鍼通電後が  $24.2\pm 5.6\text{mm}$ となり,有意な減少を認めた( $P<0.05$ ; 図 4-5).

### 3. %difference と VAS の相関

鍼通電前における%difference と VAS,鍼通電後における%difference と VAS,%difference と VASの鍼通電前後での変化率との間に有意な相関関係は認められなかった.

鍼通電前の%difference と被験者の属性(RDQ,腰痛歴,スポーツ競技歴)との相関について分析したところ,鍼通電前の%difference と RDQとの相関関係に傾向があることを認めた( $P<0.1, r=0.53, y=4.0x+24.2$ )(図 4-6).腰痛歴とサッカー歴には有意な相関関係は認められなかった.

## 第 5 節 考察

本研究では、表面筋電図を用いて体幹屈曲動作時の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性を示す%difference を客観的指標として、腰痛を有するスポーツ選手に対する鍼通電の腰部脊柱起立筋の筋活動に及ぼす影響を検討した。また、腰部脊柱起立筋の筋活動と腰痛の程度や被験者の属性との関連性を分析し、腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性の要因について検討した。

### 1. 鍼通電前の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性とその要因について

立位から体幹屈曲動作をする際、左右の腰部脊柱起立筋が互いに協調しながら伸張性収縮する。その際、筋より活動電位が生じるため左右の腰部脊柱起立筋の筋活動を表面筋電図で測定することができる。腰痛者では体幹屈曲時に腰部脊柱起立筋の筋活動において屈曲弛緩現象の消失や左右非対称性などの機能異常がみられることが先行研究で明らかにされている。慢性腰痛者では、屈曲弛緩現象が出現せず、体幹の屈曲開始から最大屈曲終了時まで腰部脊柱起立筋の筋活動が消失することなく活動し続けることが確認されている (Floyd WF et al.,1951, Floyd WF et al.,1955)。本研究の被験者の体幹屈曲時の腰部脊柱起立筋の筋活動を観察したが、屈曲弛緩現象が消失している者はいなかった。

一方で、体幹屈曲中の腰部脊柱起立筋の筋活動の最大時の左右差を示す%difference は健常者では 20%未満であるが、腰痛者では 20%以上あり、腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性を示すことが報告されている (Donaldson CS et al.,1993)。本研究の結果、鍼通電前の%difference の平均値は 31.1%で、1 例 (17.3%)を除き、20%以上であった(表 4-1)。先行研究で示されている腰痛者でみられる筋活動が観察できた。



腰痛者の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称の要因について先行研究では筋の過緊張や防御反射などであると推測している(Cram JR et al.,1983, Donaldson C.et al.,1993).また,慢性腰痛者の腰部脊柱起立筋についてMRIを用いて横断面積や筋厚を分析した研究では,筋横断面積の左右非対称性が認められたことを報告している(Hyun JK,et al., 2007).スポーツにおいてもそれぞれの競技特性から選手の腰部脊柱起立筋の筋厚に左右非対称性がみられる可能性がある.しかし腰部脊柱起立筋の筋量の左右非対称性が筋活動の左右非対称性に関連するかは明らかにされていない.そのため腰痛者の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称の要因については明確な結論が出ていない.

そこで腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称の要因を調べるために,鍼通電前の% difference と被験者の腰痛状況や属性との相関関係について分析した.その結果,腰痛の程度と% difference とには関連性がみられなかった.次に,腰痛部位と% difference 算出時の左右の腰部脊柱起立筋の筋活動電位との関係について調べた.腰痛部位が両側であった被験者 7 例,片側であった被験者が 5 例であった.そこで腰痛部位が片側であった 5 例の腰痛部位側と筋活動電位の高値側とを比較したところ,腰痛部位側と腰部脊柱起立筋の筋活動電位の高値側が一致したものは 5 例中 3 例であった.先行研究(Donaldson C.et al.,1993)では腰痛者の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称について疼痛による防御反射が要因の一つと推測していた.しかし,本研究からは腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称について腰痛の程度と関連性がみられないことや腰痛部位側と筋活動電位が高値側または低値側が一致しないことから,先行研究で推測されている疼痛によって引き起こされる筋の過緊張や防御反射が要因であるか否かは示すことはできないと考える.

次に、被験者の属性と%differenceとの関連性について分析した。その結果、鍼通電前の%differenceは、腰痛歴、スポーツ競技歴とは関連がなかった。しかし、鍼通電前の%differenceとRDQとの正の相関関係に傾向が認められた。RDQは患者自身が直接回答する Patient Reported Outcomes 指標の1つとして位置づけられ、腰痛によって日常生活が障害されている程度を評価する尺度である。腰痛のために障害されているかどうかを尋ねる24項目から構成される。各項目に「はい」、「いいえ」で回答する形式で、「はい」と回答された項目の数がRDQ得点となる。高得点であるほど日常生活の障害の度合いが大きいことを示す。RDQは、単に疼痛の程度を測定するのではなく生活のさまざまな側面への影響を測定する尺度であると報告されている(鈴鴨,2009)。被験者のRDQの得点の内訳は4点が2例、3点が2例、1点が7例、0点が1例であった(表4-2)。「はい」と回答した項目の中で「腰痛を和らげるため、何回も姿勢を変える」(10例)が最も多く、次いで「腰痛のため、いつもより横になって休むことが多い」(2例)、「ほとんどいつも腰が痛い」(2例)、「腰痛のため、寝返りがうちにくい」(2例)で、身体機能に関する項目で得点が高い。このことから、腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称の要因について身体機能の障害との関連が深いことが明らかとなり、RDQの身体機能に関する項目の得点が高い場合には腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称が大きいと推測できる。

本研究の被験者はサッカー競技練習中または競技練習後に腰痛が出現していた。サッカー競技は変則的な体勢でキック、ヘディング、ドリブルなどを行う必要が高く、常に腰椎に急激かつ強力な屈伸や回旋など運動が要求される。そのため姿勢の保持や体幹を安定させるために腰部の筋に過度の負担が生じて身体機能に障害が出現していることが考えられる。本研究の結果は、腰部脊柱起立筋の

筋活動の左右非対称を改善することで日常生活やサッカー競技における身体機能の障害の軽減につながると考えられる。

## 2. 鍼通電による腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性の改善について

鍼通電後、腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性を示す%difference は鍼通電前と比較して 12.8%減少し、平均 18.3%となり有意に減少することが明らかとなった(図 4-5,図 4-7)。健常者では%difference が通常 20%未満であると言われており、鍼通電により腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性が改善したものと考える。同様の結果は、健常者を対象とした先行研究でも確認されている。腰部脊柱起立筋の%difference が 20%以上ある健常者 10 例に対して鍼刺激を行ったところ、鍼刺激直後に有意に減少し、左右非対称性が改善され、共同筋協調が高まることが示されている(Tanaka TH et al.,1998)。

統計学的には有意に減少したものの、各被験者の鍼通電前後での値を比較すると、鍼通電後%difference が上昇した例が 3 例あり、%difference はすべて 20%以上であった。鍼通電後%difference が上昇した 3 例の特徴について属性などを分析したところ、左側の筋活動が高値を示していたことや鍼受療経験がないという共通点がみられた。しかし、左側の筋活動が高値を示しても%difference が減少する者が 3 例あり、また鍼受療経験がない者でも%difference が減少するものが 2 例あった。そのため、この 2 つの要因が鍼通電後の%difference の上昇に関与したか否かは明らかにできなかった。

%difference 算出時の腰部脊柱起立筋の筋活動電位の高値側の鍼通電前後の活動電位の変化を比較したところ、減少傾向を示す例(8 例)の方が増加傾向を示す例(4 例)よりも多いことが明らかとなったが一定の方向性はみられなかつ

た.先行研究(Tanaka TH et al.,1998)でも鍼刺激側の腰部脊柱起立筋の活動電位の変化は一定の方向性を示していない.このことについて鍼施術の物理的刺激効果と組織破壊効果とが個体の状態によって筋反応に差を生じたと推測している.本研究でも同様の作用が生じている可能性があるが,本研究からは明らかにすることはできない.

鍼通電後,%difference は鍼通電前と比較して有意に減少し,腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性の改善がみられるが,被験者の一部には%difference が上昇する例があり,留意しておく必要がある.

### 3.鍼通電による腰痛の強さの程度の改善について

鍼通電後,腰痛の強さの程度は有意に減少した.鍼通電による疼痛抑制の効果は先行研究で示されている.鍼刺激によって内因性オピオイドの産生されること(Melzack R et al.,1982)や上位中枢からの下行性抑制系の賦活化が発現すること(Han JS et al.,1982)や広汎性侵害抑制調節が発現すること(Bing Z et al.,1982)が報告されている.また,筋の局所への鍼通電は,軸索反射をはじめとした局所の血流量の増加による血液循環の改善により筋痛を軽減させると考えられている(馬場ら,2000,織田ら,2012).本研究では少なくとも軸索反射を中心とした作用機序が関与し,腰痛の程度が改善したのではないかと考える.

### 4.鍼通電後の腰部脊柱起立筋の左右非対称性と腰痛の程度との関連性について

鍼通電により腰痛の程度が改善されることはこれまでの研究で明らかになっており,鍼の鎮痛効果に対するメカニズムについても多くの研究が行われている.鍼通電後により腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性が改善することに

については本研究や先行研究から明らかになったが,そのメカニズムについては,明らかにすることはできない.解明するためには多くの研究が必要となる.しかし,メカニズムを解明するための手がかりについては本研究から提示することができる.

これまで,鍼通電による疼痛の軽減が筋活動の左右非対称性に関与するか否かは明らかにされていない.この関連性を検討することにより鍼通電後により腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性が改善のメカニズムの解明の一助につながる可能性がある.そこで,%difference と VAS の相関関係から腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性と痛みの改善に関連性があるか否かを検討した.しかし,明確な相関関係は認められなかった.個別に分析すると,鍼通電後に%difference が減少した 9 例の内,VAS が減少したのは 7 例,変化なし 1 例,増加したのは 1 例であった.また,鍼通電後に%difference が増加した 3 例の内,VAS が減少したのは 2 例,変化なし 1 例,増加したものはいなかった.

これらの結果から,腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性の変化と腰痛の程度の変化には密接な関係はなく,なんからの疼痛因子があっても腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性は改善する可能性があることを示唆する.本研究から鍼通電後の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性が改善したメカニズムについては明確にできないが,少なくとも鍼の鎮痛メカニズムとは異なる機序が存在するのではないかと推測する.

以上のように本研究から,腰部脊柱起立筋への鍼通電はこれまでの示されていた健常者だけでなく,腰痛を有するスポーツ選手においても腰痛の程度に関わらず体幹屈曲時の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性を改善させる効果

があることを明らかにすることができた。本研究の結果は鍼通電が腰部脊柱起立筋の共同協調性に寄与し、筋活動の左右非対称性を改善し、腰痛が軽減することのみならず、腰痛を有するスポーツ選手や腰痛既往のあるスポーツ選手の腰痛予防として役立つことにつながるであろう。

## 第 6 節 結論

本研究では,鍼通電後の筋活動の左右非対称性と腰痛の程度との関連性について検討した.その結果,左右非対称性を示す%**difference**と腰痛の程度は,鍼通電後に減少することが明らかになった.しかし,鍼通電後の腰痛の程度と腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性との間に相関関係はみられなかった.

