

博 士 論 文

ジャンパー膝の機能的評価法と鍼治療の効果に  
関する研究

平成 25 年度

筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻

原 賢二

筑波大学

# 目次

第1章 序論.....	1
1-1 ジャンパー膝に関する先行研究.....	1
1-1-1 ジャンパー膝の定義.....	1
1-1-2 膝蓋腱の解剖.....	1
1-1-3 疫学調査.....	2
1-1-4 発症要因.....	3
1-1-5 病理学的所見.....	5
1-1-6 病態生理.....	6
1-1-7 臨床症状.....	12
1-1-8 診断および検査法.....	12
1-1-9 病期分類および評価法.....	15
1-1-10 治療法.....	20
1-2 皮膚表面温度に関する先行研究.....	23
1-2-1 皮膚表面温度の測定方法.....	23
1-2-2 皮膚表面温度を評価指標とした研究分野.....	24
1-2-3 皮膚表面温度によるジャンパー膝の評価.....	25
1-2-4 寒冷負荷試験.....	26
1-3 スポーツ分野での鍼治療に関する先行研究.....	28
1-3-1 スポーツ選手の鍼治療受診状況.....	28

1 - 3 - 2	ジャンパー膝に対する鍼治療.....	28
1 - 3 - 3	低周波鍼通電.....	30
1 - 3 - 4	鍼刺激が組織血流量および皮膚表面温度に及ぼす影響.	31
<b>第 2 章</b>	<b>本研究の目的と課題.....</b>	<b>35</b>
2 - 1	本研究の目的.....	35
2 - 2	本研究の課題.....	36
<b>第 3 章</b>	<b>寒冷負荷試験によるジャンパー膝の評価.....</b>	<b>37</b>
3 - 1	緒言.....	37
3 - 2	方法.....	39
3 - 3	結果.....	50
3 - 4	考察.....	58
3 - 5	結論.....	65
<b>第 4 章</b>	<b>ジャンパー膝の膝伸展機構特性と STTP, 圧痛および VISA score に関する研究.....</b>	<b>66</b>
4 - 1	緒言.....	66
4 - 2	方法.....	67
4 - 3	結果.....	77
4 - 4	考察.....	87
4 - 5	結論.....	94

第 5 章 ジャンパー膝の Vascularity, STTP, 疼痛の関係および ジャンパー膝に対する低周波鍼通電の効果に関する研究....	96
5 - 1 緒言.....	96
5 - 2 方法.....	99
5 - 3 結果.....	114
5 - 4 考察.....	127
5 - 5 結論.....	137
第 6 章 総合討論.....	139
6 - 1 本研究の目的.....	139
6 - 2 本研究で得られた成果.....	141
6 - 3 本研究で得られた成果の意義および今後の課題.....	145
謝辞.....	148
参考文献.....	149

## 用語の定義と略語

本研究で用いる主な用語，略語は以下の通りである．

### Apoptosis

細胞の枯死，細胞消滅，プログラムされた細胞死のこと．

### BMI

Body Mass Index の略語である．ボディマス指数といわれ，体格や肥満度を表す指標である．体重 (kg) を身長 (m) の 2 乗で除して算出される．

### Hydroxyproline

コラーゲン線維の主要な成分である．主にコラーゲン線維の中に存在し，コラーゲン線維の安定性を担っている．

### MRI

Magnetic Resonance Imaging の略語で，磁気共鳴画像法のこと．

### Neurokinin-1 (NK-1) レセプター

Neurokinin レセプターは，ペプチド性神経伝達物質であるタキキニンの受容体で，NK-1，NK-2，NK-3 と呼ばれる 3 種のレセプターがある．NK-1 は，中枢神経系と末梢組織に分布しており，タキキニンのうちサブスタンス P と高い親和性を持っている．

## PubMed

アメリカ国立医学図書館の国立生物工学情報センターが運営する医学・生物学分野の学術文献検索サービスのこと。

## Sclerosing therapy

硬化療法のこと。ジャンパー膝においては、膝蓋腱の血管分布が豊富な部位へポリドカノールなどの硬化薬を直接注入し、膝蓋腱内の新生血管の血流を途絶することを目的に用いられている。

## SLDS

Single Leg Decline Squat の略語である。傾斜のある所で傾斜の低い方に向かって立った状態から、片脚でスクワット動作をすることであり、ジャンパー膝の疼痛検査に用いられている。

## STTP

Skin Temperature of the Tender Point の略語で、圧痛部皮膚表面温度のこと。

## VAS

Visual Analog Scale の略語で、疼痛や感情など、特定の感覚の強度を評価する際に用いられる手法のこと。

## Vascularity

血管分布、血管分布像のこと、血管が存在する状態を意味する。

## VISA score

Victorian Institute of Sport Assessment score の略語であり，ジャンパー膝の重症度を評価する方法として用いられている。