表 4-1 被験者の属性

被験者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技歴 (年)	腰痛歴 (ヶ月)	RDQ (点)	腰痛 部位側	鍼受療 経験
A	18	183	74	10	48	3	両側	有
B	19	165	61	10	0.25	0	右側	有
C	19	173	61	12	24	1	右側	有
D	19	172	70	7	48	1	左側	無
E	19	180	71	12	6	1	右側	無
F	20	174	65	8	0.5	1	左側	無
G	20	175	72	10	1	1	両側	無
H	20	181	72	12	36	3	両側	有
I	21	172	66	16	60	4	両側	有
J	22	182	78	15	18	4	両側	有
K	20	168	58	18	48	1	両側	有
L	20	172	65	14	12	1	両側	無



表 4-2 被験者別 RDQ 得点

No	R D Q 項目	被験者												計
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	腰痛のため、大半の時間家にいる													
2	腰痛を和らげるために、何回も姿勢を変える	●		●	●	●		●	●	●	●	●	●	10
3	腰痛のため、いつもよりゆっくり歩く													0
4	腰痛のため、ふだんしている家の仕事を全くしていない													
5	腰痛のため、手すりを使って階段を上る													
6	腰痛のため、いつもより横になって休むことが多い	●							●					2
7	腰痛のため、何かにつかまらないと安楽椅子から立ち上がれない											●		1
8	腰痛のため、人に何かしてもらおうよう頼むことがある													
9	腰痛のため服を着るのにいつもより時間がかかる													
10	腰痛のため、短時間しか立たないようにしている													
11	腰痛のため、腰を曲げたり、ひざまずいたりしないようにしている										●			1
12	腰痛のため、椅子からなかなか立ち上がれない													
13	ほとんどいつも腰が痛い	●										●		2
14	腰痛のため、寝返りがうちにくい								●	●				2
15	腰痛のため、あまり食欲がない													
16	痛のため、靴下やストッキングをはくとき苦労する											●		1
17	腰痛のため、短い距離しか歩かないようにしている													
18	腰痛のため、あまりよく眠れない										●			1
19	腰痛のため、服を着るのを誰かに手伝ってもらおう													
20	腰痛のため、一日の大半を座って過ごす													
21	腰痛のため、家の仕事をするとき、力仕事をしないようにしている						●							1
22	腰痛のため、いつもより人に対していらいらしたり、腹が立ったりする													
23	腰痛のため、いつもよりゆっくり階段を上る													
24	腰痛のため、大半の時間ベッド(布団)の中にいる													

表 4-3 各被験者の鍼通電前後での腰部脊柱起立筋の%difference と VAS

	before				after			
	Right ( $\mu V$ )	Left ( $\mu V$ )	%difference	VAS (mm)	Right ( $\mu V$ )	Left ( $\mu V$ )	%difference	VAS (mm)
A	13.8	22.7	39.1	61	18.6	23.0	19.3	61
B	50.9	36.3	28.8	28	36.9	42.4	13.1	17
C	42.7	35.3	17.3	44	45.8	42.3	7.6	20
D	28.6	20.3	28.9	19	24.6	45.9	46.5	12
E	19.8	35.6	44.3	24	24.6	22.3	9.4	13
F	47.2	64.7	27.1	0	50.4	70.7	28.7	0
G	18.7	26.8	30.2	35	27.0	32.4	16.6	42
H	38.3	23.3	39.1	51	31.2	22.8	26.8	44
I	58.4	29.0	50.3	43	43.8	41.3	5.7	16
J	39.9	29.1	27.1	17	37.4	32.0	14.5	8
K	27.3	34.5	20.8	15	30.0	27.7	7.9	8
L	58.0	72.5	20	50	52.7	69.3	23.9	49

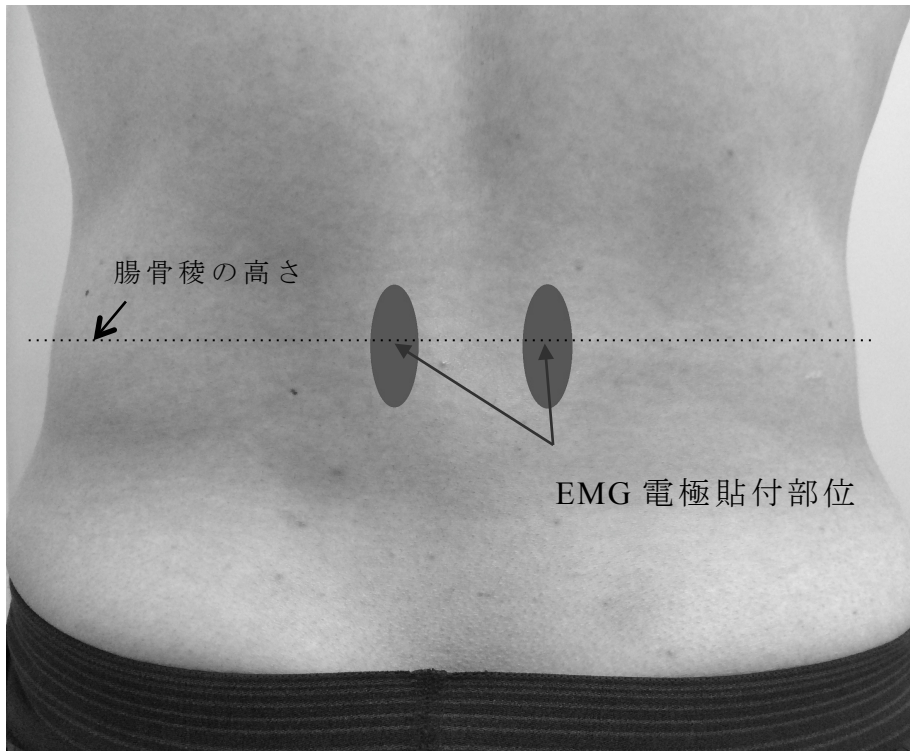


図 4-1 EMG 電極貼付部位

測定部位は、左右の腰部脊柱起立筋とした。電極装着部位は、左右の腸骨稜を結んだ高さで腰部脊柱起立筋膨隆部とした。電極は、測定部位の筋腹上で筋の走行と並行に電極を取り付けた。

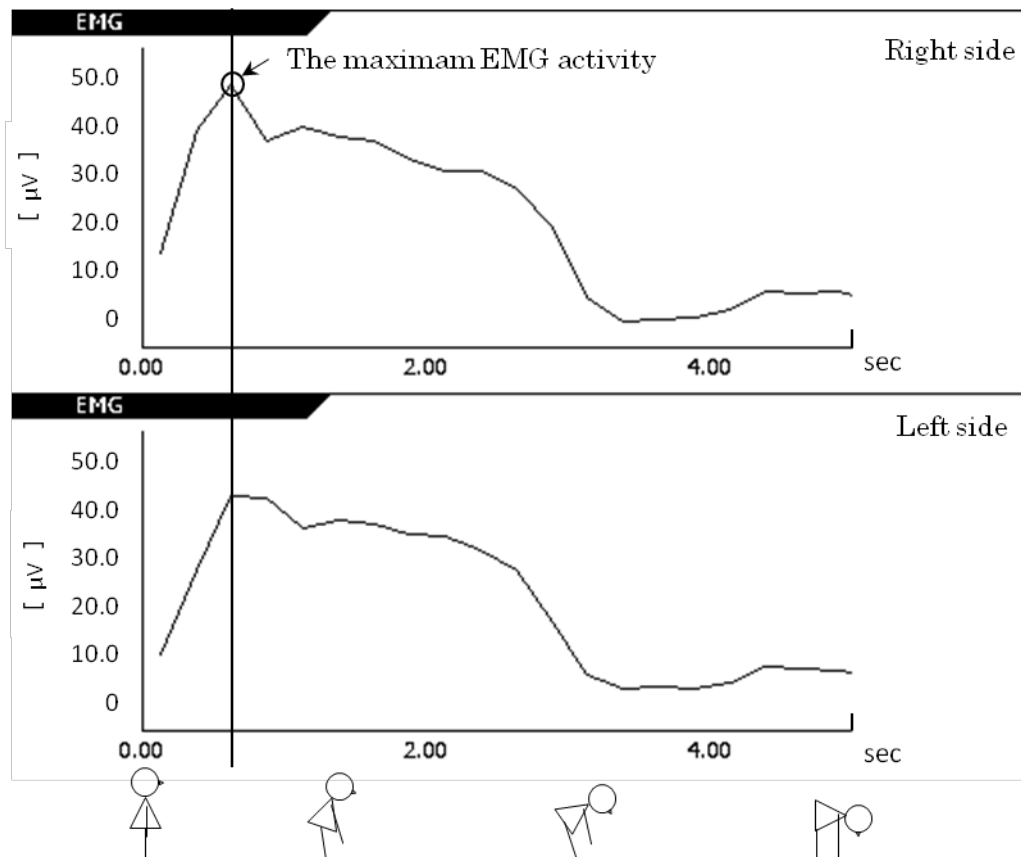


図 4-2 体幹屈曲時の左右腰部脊柱起立筋の筋活動

図は、左右の腰部脊柱起立筋の筋活動の一例を示している。%difference は、腰部脊柱起立筋の筋活動最大値(The maximam EMG activity)が出現した時の左右側の記録値を抽出し、高い側と低い側の記録値の差を検出し、それを高い側の記録値で割り百分率で示した。

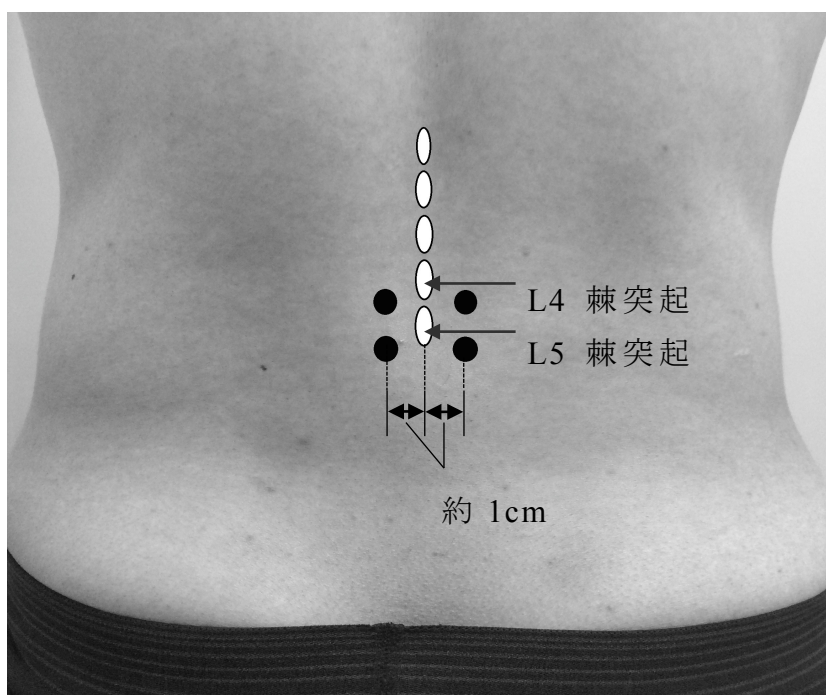


図 4-3 刺鍼部位

両側の第 4 腰椎棘突起(以下 L4),第 5 腰椎棘突起(以下 L5)の高さで左右の棘突起外方 5 分(約 1cm),筋層は多裂筋に相当する部位となる。

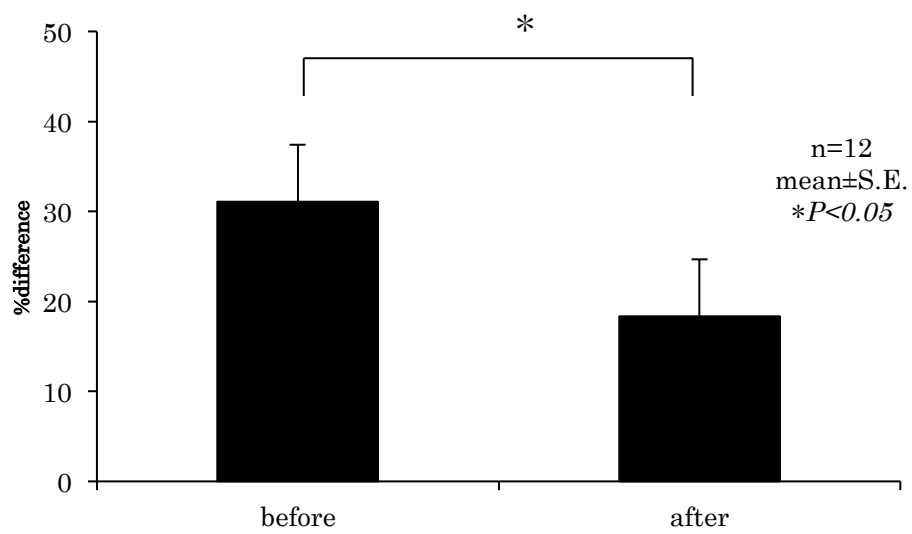


図 4-4 鍼通電前後における腰部脊柱起立筋の%difference の変化

鍼通電後,%difference は有意に減少した( $P<0.05$ ).

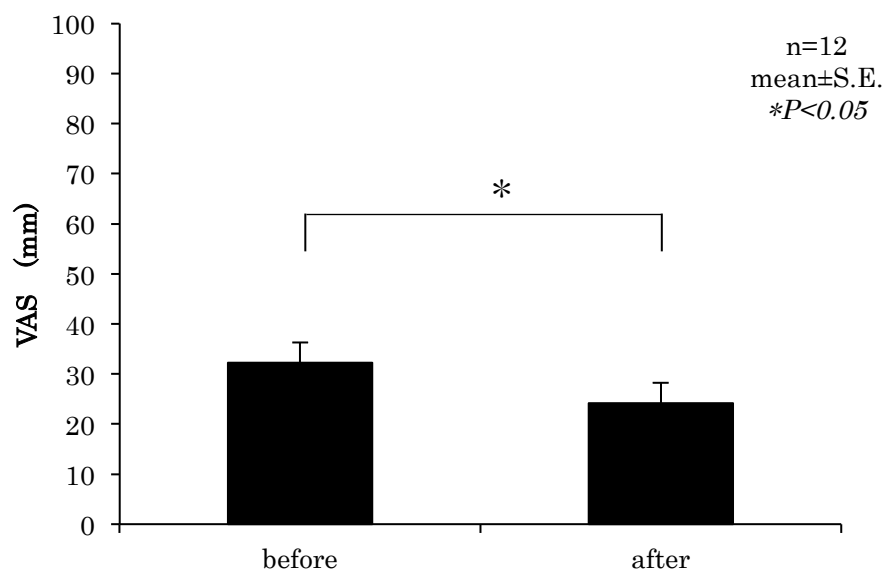


図 4-5 鍼通電前後における VAS の変化

鍼通電後有意に減少した( $P<0.05$ ).

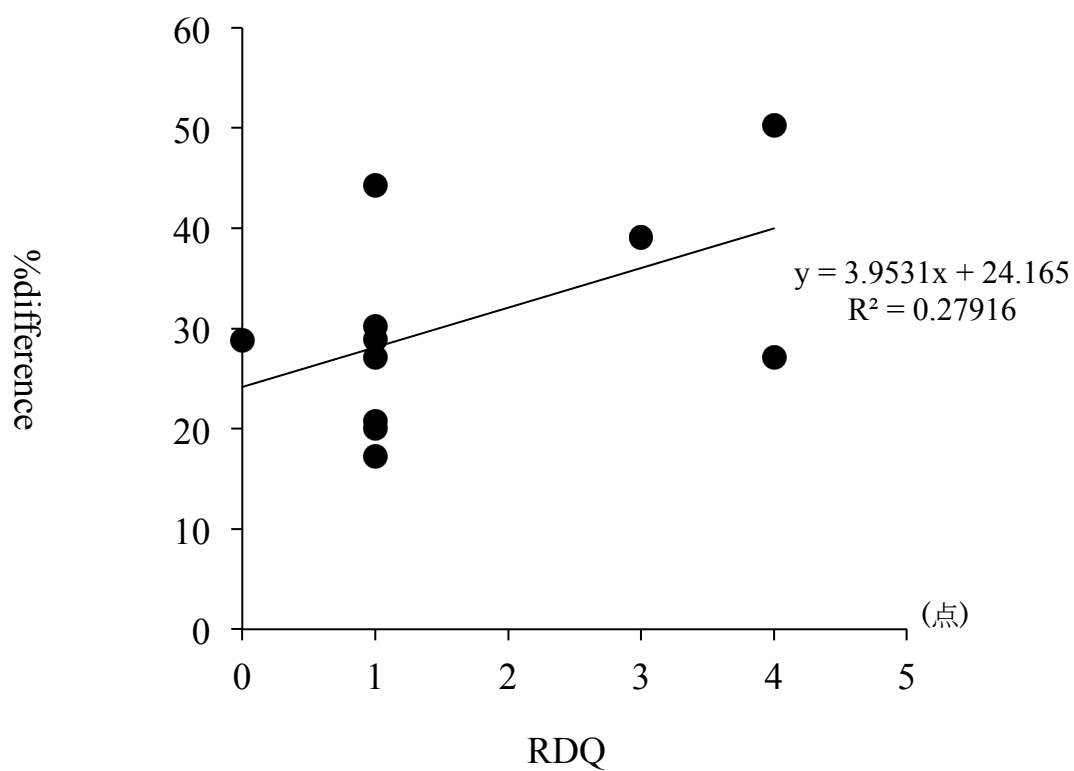


図 4-6 鍼通電前の%difference と RDQ の関連性

鍼通電前の%difference と RDQ との相関関係に傾向があることを認めた ( $P < 0.1$ ).



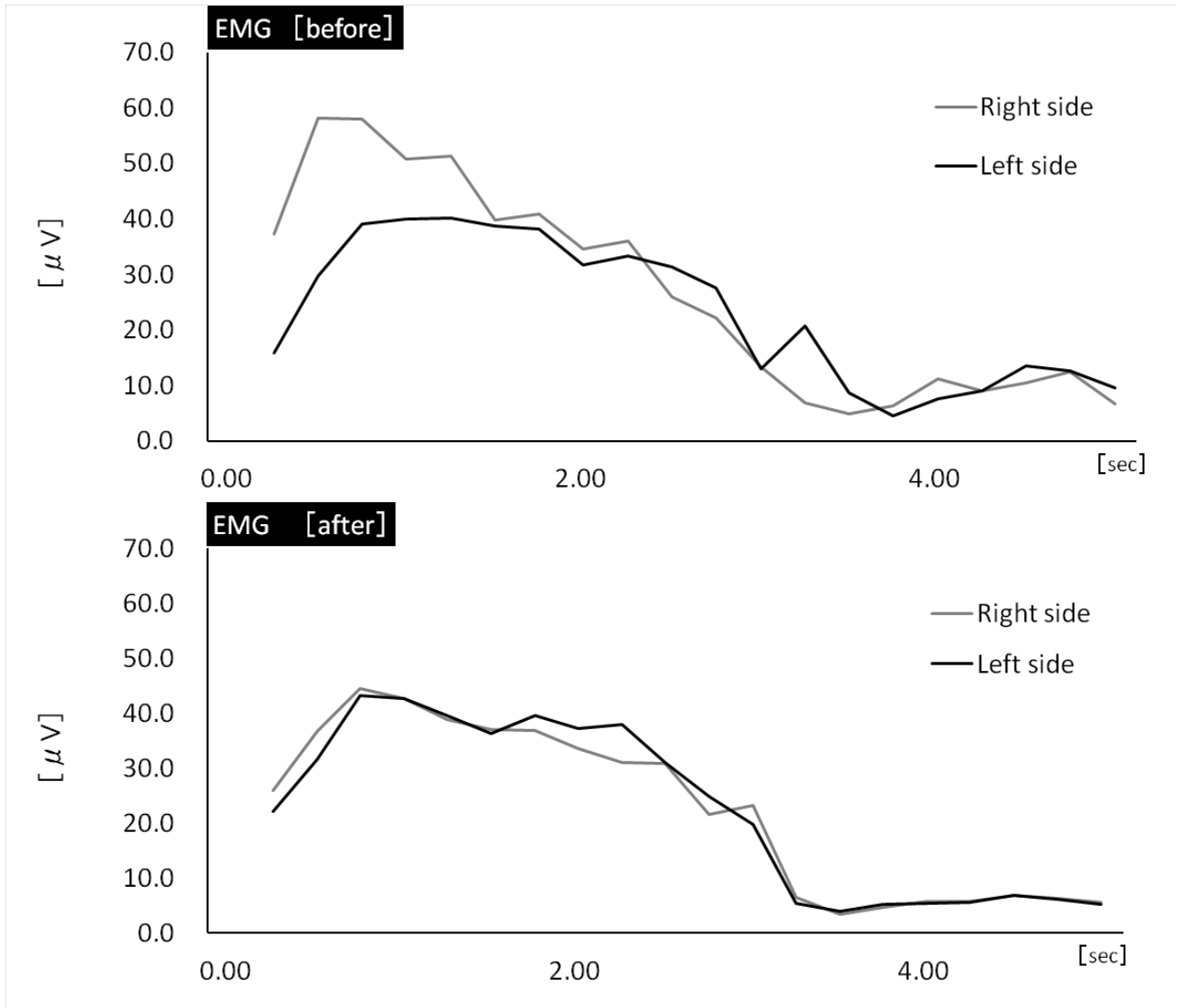


図 4-7 鍼通電前後の体幹屈曲時の左右腰部脊柱起立筋の筋活動の一例

鍼通電後,%difference が減少している。

## 第5章 研究課題2 腰痛を有するスポーツ選手への鍼通電が身体動揺時の多裂筋と内腹斜筋の筋反応時間に及ぼす影響

### 第1節 背景

スポーツを楽しむ国民が増加するのに伴い、スポーツ障害の発生頻度が増加することが予測される。これまでの調査で、競技スポーツの経験が多いと腰痛の既往率が高いことが報告されている(Hangai M et al.,2010)。腰痛は、慢性の経過をたどり、スポーツ活動の大きな支障となり、スポーツ選手にとって選手生命の危機ともなりえる。

スポーツを行っている際に、不意に身体の安定性が脅かされると、姿勢を制御するため神経系が直ちに反応し、身体の筋活動を中心に複雑な相互作用が起こり、姿勢を安定させ、スポーツ活動が継続される。その中で多裂筋や腹横筋などの体幹深層筋(ローカル筋)は主動作筋よりも先行して活動し、姿勢の安定に寄与することが明らかになっている(Hodges PW et al.,1996a, Hodges PW et al.,1996b, Hodges PW et al.,1997)。

しかし、不意な身体動揺で神経系が直ちに反応し、ローカル筋が正しく作用しなければ、椎間板や椎間関節などの腰椎分節である支持組織に負担がかかり、いわゆるぎっくり腰などの急性腰痛を起因させる可能性がある。近年の研究で、ローカル筋の機能異常が腰痛と深く関わっていることが示唆されている。Shihvonenらは、腰痛患者の体幹伸展活動中の多裂筋の筋活動が健常者と比較して低下していることを示した(Shihvonen et al.,1991)。また、Biedermannらは、筋電活動のパワースペクトラムを分析した結果、多裂筋の疲労スピードが腰痛患者では健常者と比較して速いことを示した(Biedermann et al.,1991)。さらに、この特

徴は腰痛を有する男性ボート選手でも同様に観察できることを報告している (Roy et al.,1989).このように腰痛患者だけでなく,日頃トレーニングを行っているスポーツ競技選手においても機能異常がみられることは特記すべきことである.また,Hodges らは,上肢や下肢の運動をする際,健常者と比較して慢性腰痛者の腹横筋の活動開始が遅延すること (Hodges PW et al.,1996a, Hodges PW et al.,1997)や,これらの特徴は,腰痛の既往者でも同様に観察できること (Hodges PW et al.,1996b)を報告している.

これらのことから,ローカル筋の機能異常を早期に発見し,正常な機能に回復させることは腰痛発生の予防やパフォーマンスの低下の抑制につながるものと考えられる.そのため,スポーツ分野においては,体幹の安定性の強化やパフォーマンスの維持,向上させるためにローカル筋である腹横筋や多裂筋の機能を高めるスタビライゼーションエクササイズなどの体幹筋トレーニング(コアトレーニング)プログラムが注目され,腰痛やパフォーマンスに対する体幹筋トレーニングの効果を検証した研究が近年行われている. O'Sullivan らは,慢性腰痛患者において多裂筋と深部腹筋群の同時収縮の要素を取り入れたトレーニングによって有意に腰痛が軽減したと報告している (O'Sullivan et al.,1997).井上らは,高校サッカー選手の体幹筋機能と腰痛の有無に関する経時的変化を調査し,体幹筋トレーニングを行った結果,Side Bridge test の得点が向上し,スポーツ活動時の腰痛が軽減傾向を示したと報告している (井上ら,2010).また体幹筋トレーニングを継続的に実施するとジャンプ時の離地時の効率(地面反力)が上昇し,垂直跳びやアジリティー能力(敏捷性)が向上することが報告されている (Butcher et al.,2007).しかし,体幹筋トレーニングの内容や評価尺度の違いなどがあり,腰痛症に対する体幹筋トレーニングの効果については明確な結論にはいたってな

い.

一方で,鍼施術は近年,スポーツ分野において障害予防やコンディショニング,リコンディショニングの手段として注目されている.スポーツ選手の26.2%は鍼灸の治療を受けたことがあり,中でも陸上競技選手では53.1%の選手が鍼灸の治療を受けている(長沼ら,1991).特に腰痛の改善を目的に受療する選手は多い(宮本ら,2000).先行研究では,痛みの軽減や機能障害の回復に効果があることが示されている(Anderson SA et al.,1973, Ozaki A et al.,2004, Oomae Y et al.,2004).中でも鍼通電では,腰痛を有するスポーツ選手に対して練習状況の改善に効果があったことが報告されている(Izumi S et al.,2008).これらのことから鍼施術は,単に腰痛の軽減だけでなくスポーツ選手のローカル筋などの筋の機能異常を改善させ,腰痛からの早期回復や予防に役立っていることが推測できる.しかし,多くの臨床研究で鍼治療は腰痛に対して有効であるとしているが,そのアウトカムは疼痛などの自覚的評価が中心であり,体幹筋の筋機能に着目し,客観的指標を用いて評価した研究は少ない.さらに腰痛と関連の深い腰痛者のローカル筋に与える影響について検証した研究はほとんどみられない.鍼施術はスポーツ分野において腰痛の治療や予防の手段として用いられていることは確かである.したがって,客観的な評価尺度を用いて効果を判定し,鍼施術の科学的根拠を構築していくことは必須であるといえる.

## 第 2 節 目的

本研究は,腰痛を有するスポーツ選手の腰部への鍼通電が,身体動揺時の体幹筋の筋反応時間に及ぼす影響について検討することを目的とした.

### 第3節 方法

#### 1.対象

腰痛を有する若年スポーツ選手 7 人(19.6±1.3 歳,身長 174±5.2cm,体重 67.3±6.0kg)を LBP 群,健常スポーツ選手 8 人(21.5±1.5 歳,身長 172.6±6.9cm,体重 65.3±7.1kg)を CON 群とした.被験者はすべて大学サッカー選手であった.LBP 群の被験者の腰痛の状況は,事前の問診および質問票より調査した.痛みの程度は Visual Analog Scale(以下 VAS,0mm;痛みなし/100mm;最大の痛み)を用いて実験開始時における腰痛の強さの程度について確認したところ,38.7±14.4mm であった.また,Roland-Morris Disability Questionnaire (以下 RDQ)は 1.3±0.3pt であった(表 5-1).被験者は競技の練習中または練習後に腰痛が出現するが,競技を中止する程度ではなかった.なお,腰痛に関して医師から診断されていなかった.

本研究は筑波技術大学 倫理審査委員会の承認を得て実施した.また,被験者には事前に研究に関する主旨を十分に説明し書面にて同意を得た.

#### 2.測定機器と測定方法

身体を動揺させるために右脚接地面の床が突然 25°傾斜する装置(以下 Trap door)を用いて行った(図 5-1).被験者は Trap door の床に両足均等な力が加わるように立位した.また,床に記した直線上に第 2 趾と踵骨隆起部が位置するよう立位した.立位安静時から突然,右脚の床を傾斜させ,その際の体幹の筋活動より筋反応時間を測定した.Trap door の作動するタイミングは無作為とした.Trap door の操作は,被験者が作動のタイミングが認識できないよう被験者の後方から行った.筋活動の測定には,筋電計(EMG 計測システム,バイオメトリクス社製,イギリス)を用いた.表面筋電図で導出した筋電図波形は,増幅器で増幅し,Trap

door の傾斜タイミングと同期して記録した。記録した筋電図波形は、サンプリング周波数 1000Hz で AD 変換し、パーソナルコンピュータに取り込んだ。筋電図波形の解析には TRIAS System(株式会社 DKH 製,日本)を使用した。筋電図波形は、バンドパスフィルタにより、motion artifact 成分を除去した。筋反応時間は、Trap door が傾斜し始めた時点から筋活動開始時点までの時間とした。筋活動開始時点の判断基準は、安静時 EMG の整流波形の最大値を超えた時点とした(Kaneko F et al.,2000, Ishida M et al.,2001)(図 5-2)。なお、測定は 3 回行い、中央値を採用した。測定部位は右多裂筋および右内腹斜筋とした。電極の付着位置は、先行研究 (McGill S et al.,2000, Marshall P et al.,2003)を参考にした。右多裂筋は第 5 腰椎棘突起の右外側 2cm とし、右内腹斜筋は右上前腸骨棘の 2cm 内下方とした(図 5-3)。電極は電極とアンプが一体化された双極表面電極を使用した。電極間距離は 10mm であった。電極は各筋の筋線維方向と並行になるよう貼付した。アース電極は右側手関節部とした。本研究で用いた内腹斜筋の電極貼付部位は、表面筋電図とワイヤ筋電図とを用いた研究 (Marshall P et al.,2003)において腹横筋との筋反応時間が一致し、再現性が高いことが報告されている。よって本研究での測定値は内腹斜筋および腹横筋の筋反応時間を示している。

### 3. 鍼通電方法

刺鍼部位は、両側の第 4 腰椎棘突起及び第 5 腰椎棘突起の高さで左右の棘突起外方約 1cm (経穴：腰部俠脊穴(Jiaji;EX-B2))で、筋層は多裂筋に相当する部位 4 箇所とした(図 5-4)。ディスポーザブルステンレス鍼(セイリン社製；針長 60mm, 線径 0.2mm)を用いて、鍼先を筋中まで刺入し(深度 3cm)した。左右側それぞれの鍼に電極をつなぎ、(Ohm Pulser LFP-4000A,全医療器株式会社,日本)を用いて周

波数 1Hz で通電し,筋が攣縮することを確認後,10 分間通電した.

#### 4.統計処理

多裂筋および内腹斜筋の筋反応時間について各データ分布の正規性を検定したところ,正規分布とみなせなかった.そのため,鍼通電前後での LBP 群と CON 群の比較には Mann-Whitney's U test を用いた.LBP 群と CON 群での鍼通電前後の比較には Wilcoxon signed-ranks test を用いて行った.また,鍼通電前の各筋の筋反応時間と VAS の相関についてピアソンの相関係数テストを用いた.統計処理には SPSS Statistics18(日本 IBM 社製,日本)を用い,有意水準は 5%未満とした.測定値は,平均±標準偏差(mean±S.D.)で示した.



## 第4節 結果

### 1.多裂筋の筋反応時間

鍼通電前ではLBP群  $101.2 \pm 22.6$ ms, CON群  $112.0 \pm 24.2$ ms となり,有意差はなかった.また,鍼通電後ではLBP群  $129.2 \pm 14.2$ ms, CON群  $114.8 \pm 18.4$ ms となり,有意差はなかった.

LBP群では鍼通電前と比較して鍼通電後に有意に遅延した( $P=0.018$ ).CON群では,鍼通電前後で有意差はなかった(図 5-5).

### 2.内腹斜筋の筋反応時間

鍼通電前ではLBP群  $45.6 \pm 24.3$ ms, CON群  $67.5 \pm 27.4$ ms となり,有意差はなかった.また,鍼通電後では,LBP群  $59.1 \pm 21.8$ ms, CON群  $77.5 \pm 23.1$ ms となり,有意差はなかった.

LBP群およびCON群ともに鍼通電前後での有意差はなかった(図 5-6).

### 3.多裂筋と内腹斜筋の筋反応時間の比較

鍼通電前ではLBP群における多裂筋  $101.2 \pm 22.6$ ms と内腹斜筋  $45.6 \pm 24.3$ ms とでは有意な差がみられた( $P<0.05$ ).CON群においても多裂筋  $112.0 \pm 24.2$ ms と内腹斜筋  $67.5 \pm 27.4$ ms とでは有意な差がみられた( $P<0.05$ )(表 5-2).

鍼通電後ではLBP群における多裂筋  $129.2 \pm 14.2$ ms と内腹斜筋  $59.1 \pm 21.8$ ms とでは有意な差がみられた( $P<0.05$ ).CON群においても多裂筋  $114.8 \pm 18.4$ ms と内腹斜筋  $77.5 \pm 23.1$ ms とでは有意な差がみられた( $P<0.05$ )(表 5-2).

### 4.LBP群の筋反応時間と腰痛の程度との関連について

鍼通電前における多裂筋の筋反応時間と腰痛の程度との間に有意な相関関係は認められなかった。また、鍼通電前における内腹斜筋の筋反応時間と腰痛の程度との間に有意な相関関係は認められなかった。

## 第5節 考察

本研究では、腰痛と関連の深いローカル筋の筋活動について表面筋電図を用いて多裂筋および内腹斜筋の筋反応時間を客観的指標として、腰痛を有するスポーツ選手と健常スポーツ選手での反応の違いと鍼通電が与える影響について検討した。

Trap door の片脚接地面の床が傾斜すると、傾斜側の下肢は下方に引かれ、それに伴い骨盤は傾斜側に下制し、下制側の寛骨では前傾が強まる。また、骨盤帯のアライメント変化により脊柱では下制側が凸となる側弯を呈する(Moseley GL et al., 2002)。その際、体幹では重心動揺を最小限に抑えるために、中枢神経系や脊髄神経系の働きによって姿勢を調節する先行随伴性姿勢調節が作用する(Hodges PW et al., 1997a)。その結果、内腹斜筋は骨盤を引き上げ、多裂筋は、脊椎伸展および回旋すると共に、腹横筋と共同して姿勢調節や体幹の安定性のために活動する。

本研究においても、Trap door により身体が動揺したことにより体幹筋である多裂筋や内腹斜筋の筋活動が観察することができた。以下、鍼通電が多裂筋および内腹斜筋へ及ぼす影響について考察する。

### 1. 鍼通電前における多裂筋の筋反応時間について

多裂筋は、解剖学的位置や形態から他の脊柱起立筋と共に体幹の屈曲、屈曲位からの伸展、腹臥位における体幹伸展、体幹回旋の作用に寄与するが、最も重要な作用は腰椎の安定性に働くことである。その独特の形態および分節的神経支配のため、脊椎分節的支持および制御という役割によく適した筋であると考えられている。脊椎に抗重力性支持を供給するため、直立姿勢や主な自動運動時においてほとんど連続的な筋活動がみられる。また体幹の回旋にも大きく寄与して

いる。純粋な軸回旋を維持するためには腰椎の伸筋群が動員されなければならず、多裂筋の回旋における役割は、腹斜筋が回旋を生じさせるときに生じる体幹の屈曲に対抗することであると報告されている(C Richardson,2002)。体幹回旋中に多裂筋の活動がなければ、部分的に抵抗のなくなった腹斜筋は脊柱に屈曲傾向を作り出すと述べられている(C Richardson,2002)。このように体幹の安定性に大きく貢献している多裂筋は、構えの姿勢からダッシュ、ジャンプ、投球動作など様々な運動において活動しており、スポーツ活動を行う上で非常に重要な筋であると言える。

鍼通電前における多裂筋の筋反応時間は LBP 群で平均 101.2ms(57ms～125.5ms)、CON 群で平均 112.0ms(59ms～132ms)で、LBP 群が CON 群より 10.8ms 先行して収縮がみられたが、有意な差はみられなかった。また、多裂筋の反応時間と腰痛の程度との間に有意な相関関係は認められなかった。

腰痛患者や腰痛を有するスポーツ選手では多裂筋の筋活動の低下や疲労スピードの上昇などの機能異常が確認されている。筋反応時間については、多裂筋の萎縮により筋反応時間が遅延し慢性腰痛患者では機能不全が生じていると報告されている。一方で、Hodges らの研究では、慢性腰痛患者や腰痛既往者における多裂筋の筋反応時間の遅延は確認されいない (Hodges PW et al.,1996a, Hodges PW et al.,1996b)。本研究は、Hodges らの結果を支持するものとなった。本研究の被験者は若年スポーツ選手であり、スポーツ活動を行っている。そのため腰痛は有しているものの多裂筋が萎縮しているとは考えにくい。そのため筋反応時間の遅延がみられなかったかもしれない。いずれにせよ、鍼通電前においては腰痛者の多裂筋の筋反応時間の特徴について明確な結論は出せない。

2.鍼通電による多裂筋の筋反応時間の変化について

鍼通電後,多裂筋の筋反応時間は,鍼通電前と比較して LBP 群で 28.0ms 遅延し,CON 群では 2.8ms 遅延し,CON 群と比較して LBP 群は,有意に遅延した.個別に鍼通電前後の変化を分析すると LBP 群では 7 例中 7 例に筋反応時間の遅延がみられ,CON 群では 8 例中 4 例に筋反応時間の遅延がみられ,LBP 群では鍼通電による変化に方向性がみられた(図 5-7).鍼通電が筋反応時間に及ぼす影響を検討した先行研究がある(Yoshida N et al.,2010).吉田らは,足関節不安定を有するスポーツ選手に対して腓骨筋に鍼通電をし,腓骨筋の筋反応時間を測定している.その結果,鍼通電後,筋反応時間が短縮したことを報告している(Yoshida N et al.,2010). この研究の鍼施術方法は本研究と類似していたが,被験者の疾患や介入した筋の部位は異なっていた.鍼通電による筋反応時間の影響の違いが部位や筋の性状に依存するか否かは明らかにできない.

鍼通電後,腰痛を有するスポーツ選手のみに多裂筋の筋反応時間が遅延したメカニズムについて本研究から解明することは困難であり,解明するためには多くの研究が必要とされる.しかし,これまでの先行研究からいくつかの手がかりはある. Ishii らは,筋反応時間は,筋の伸張反射の反応時間であり,筋反応時間を可變的にコントロールするのは, $\gamma$ 運動ニューロンを介した筋トーンスであるとし, $\gamma$ 運動ニューロンの興奮により筋トーンスが高まった状態では反応時間が早くなり,抑制された状態では反応時間が遅延すると報告している(Ishii A et al.,2002).筋への鍼刺激は,マイクロニューログラムを用いた研究から体性-自律神経反射により,アドレナリン作動性交感神経活動を抑制し,その結果,筋トーンスが低下し,筋循環が改善することが報告されている(Moriyama T,1987).

これらのことから,筋トーンスの調整に関わる $\alpha$ - $\gamma$ 連関が関与し,鍼通電により少なくとも脊髄レベルにおいて $\alpha$ 運動ニューロンの興奮性の抑制により,

γ 運動ニューロンの興奮が抑制され,筋トーンスが低下し,筋反応時間が遅延したのではないかと推測する.さらにこれらの現象は,健常スポーツ選手には現れなかったことから,腰痛を有するスポーツ選手特有の反応である可能性がある.

### 3. 鍼通電前における内腹斜筋の筋反応時間について

鍼通電前における内腹斜筋の筋反応時間は LBP 群で平均 45.6ms(17ms～88ms),CON 群で平均 67.5ms(31ms～107ms)で,LBP 群が CON 群より 21.9ms 先行して収縮がみられたが,有意な差はみられなかった.

本研究で用いた内腹斜筋の電極貼付部位の測定値は,先行研究(Marshall P et al.,2003)から腹横筋との筋反応時間が一致し,再現性が高いことから内腹斜筋および腹横筋の筋反応時間を示している.

腰痛の既往のない者においては,腹横筋が下肢の主動作筋や他の体幹筋に先行して活動するが,慢性腰痛患者や腰痛の既往のある者では,腹横筋の活動開始は主動作筋の収縮開始から数百 ms 後であったと報告している(Hodges PW et al.,1997b).つまり,慢性腰痛者または腰痛既往者では腹横筋の活動開始が健常者と比較して遅延することが明らかとなっている.

本研究の CON 群では,多裂筋に対して平均 44.5ms 先行して内腹斜筋の活動がみられたが,LBP 群においても多裂筋に対して平均 56.1ms 先行して内腹斜筋の活動がみられた.本研究の結果は,先行研究での腰痛の既往のない者の反応に類似し,腰痛者または腰痛既往者との反応とは異なる結果となった.

スポーツ競技において内腹斜筋や腹横筋は体幹の安定性に寄与し重要な働きをする.内腹斜筋の主な作用は体幹の同側回旋である.反対側の外腹斜筋と協調し体幹を回旋させる.また,内腹斜筋の両側性収縮は脊柱屈曲を引き起こし,下肢

運動中の骨盤固定に関与する。一方、腹横筋は、両側性に収縮すると、腹壁を引き込む作用があり、結果として腹腔内圧が増加し、胸腰筋膜の緊張が増加する。これらの作用の結果、腹横筋は体幹の支持および体幹の伸展や回旋の産生に関与するとされている(C Richardson,2002)。このように腹横筋や内腹斜筋の筋活動はサッカーでのキック動作や繰り返し動作などスポーツ動作のあらゆる場面で必要となる。そのため腰痛を有するスポーツ選手では、疲労の蓄積などより内腹斜筋の機能異常があると予測していた。しかし、本研究での被験者である腰痛を有するスポーツ選手の内腹斜筋の筋反応時間は健常スポーツ選手と差はみられなかった。

先行研究の被験者（腰痛患者、腰痛既往者）の条件は、少なくとも18ヶ月間痛みを訴え、仕事を休んだ期間があり、医学的治療を求め、検査時には最小あるいは全く痛みの患者であった。一方、本研究において被験者の痛みを訴えた期間が18ヶ月未満の者は7例中3例であった。また、過去に腰痛のため医療機関へは受診していないため、医学的な介入も受けていなかった。さらに、腰痛者では腰痛状況と内腹斜筋の筋反応時間の遅延が関係する可能性があるため、内腹斜筋の筋反応時間と痛みを訴えている期間やVASやRDQとに関連があるかを確認したところ、関連性はみられなかった。また、本研究での被験者は、全員が若年(平均年齢19.6歳)のサッカー選手であった。サッカー競技や練習の中または練習後に腰痛が出現するが、痛みのため練習や試合に出られなくなる程度の者ではなく、通常の練習は行うことができていた。これらのことから、本研究での腰痛を有するスポーツ選手の内腹斜筋には機能異常はなく筋反応時間は正常に活動しており、先行研究で示されている慢性腰痛者や腰痛既往者に出現した内腹斜筋の筋反応時間の遅延はみられなかったものと考えられる。

#### 4. 鍼通電による内腹斜筋の筋反応時間の変化について

鍼通電後、内腹斜筋の筋反応時間は鍼通電前と比較して LBP 群で平均 13.5ms 遅延し、CON 群で平均 10.0ms 遅延したが有意な差はなく、両群とも鍼通電による影響はなかったものと考えられる。鍼通電後における内腹斜筋の筋反応時間と多裂筋の筋反応時間を比較すると LBP 群、CON 群とも、鍼通電前と同様に内腹斜筋が多裂筋より有意に先行して活動していた。このことが鍼通電によって内腹斜筋の筋反応時間に影響がなかった要因であると推測する。

以上のように本研究から、鍼通電により腰痛を有するスポーツ選手全員に筋反応時間の遅延がみられ、統計学的に有意差が認められた。本研究の結果は鍼通電が筋活動に対して影響を与え、筋トーンスを低下させることを示唆している。

腰痛を有するスポーツ選手のみに鍼通電による生体反応の一方向性がみられたことは特筆すべきことであり、鍼通電が筋活動に与える影響を解明する上で一助になるであろう。



## 第 6 節 結論

本研究は、多裂筋への鍼通電が、身体動揺時の多裂筋と内腹斜筋の筋反応時間に及ぼす影響について検討した。身体動揺時の多裂筋の筋反応時間は、健常者では変化がないが、腰痛を有するスポーツ選手では有意に遅延することが明らかとなった。

表 5-1 腰痛を有する被験者の属性

Subject No.	Duration of illness (years)	Diagnosis	Pain region	Trigger	RDQ (pt)	VAS (mm)
1	4	None	both sides	during the competition	3	61
2	2	None	right side	during practice	1	44
3	7	None	both sides	in the ADL	1	17
4	4	None	left side	during the competition	1	30
5	0.5	none	right side	in the ADL	1	24
6	0.5	none	left side	unknown	1	45
7	0.7	none	both sides	after the return of the injury	1	50

表 5-2 多裂筋と内腹斜筋の筋反応時間の比較

			mean	S.D.	P 値
鍼通電前	LBP 群	多裂筋	101.2	22.6	*
		内腹斜筋	45.6	24.3	
	CON 群	多裂筋	112	24.2	*
		内腹斜筋	67.5	27.4	
鍼通電後	LBP 群	多裂筋	129.2	14.2	*
		内腹斜筋	59.1	21.8	
	CON 群	多裂筋	114.8	18.4	*
		内腹斜筋	77.5	23.1	

\*  $P < 0.05$

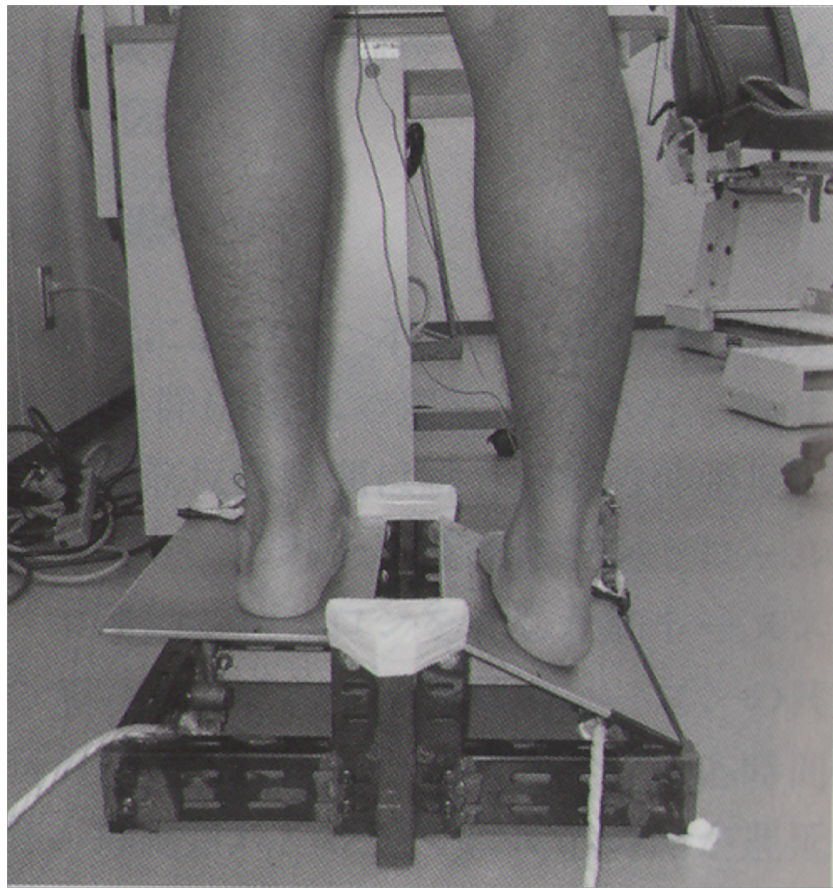


図 5-1 Trap door

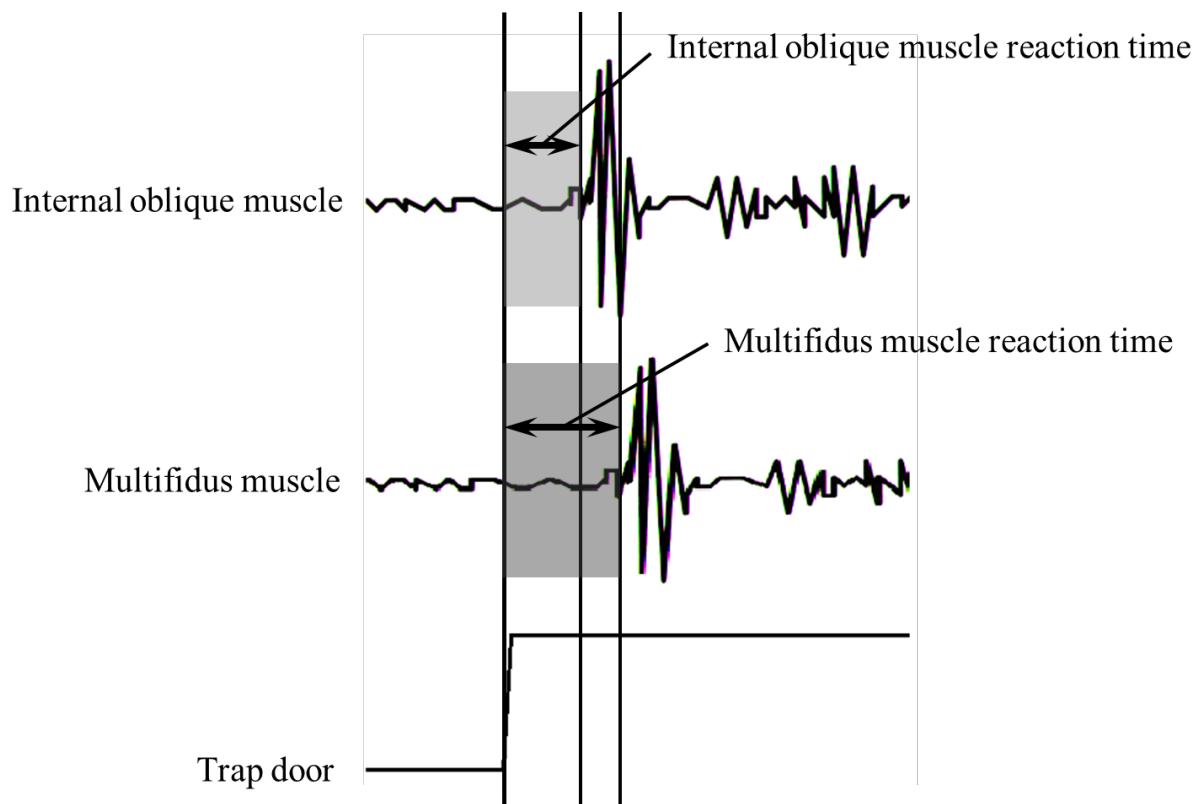
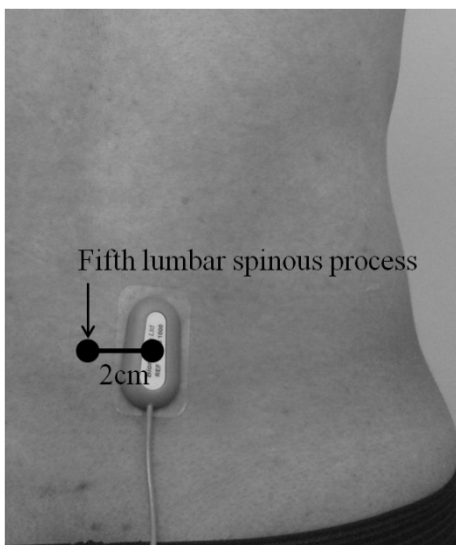
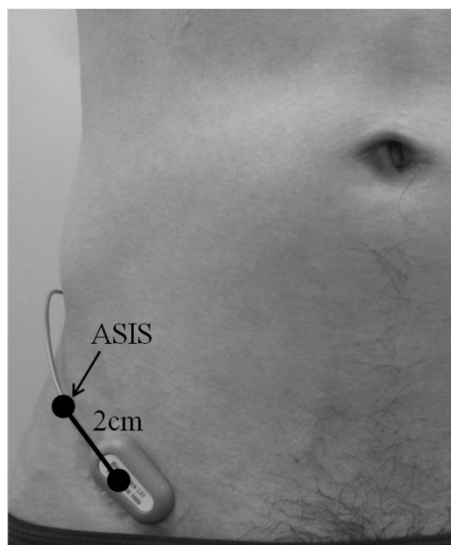


図 5-2 筋反応時間

筋反応時間は,Trap door が傾斜し始めた時点から筋活動開始時点までの時間とした。



a. multifidus muscle



b. internal oblique muscle

図 5-3 電極の貼付部位

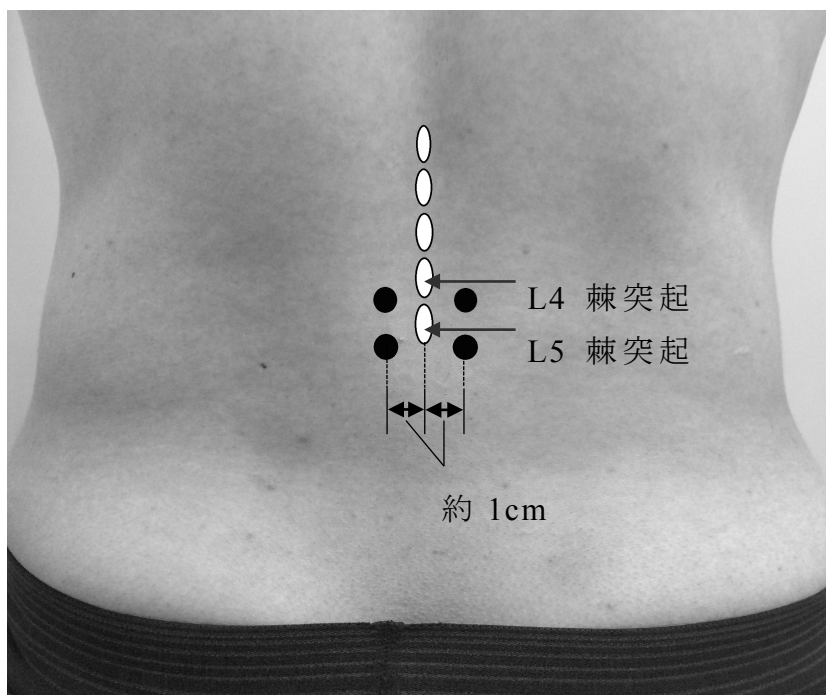


図 5-4 刺鍼部位

両側の第 4 腰椎棘突起(以下 L4),第 5 腰椎棘突起(以下 L5)の高さで左右の棘突起外方 5 分(約 1cm),筋層は多裂筋に相当する部位となる。

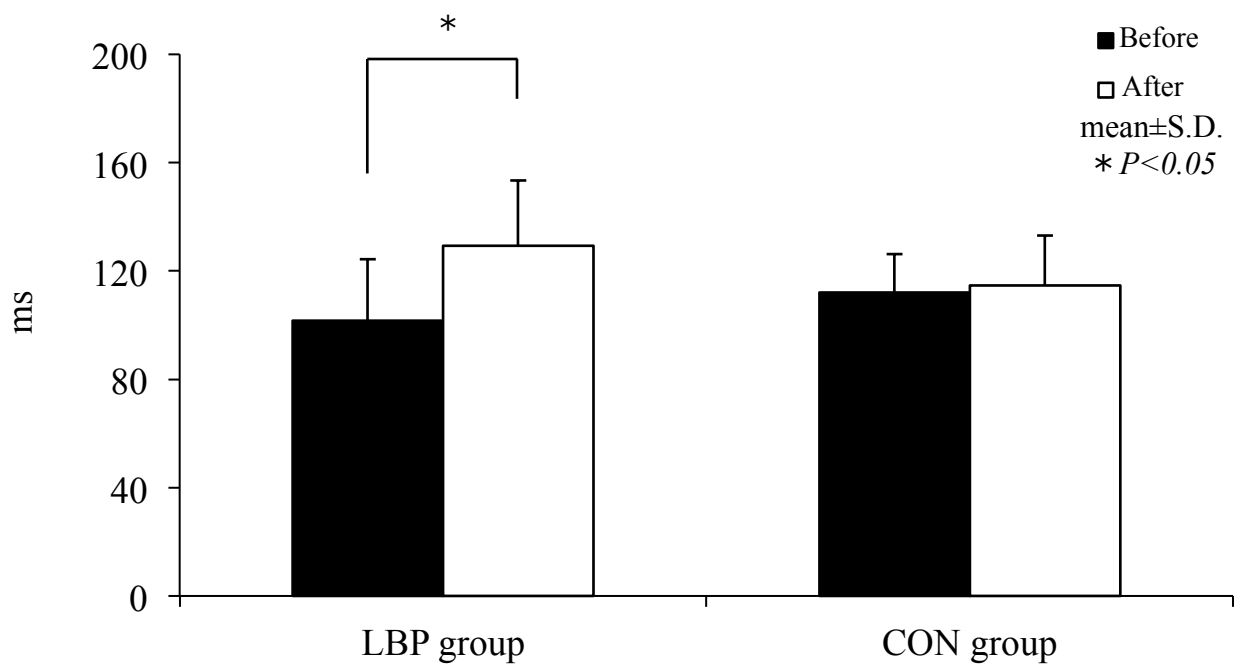


図 5-5 鍼通電前後の多裂筋の筋反応時間

LBP 群では鍼通電後,筋反応時間が有意に遅延した ( $P < 0.05$ ).CON 群では有意差はなかった.



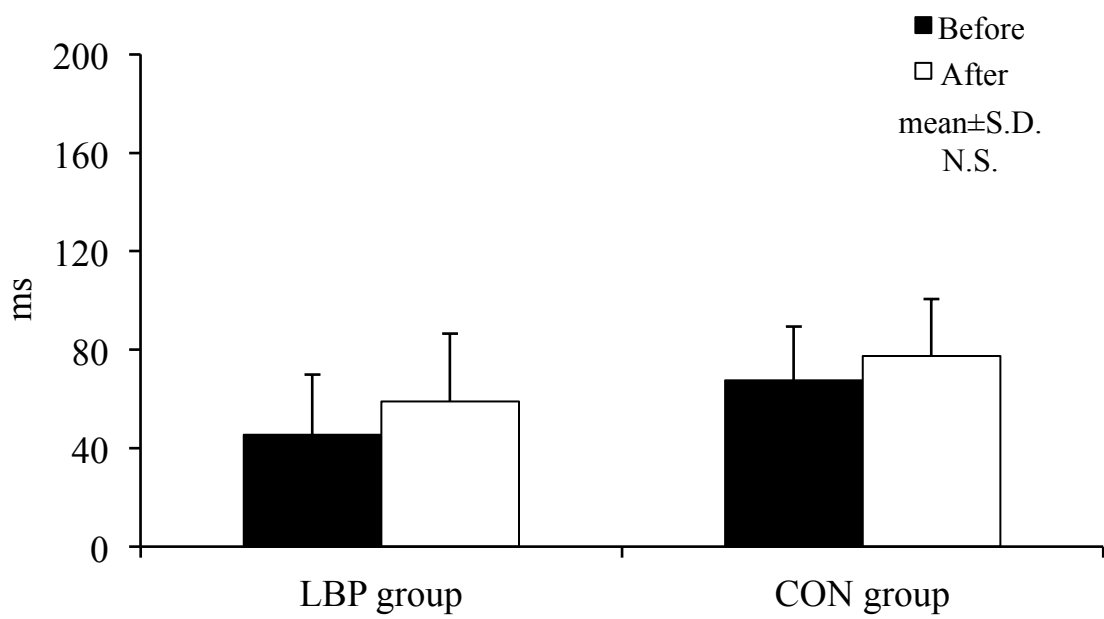


図 5-6 鍼通電前後の内腹斜筋の筋反応時間

両群で有意差はなかった ( $P < 0.05$ ).

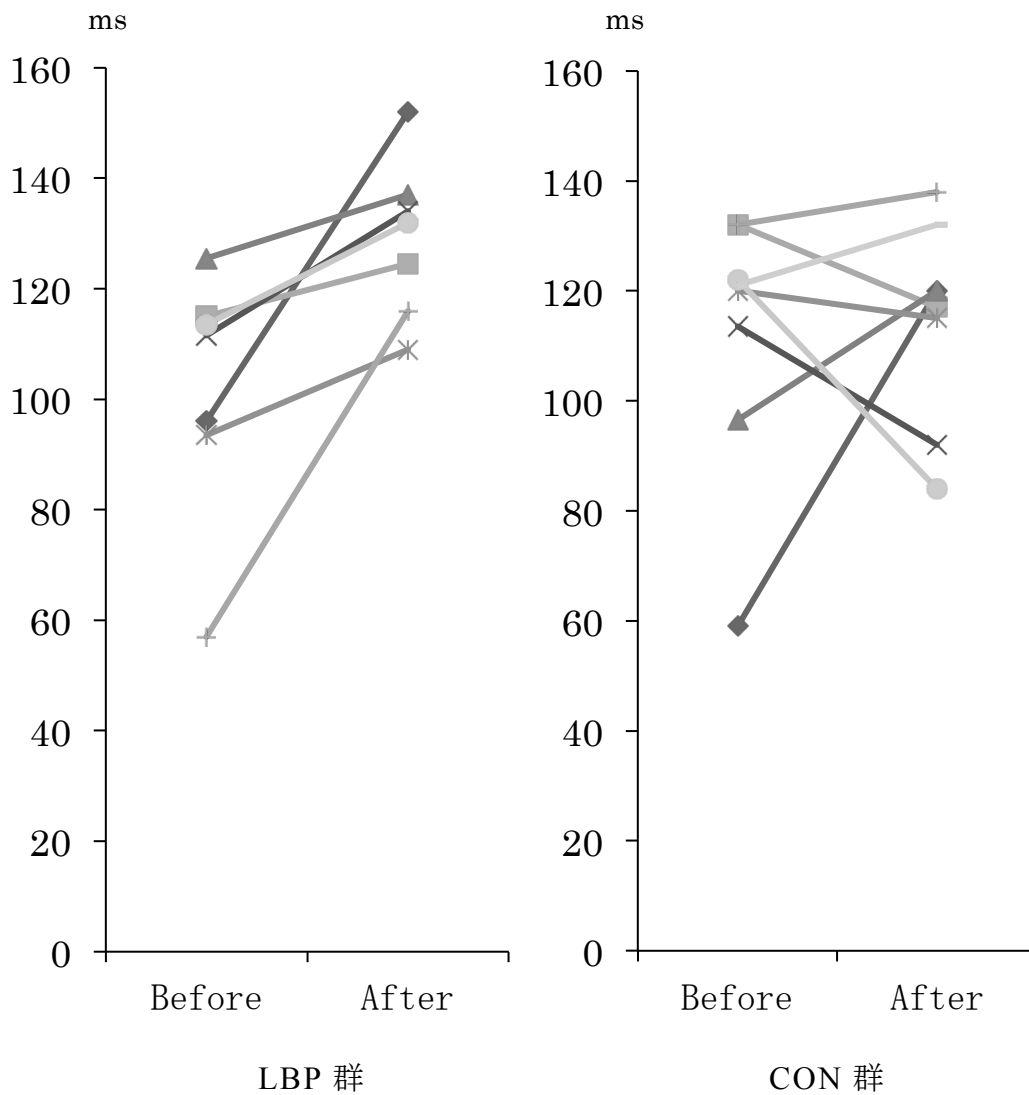


図 5-7 各被験者の鍼通電前後の多裂筋の筋反応時間

左のグラフが LBP 群,右のグラフが CON 群を示す. LBP 群では 7 例中 7 例に筋反応時間の遅延がみられ,CON 群では 8 例中 4 例に筋反応時間の遅延がみられた.

## 第 6 章 総括

### 第 1 節 結語

本博士論文の目的は、腰痛を有するスポーツ選手を対象に、低周波鍼通電が筋活動に及ぼす影響を明らかにするために、①腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性および②多裂筋と内腹斜筋の筋反応時間の影響を検討することであった。

本博士論文の目的を達成するにあたり、以下の課題を設定した。

1. 腰痛を有するスポーツ選手への鍼通電が腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性に与える影響
2. 腰痛を有するスポーツ選手への鍼通電が身体動揺時の多裂筋と内腹斜筋の筋反応時間に及ぼす影響

これら一連の検討を行った結果、以下の知見が得られた。

1. 左右非対称性を示す%difference と腰痛の程度は、鍼通電により減少することが明らかになった。一方、鍼通電後の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性と腰痛の程度との間に相関関係はみられなかった。これらのことから、腰部脊柱起立筋への鍼通電は腰痛を有するスポーツ選手では腰痛の程度に関わらず、体幹屈曲時の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性を改善させる効果があることを示した。
2. 多裂筋への鍼通電は多裂筋の筋反応時間を遅延させるが内腹斜筋の筋反応時間には影響を及ぼさない。この反応は健常スポーツ選手にはみられず

腰痛を有するスポーツ選手のみにみられた。

これまでのスポーツ選手の腰痛に対する鍼施術の効果に関する研究では主に主観的評価から疼痛の軽減に効果があることが明らかにされていたが、腰痛と関連の深い筋の筋活動への影響についてはあまり研究が行われていなかった。

そこで本研究では腰痛を有するスポーツ選手の筋活動に着目して、鍼通電により腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性が減少することや多裂筋の筋反応時間が遅延することを明らかにした。本研究により鍼通電が腰痛を有するスポーツ選手の腰痛の軽減のみならず、腰椎を保護するために重要な筋の筋活動に影響を与えることを示すことができた。また、本研究では疼痛の強さに関係なく、腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性が改善することを明らかにした。このことは筋の機能異常は痛みとは異なるメカニズムにより変化する可能性を示唆するものであり、鍼通電が筋活動に及ぼす作用機序を解明する上で新しい知見を示すこととなった。筋活動を評価する指標は様々存在する。本研究の結果は鍼通電が腰痛を有するスポーツ選手の体幹筋の筋活動に与える影響の一端を明らかにしたに過ぎないが、今後継続される筋活動に関連する研究を行う上では一助となるだろう。

## 第2節 本研究の限界および今後の課題

### 1.被験者について

本研究では腰痛を有するスポーツ選手を対象としたが,被験者はすべてサッカー選手であった.腰痛の発症要因はスポーツ競技の特性により異なる可能性がある.ウエイトリフティングでは重量物の挙上,ラグビーなどのコンタクトスポーツではスクラムやタックル,体操では着地などにより,腰椎に大きな負荷が加わる.また,サッカーなどのボール競技ではランニング中の急な方向転換,ジャンプ,スローイング,キックなど,その競技特性から腰椎の屈伸や回旋が頻繁に繰り返され,腰椎に負荷が加わる.今後の研究では他の競技のスポーツ選手においても同様の結果が得られるか検討する必要がある.被験者の腰痛の重症度は日常生活にほぼ影響が無く,練習中または練習後に腰痛が出現する軽度の腰痛レベルであった.同じようなレベルの腰痛を訴えるスポーツ選手は潜在的に多いことが予測され,有益な知見が得られたが,医療機関に受診していないため腰痛を呈するような器質的な変化や腰椎の不安定性が認められるスポーツ選手であったかは確認できていない.腰椎椎間板ヘルニアや腰椎分離症などの腰椎変性を有する選手で腰痛の重症度も異なることが推測される.また,腰痛の程度の評価としてVASやRDQを用いたのみで,腰痛の状況を評価するための所見が少ない.さらに,利き足や左右の腰痛の程度の違いについて聴取をしていない.筋の活動異常の要因や鍼通電に及ぼす影響を解明するためには疾患別による比較やスポーツ競技による身体特性,腰痛に関する様々な身体所見との関連性について分析する必要がある.

## 2.アウトカムについて

本研究では筋活動への影響を明らかにするために鍼による類似した研究が行われていた腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性と近年ローカル筋の筋活動で注目されている体幹筋の筋反応時間を指標とした。しかし筋活動の指標には他にも筋疲労状況を把握する周波数の解析や筋力の状況を反映する総活動量などがある。また、筋の機能を分析するはピークトルクや筋持久力など評価することもある。本研究で明らかにした結果は筋活動への影響の一端にすぎない。今後、筋の機能に関する様々な指標を用いて研究を行い、その変化を観察し、検討することによって鍼通電が筋の機能に与える影響を解明することができるだろう。本研究では鍼通電直後の影響について観察したため、この改善効果の持続期間および長期間の介入による影響については検証することができなかったことから、今後の課題としたい。

## 3.介入について

本研究の介入には腰痛のスポーツ選手に対する鍼治療に関するレビューにおいて半数の研究で用いられていた鍼通電を採用した。鍼通電方法については臨床で多く用いている方法を参考にした。鍼通電方法では周波数や通電時間など選手の状況に応じて選択することができるため、治療効果の違いについて検討する必要がある。また、鍼施術には鍼通電の他、通電をしない方法や円皮鍼のように皮下に鍼を留置する方法などがある。臨床では選手の訴えや状態に応じて施術者が使い分けている。今後の研究では鍼通電とは異なる方法で介入した場合、筋活動にどのように影響するか検討する必要がある。

鍼通電が筋活動に影響した作用機序について神経系を介した変化であると推

測したが明確ではない.筋活動と神経活動は密接に関連していることから今後  
検討する必要がある.

### 第3節 今後の展望

腰痛は、慢性化するとスポーツ活動の大きな支障となり、スポーツ選手にとって選手生命の危機ともなりえる。本研究で実施した鍼通電は、腰痛を有するスポーツ選手の腰部脊柱起立筋の筋活動の左右非対称性を改善させ、筋トーンスを軽減させることが示された。このことから鍼通電は、腰痛を有するスポーツ選手の身体のコンドィショニングや腰痛の予防の一助として役立たせることが可能であると思われる。

日本ではスポーツ選手のケアやコンドィショニングなどに鍼が深く関わっている。今後の検討課題で挙げられた問題点を解明するとともに、スポーツ選手やスポーツ選手に関わる医師、監督、コーチ、トレーナーなど、スポーツ現場のスタッフにとって有用な情報を提供していきたいと思う。



## 謝辞

本論文をまとめるにあたり,終始暖かい激励とご指導,ご鞭撻を頂いた筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻長 宮川俊平教授に心より感謝申し上げます.宮川教授には,筆者が筑波大学理療科教員養成施設臨床専攻生在学中の保健管理センター整形外科外来で研修よりご指導をいただきました.研究だけでなく多岐にわたりご指導を賜りましたことを深く感謝しております.

学位論文審査の主査をしていただきました筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻 宮本俊和教授には,深く感謝いたします.宮本教授には,この道に入るきっかけをつくっていただき,またご指導により今日までスポーツ分野を中心とした鍼灸の研究を続けることができましたことを心より感謝申し上げます.

研究デザインから本論文作成に至までご指導を賜りました筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻 向井直樹教授に深く感謝いたしております.学位論文審査において,貴重なご指導とご助言を頂いた筑波技術大学保健科学部保健学科理学療法学専攻,保健科学部附属東西医学統合医療センター長 木下裕光教授に心より感謝申し上げます.

実験の実施にあたり,筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻 宮川研究室卒業生で帝京平成大学ヒューマンケア学部鍼灸学科講師 吉田成仁先生,在学生の増成暁彦さん,功刀峻さん他,研究室の皆さんの熱心な協力を得たことを記すとともに心より感謝申し上げます.また,本論文をまとめるにあたり熱心にご助言いただきました宮本研究室の皆さんに深く感謝いたします.

筑波技術大学大学院 技術科学研究科 森山朝正名誉教授,放送大学大学院文

化科学研究科文化科学専攻生活健康科学プログラム 白井永男教授には,筆者が  
修士課程在学中より,数多くの貴重なご助言と激励を賜りましたことをここに  
記すとともに,心より感謝申し上げます.

博士課程への進学ならびに研究活動を暖かくご支援いただきました筑波技術  
大学保健科学部の教職員の皆様に深く感謝いたしております.また,研究を進め  
るにあたり,ご支援,ご協力を頂きながら,ここにお名前を記すことが出来なかつ  
た多くの方々に心より感謝申し上げます.

最後に,これまで自分の思う道を進むことに対し,支援してくれた愛知に住む  
父と母に心から感謝します.そして博士課程入学を快く承諾し,どのような状況  
においても応援してくれた素晴らしい妻に心から感謝します.また,これから学  
業に励む二人の息子のために何かの糧になれば幸いである.

## 文献

Airaksinen O., JI Brox., C Cedraschi. et al. Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J.* 2006;15:192-300.

Allen CEL. Muscle action potentials used in the study of dynamic anatomy. *Br J Phys Med.* 1948; 11:66-73.

Baldry PE. How news of acupuncture and moxibution spread from China to the outside world. *Acupuncture, Trigger points and musculoskeletal pain.* 2nd edition, Churchill Livingstone. 1993.

Bing Z, Villanueva L, Le Bars D. Acupuncture and diffuse noxious inhibitory controls: naloxone-reversible depression of activities of trigeminal convergent neurons. *Neuroscience.* 1990; 37: 809-18.

Brinkhaus B., Witt CM., Jena S, et al. Acupuncture in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med.* 2006;166:450-7.

Butcher SJ, Craven BR, Chilibeck, PD, Spink KS, Grona, SL, Sprigings EJ. The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37:223-31.

Chou R., Fu R., Carrino JA., Deyo RA. Imaging strategies for low-back pain: systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2009;373:463-72.

Cohen SP., Argoff CE., Carragee EJ. Management of low back pain. *BMJ*. 2008:337.

Cram JR, Steger JC. EMG scanning in the diagnosis of chronic pain. *Biofeedback Self Regul*. 1983; 8: 229-41.

Deyo RA., Rainville J., Kent DL . What can the history and physical examination tell us about low back pain? *JAMA* .1992;268:760-5.

Deyo RA., Weinstein JN. Low back pain. *N Eng J Med*. 2001;344:363-70.

Dickey JP, McNorton S, Potvin JR. Repeated spinal flexion modulates the flexion-relaxation phenomenon. *Clin Biomech*. 2003;18:783-9.

Donaldson CS, Linda M, Donaldson MW, Cram J, Skubick DL. A randomized crossover investigation of a back pain and disability prevention program: Possible mechanisms of change. *J Occup Rehabil*. 1993; 3: 83-94.

Donaldson S, Donaldson M. Multi-channel EMG assessment and treatment techniques. In *Clinical EMG for surface recordings*. In J. Cram (Ed.) Vol.2. *Clinical Resources*. 1990; 143-73.

Fast A. Low back disorder: conservative management. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998; 69: 880-91.

Floyd WF, Silver PHS. Function of erectors spinae in flexion of the trunk. *Lancet.* 1951; 20: 133-4.

Floyd WF, Silver PHS. The function of the erectors spinae muscles in certain movements and postures in man. *J Physiol.* 1955; 129: 184-203.

Furlan AD, van Tulder MW, Cherkin DC, Tsukayama H, Lao L, Koes BW, Berman BM. 2005. Acupuncture and dry-needling for low back pain. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005; 25: CD001351. Review.

Granhed H, Morelli B. Low back pain among retired wrestlers and heavyweight lifters. *Am J Sports Med.* 1988; 16: 530-3.

Haake M, Müller HH, Schade-Brittinger C, Basler HD, Schäfer H, Maier C, Endres HG, Trampisch HJ, Molsberger A. German Acupuncture Trials (GERAC) for chronic low back pain: randomized, multicenter, blinded, parallel-group trial with 3 groups. *Arch Intern Med.* 2007; 167: 1892-8.

Han JS, Terenius L. Neurochemical basis of acupuncture analgesia. *Ann Rev Pharmacol toxicol.* 1982; 22: 193-220.

Hangai M., Kaneoka K., Kuno S. et al. Factors associated with lumbar intervertebral disc degeneration in elderly. *Spine J.*2008; 8:732-40.

Hangai M., Kaneoka K., Okubo Y .et al. The relationship between low back pain and competitive sports activities during youth. *Am J Sports Med.* 2010; 38: 791-6.

Hangai M.,Kaneoka K., Hinotsu S.et al. Lumbar Intervertebral Disk Degeneration in athletes. *Am J Sports Med.*2009; 37: 149-55.

Hodges PW, Richardson C, Jull G. Evaluation of the relationship between laboratory and clinical tests of transversus abdominis function. *Physiotherapy Research International.*1996; 1: 30-40.

Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine.* 1996; 21: 2640-50.

Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res.*1997; 114: 363-70.

Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther.* 1997; 77: 132-44.

Hyun JK, Lee JY, Lee SJ, et al. Asymmetric atrophy of multifidus muscle in patients with unilateral lumbosacral radiculopathy. *Spine.* 2007; 32: 598-602.

Ishii Tomoo, Khin-Myo-Hla, Sakane Masataka, Sato Ayano, Ochiai Naoyuki. Pathology of ankle functional ambiguity. *Clinical Orthopaedic Surgery.* 2002; 37: 35-40.

Jansen G, Lundeberg T, Kjartansson J, Samuelson UE. Acupuncture and sensory neuropeptides increase cutaneous blood flow in rats. *Neurosci Lett.* 1989; 97: 305-9.

Kipper V, Parker AW. Posture related to myoelectric silence of erectors spinae during trunk flexion. *Spine.* 1984; 9: 740-5.

Lariviere C, Gagnon D, Loisel P. The comparison of trunk muscles EMG activation between subjects with and without chronic low back pain during flexion-extension and lateral bending tasks. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000 ; 10: 79-91.

Lundin O, Hellström M., Nilsson I. et al. Back pain and radiological changes in the thoraco-lumbar spine of athletes. A long-term follow-up. *Scand J Med Sci Sports.* 2001; 11: 103-9.

Marks MR, Haas SS, Wiesel SW. Low back pain in the competitive tennis player. Clin Sports Med. 1988; 7: 277-87.

Mayer TC, Gatchel RJ, Mayer H, Kishino ND, Keeley J, Mooney VA. prospective two-year study of functional restoration in industrial low back injury. An objective assessment procedure. JAMA. 1987; 258: 1763-7.

McCarroll JR, Miller JM, Ritter MA. Lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in college football players. A prospective study. Am J Sports Med. 1986; 14: 404-6.

McGill S, Juker D, Kropf P,. Appropriately placed surface EMG electrodes reflect deep muscle activity (psosa, quadrates lumborum, abdominal wall) in the lumbar spine. J Biomech.1996: 29; 1503-7.

McHardy A, Pollard H, Luo K. One-year follow-up study on golf injuries in Australian amateur golfers. Am J Sports Med. 2007; 35: 1354-60.

Melzack R, Wall PD. The Challenge of Pain. Penguin Books. London. 1982; 222-39.

Miyamoto T, Kobayashi T, Meguriya S, Fukubayashi T, Hayashi K. The actual condition of acupuncture for athletes entered the national athletic meet in Ibaraki



prefecture. PROCEEDING, FISU/CESU Conference The 18th Universiade 1995

Fukuoka.1995: 316-8.

Molsberger AF., Mau J., Pawelec DB., Winkler J. Does acupuncture improve the orthopedic management of chronic low back pain--a randomized, blinded, controlled trial with 3 months follow up.Pain.2003; 99: 579-87.

Morris JM, Benner G, Lucas DB. An electromyographic study of the intrinsic muscles of the back in man. J Anat.1962; 96: 509-20.

Moriyama T. Microneurographic analysis of the effects of acupuncture stimulation on sympathetic muscle nerve activity in humans: excitation followed by inhibition. Nihon Seirigaku Zasshi. 1987; 49(12):711-21.

Moseley GL, Hodges PW, Gandevia SC. Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. Spine.2002; 27: 29-36.

Nachemson A . Newest knowledge of low back pain. A critical look.Clin Orthop Relat Res.1992; 279: 8-20.

Ng JK, Richardson CA, Parnianpour M, et al. EMG activity of trunk muscles and torque output during isometric axial rotation exertion : a comparison between back pain patients and matched controls. J Orthop Res. 2002; 20: 112-21.

O'Sullivan PB, Phytty GD, Twomey LT, Allison GT. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. Spine. 1997; 22: 2959-67.

Roy SH, De Luca CJ, Casavant D A. Lumbar muscle fatigue and chronic low back pain. Spine. 1989; 14: 992-1001.

Semon RL, Spengler D. Significance of lumbar spondylolysis in college football players. Spine. 1981; 6(2): 172-4.

Shirado O, Ito T, Kaneda K. et al. Flexion-Relaxation phenomenon in the back muscles. A comparative Study Between Healthy Subjects and Patients with Chronic Low Back Pain. Am J Phys Med Rehab. 1995; 74: 139-44.

Sihvonen T, Partanen J, Hänninen O. Averaged (RMS) surface EMG in testing back function. Electromyogr Clin Neurophysiol. 1988; 28: 335-9.

Steventon C, Ng G. Effect of trunk flexion speed on flexion relaxation of erector spinae. Aust J Physiother. 1995; 41: 241-3.

Stokes IA, Henry SM, Single RM. Surface EMG electrodes do not accurately record from lumbar multifidus muscles. *Clinical Biomechanics*.2003; 18: 9-13.

Sward L, Hellstrom M, Jacobsson B, et al. Disc degeneration and associated abnormalities of the spine in elite gymnasts. A magnetic resonance imaging study. *Spine*.1991; 16: 437-43.

Tall RL, DeVault W. Spinal injury in sport : epidemiologic considerations. *Clin Sports Med*. 1993; 12: 441-8.

Tanaka TH, Leisman G, Nishijo K. Dynamic electromyographic response following acupuncture: possible influence on synergistic coordination. *Int J Neurosci*. 1998; 95: 51-61.

Trainor TJ, Wiesel SW. Epidemiology of back pain in the athlete. *Clin Sports Med*. 2002; 21: 93-103.

Triano JJ, Schultz AB. Correlation of objective measure of trunk motion and muscle function with low-back disability ratings. *Spine*. 1987; 12: 561-5.

Van Dieen JH, Selem LP, Cholewicki J. Trunk muscle activation in low-back pain patients, an analysis of the literature. *J Electromyogr Kinesiol*.2003; 13: 333-51.

White A., Panjabi M. Clinical Biomechanics of the Spine. J B Lippincott:  
Philadelphia.1978: 277-344.

Witt CM., Jena S., Selim D., et al. Pragmatic randomized trial evaluating the clinical  
and economic effectiveness of acupuncture for chronic low back pain. Am J  
Epidemiol.2006; 164: 487-96.

Yeung CK., Leung MC., Chow DH. The use of electro-acupuncture in conjunction  
with exercise for the treatment of chronic low-back pain. J Altern Complement Med.  
2003; 9: 479-90.

Yoshida N, Miyamoto T, Kobayashi N, Nagai S, Kobori T, Miyakawa S. The effect of  
electro-acupuncture stimulation on peroneal reaction time in cases of ankle  
instability. The journal of Japanese Society of Clinical Sports Medicine.2010; 18(2):  
274-9.

Carolyn Richardson,(訳;斎藤昭彦).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.エンタプライズ.東京.2002;17-29

McCulloch J.,Transfeldt E.編 (鈴木信治ほか訳). Macnab 腰痛第3版.医歯薬出版.  
東京.1999;75-8.

John H. Ferguson. NIH の鍼灸の合意形成会議とその後. 全日本鍼灸学会雑誌.1999;49:369-74.

阿部均.競技スポーツと腰痛 メディカルチェックにおける疫学調査. 脊椎脊髄ジャーナル. 2000; 13: 489-95.

井手口翔星,宮本直,島津大暢,谷口剛志,鷹峰澄子,田口辰樹,安藤文紀. 運動による関節位置覚の変化に対する鍼施術の影響について.東洋療法学校協会学会誌.2005; 29: 77-81.

伊藤和憲,井上智弘,羽根田雄介,越智秀樹,北小路博司.スポーツに起因した慢性腰痛に対するトリガーポイント鍼治療の試み 大学生のスポーツ選手を対象としたアンケート調査と鍼治療の効果.全日本鍼灸学会雑誌.2005; 55: 142-49

泉重樹,宮本俊和,小堀孝浩,青木謙介,池宗佐知子,原賢二,片山証子,宮川俊平.スポーツ選手の腰痛に対する低周波鍼通電療法の効果 練習状況,RDQ,JOA スコアを指標にした検討.全日本鍼灸学会雑誌.2008; 58: 775-84

池宗佐知子,大田美香,町田正直,武政徹,高岡裕,宮本俊和.後肢懸垂により引き起される筋萎縮の回復過程における鍼通電刺激の効果.全日本鍼灸学会雑誌.2010; 60 : 707-15.

井上直人,橋本雅至,田頭悟志,大槻 伸吾. 高校サッカー選手における体幹筋

トレーニングが腰痛発生予防へ与える効果. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2010;  
18: 504-10.

遠田明子,宮本俊和,福林徹.廃用性萎縮モデルマウスに対する鍼通電療法の効果.  
全日本鍼灸学会雑誌.2011; 61: 59-67.

織田かなえ,黒瀬聖司,澤井亨,瀬戸孝幸,仲田秀臣,佐藤真治,大槻伸吾.低周波鍼通  
電療法が筋血流に及ぼす影響 他の治療法との比較.日本臨床スポーツ医学会  
誌.2012; 20: 9-16.

大隈祥弘,小野修司,向野義人.我が国におけるスポーツ選手の腰痛発生率に関す  
る文献的考察 システマティックレビューによる検討.日本臨床スポーツ医学  
会誌.2011; 19: 565-74.

加藤雅和.べにばな国体スポーツ鍼マッサージボランティア報告(1).医道の日  
本.1993; 584: 96-103.

片山憲史,越智秀樹,池内隆治,松本勅,田中忠蔵,勝見泰和,他.磁気共鳴法による遅  
発性筋痛の解析と鍼治療作用の検討. 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌.  
1994; 4: 71-3.

金子剛将.シドニーオリンピック,パラリンピックのマッサージ・ボランティア  
に参加して.医道の日本.2001; 683: 233-5.

菊池臣一. 腰痛. 医学書院. 東京. 2003.

木塚朝博, 増田正, 木竜徹共, 他. 表面筋電図 バイオメカニズム・ライブラリー. 東京電機大学出版局. 東京. 2006.

教科書教科書執筆小委員会. 新版 経絡経穴概論第2版. 医道の日本社. 神奈川県. 2009.

草川正規. 熊本国体スポーツケア活動報告. 医道の日本. 2000; 669: 215-22.

小林聰. 鍼灸理論序説. 岡山ライトハウス. 岡山. 1994: 10-4

近藤宏, 津嘉山洋, 堀紀子. 質の高い鍼灸医療を目指して筑波技術大学保健科学部附属東西医学統合医療センター鍼灸部門 外来報告 2008. 筑波技術大学テクノロジーレポート. 2009; 17: 73-6.

近藤宏, 田山悦男, 山本英治, 他. ゴルフ競技大会(男子)における鍼・マッサージの施術活動 - 第59回国民体育大会(彩の国まごころ国体)でのボランティア活動について -. 臨床スポーツ医学. 2006; 23: 1127-31.

厚生統計協会. 健康状況と受療状況. 国民衛生の動向. 2010; 9-12.

財団法人日本サッカー協会スポーツ医学委員会.選手と指導者のためのサッカー医学.金原出版株式会社.東京.2005.

白土修,金田清志,伊藤俊一,他.体幹屈曲運動時の腰背筋活動 Flexion-relaxation phenomenon の観点からみた健常者と腰痛症患者の比較.理学診療. 1993; 4: 8-12.

下野俊哉.表面筋電図マニュアル 基礎・臨床応用編.酒井医療株式会社.東京.2010.

下賀春子,高野道代,田口辰樹.肉離れに対する鍼治療.東洋医学.2011;17:14-6.

鈴嶋よしみ.腰痛研究のエビデンス・評価と臨床的展望 Roland - Morris Disability Questionnaire (RDQ) によるアウトカム評価.日本腰痛学会雑誌.2009; 15: 17-22.

芹澤勝助,藤田紀盛,森和,大島良雄,高橋暁正,鄭士麟,窪田俊夫.リハビリテーションにおける東洋系物理療法の臨床応用(第1報)パルスジェネレーター応用の運動機能に及ぼす効果について.リハビリテーション医学.1965; 2: 267-8.

高橋文一,川俣順一.鍼灸への招待 歴史と科学 第1版.裳華房.東京.1994: 68-73

棚瀬嘉宏,平田総一郎,水野耕作.体幹前屈運動の運動学のおよび筋電図学的研究 腰椎コルセットの効果について.リハビリテーション医学.2000; 37: 33-8.



東郷俊宏.鍼灸領域における国内外の標準化の現況 国民への責任説明を果たすために.全日本鍼灸学会雑誌.2012; 62: 114-24.

東洋療法学校協会,東洋医学臨床論.医道の日本社.神奈川.2001: 90-1.

中間季雄.筋電図からみた腰痛のメカニズム.脊椎脊髄ジャーナル.2012: 25; 377-84.

長沼 健,黒田善雄 編.平成2年度 日本体育協会 スポーツ医・科学研究報告集(VOL.1)報告書No. I 国体選手の健康管理に関する研究— 第1報—, 財団法人日本体育協会,東京,(1991),21.

馬場 俊輔,長谷川伊美子,渡部和弘,岩間裕.刺鍼及び鍼通電刺激の深部体温に及ぼす影響.ペインクリニック.2000; 21: 246-9.

服部祐介,山内仁,大工谷新一,中里伸也.大腿直筋肉ばなれ後の鍼パルス刺激による早期スポーツ復帰の一症例.関西理学療法.2006; 6: 123-9.

藤井成幸.岐阜インターハイ・サポート活動報告.医道の日本.2000; 680: 217-22.

古屋英治,金子泰久,小川裕雄,石川慎太郎,坂本歩.国体セーリング選手のコンディション調整に対する鍼治療の検討.全日本鍼灸学会雑誌.2006; 56: 166-74.

古屋英治,金子泰久,上原明仁,坂本歩.国体セーリング選手の腰痛に対する鍼治療の効果.全日本鍼灸学会雑誌.2012; 62: 63-9

本郷利憲,廣重力,豊田順一,他.標準生理学 第6版.医学書院.東京.2005.

松永俊二,酒匂崇,吉国長利,他.腰痛患者に対する水泳運動療法の有効性について.リハビリテーション医学.1992; 29: 115-21.

宮本俊和,吉田成仁.スポーツ鍼灸! 東京オリンピック・パラリンピックに向けて我々は何をすべきか 今までの総括,これからの目標 スポーツ外傷・障害に対する鍼治療.全日本鍼灸学会雑誌.2014; 64: 148-50.

宮本俊和,市川あゆみ,保坂理樹,和田恒彦,寺田和史,向井直樹,下條仁士,宮川俊平.  
【スポーツにおける鍼治療の応用】スポーツ傷害に対する鍼治療 その適応と限界 大学スポーツ選手の腰痛に対する低周波鍼通電療法の効果.臨床スポーツ医学.2000; 17: 1073-6.

宮本俊和,保坂理樹,村上さゆり,近藤宏,山口隆,和田恒彦,寺田和史,向井直樹,白木仁,下條仁士,宮川俊平.【スポーツにおける鍼治療の応用】 スポーツ傷害に対する鍼治療-その適応と限界 筑波大学におけるスポーツ選手に対する鍼治療.臨床スポーツ医学.2000; 17: 1067-71.

宮本俊和,保坂理樹,村上さゆり,他.スポーツ傷害に対する鍼治療 -その適応と  
限界- 筑波大学におけるスポーツ選手に対する鍼治療.臨床スポーツ医学.  
2000; 17: 1067-71.

溝口哲哉.山梨インターハイ・スポーツケア活動報告 1.医道の日本.1996; 626:  
160-4.

向野義人.ユニバーシアード福岡大会でのボランティア活動.医道の日本.1996;  
618: 107-11.

森英俊,谷脇英一,末永多香光,大形一憲,大沢秀雄.腰部及び下肢部の低周波鍼通  
電刺激による皮膚温及び皮膚血流量と筋血液量に及ぼす影響.Biomedical  
Thermology.2004; 23: 147-51.

吉川恵士.鍼麻酔から低周波鍼通電療法まで.日本東洋医学系物理療法学会雑  
誌.1994; 57: 151-66.

吉田成仁,大岡茂,鈴木茂久,宮本俊和.スポーツ領域の鍼灸 筋疲労・筋力・筋損  
傷への効果 骨格筋損傷に対する鍼治療の効果と研究の現状.日本臨床スポーツ  
医学会誌.2011; 19: 234-6.

吉田行宏,林知也,矢野忠.ラット in vivo 肉離れ損傷モデルの作製とそれに及ぼ  
す鍼通電刺激の効果について.日本温泉気候物理医学会雑誌.2010; 73: 177-90.

吉川恵士.鍼灸療法ガイドブック I 低周波鍼通電療法.文光堂.東京.2012: 72-8.