## アスレティックリハビリテーション

スポーツ選手が外傷・障害などから，元の競技レベルに復帰することを目的として行われるリハビリテーションのこと。

## グルタミン酸

タンパク質構成アミノ酸の一つで，非必須アミノ酸に分類される。動物の体内では神経伝達物質としても機能している。

## サブスタンス P

神経系および消化管系などに存在するタキキニンペプチドの一つで，主に痛覚の伝達に関与する。

## 雀啄術

刺入した鍼を雀が啄むように上下に操作する方法のこと。

## 赤外線サーモグラフィ

物体表面から放射されている赤外線を分析して，温度分布を二次元的な画像として可視化する装置のこと。

## 赤外線サーモグラム

赤外線サーモグラフィにより得られた画像のこと。

## 旋撚術

刺入した鍼を左右に半回転ずつ捻りながら上下に操作する方法のこと。

## 置鍼術

刺入した鍼をしばらく留置した後に抜く方法のこと。

## 超音波検査法

整形外科領域で主に用いられる超音波検査法は、**B**モード法とドップラー法である。体表面から組織に向かって超音波を照射し、生体内の音響インピーダンスが異なる境界面からの反射波を検出することで、反射波の強さを白と黒で表示する画像表示モードのことを超音波 **B** モード法という。また、ドップラー効果を利用して血液からの反射波から、血流方向を赤と青を用いて識別し、その色の濃淡から血流速度を表示する方法のことを、超音波ドップラー法のなかでも超音波カラードップラー法という。血流速度の検出感度を上げて単色表示する方法は、超音波ドップラー法のなかでも、超音波パワードップラー法と呼ばれ、滑膜内や成長軟骨内の血流速度の遅い部位での血流評価に用いられる。

## 低周波鍼通電

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こと。



## 熱電対温度計

2種類の金属の閉回路の両接点に温度差を与えると、その温度差に対応した熱起電力が発生するという現象（ゼーベック効果）を利用して、温度を測定する温度計のこと。

## 鍼刺激

外傷・障害や病気などを患っていない対象に、鍼を行うこと。

## 鍼治療

外傷・障害や病気などを患っている対象に、鍼を行うこと。

## プロスタグランジン E2

動物の各組織、器官でアラキドン酸などの不飽和脂肪酸から合成される生理活性物質である、プロスタグランジンの一種のこと。生体では、炎症、血圧調整、胃液分泌、子宮筋収縮、血液凝固などに関与する。

## 表のタイトル一覧

表 1 - 1 ジャンパー膝の病期分類一覧

表 1 - 2 ジャンパー膝の病期別治療法

表 1 - 3 ジャンパー膝の病態別治療法

表 3 - 1 対象者の身体特性

表 3 - 2 J 群の病期分類

表 3 - 3 圧痛および STTP の結果一覧

表 3 - 4 STTP, STTP 回復率, STTP 変化率と圧痛の相関係数一覧

表 4 - 1 対象者の身体特性

表 4 - 2 J 群の病期分類

表 4 - 3 各測定項目の結果一覧

表 5 - 1 対象者の身体特性

表 5 - 2 J 群の病期分類

表 5 - 3 低周波鍼通電前の各測定項目の相関関係一覧

表 5 - 4 Vascularity とその他測定項目との単回帰分析結果一覧

表 5 - 5 低周波鍼通電前後の各測定項目の結果一覧

## 図のタイトル一覧

- 図 1 - 1 腱の病態モデル
- 図 1 - 2 正常な膝蓋腱
- 図 1 - 3 Reactive tendinopathy の膝蓋腱
- 図 1 - 4 Tendon dysrepair の膝蓋腱
- 図 1 - 5 Degenerative tendinopathy の膝蓋腱
- 図 1 - 6 Degenerative tendinopathy の膝蓋腱（超音波ドップラー法）
- 図 1 - 7 VISA score の質問紙
- 図 1 - 8 VISA score の質問紙の続き
- 図 3 - 1 寒冷負荷方法
- 図 3 - 2 赤外線サーモグラフィ
- 図 3 - 3 C 群における STTP 測定部位
- 図 3 - 4 赤外線サーモグラフィの設置方法および測定環境
- 図 3 - 5 マイクロ FET
- 図 3 - 6 実験プロトコル
- 図 3 - 7 圧痛の比較
- 図 3 - 8 寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP の経時的変化
- 図 3 - 9 J 群の寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の典型的な  
赤外線サーモグラム
- 図 3 - 10 C 群の寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の典型的な  
赤外線サーモグラム
- 図 3 - 11 Pre STTP と圧痛の関係
- 図 3 - 12 Post 0 分 STTP 回復率と圧痛の関係

- 図 3 - 13 Post 10 分 STTP 変化率と圧痛の関係
- 図 4 - 1 筋弾性計
- 図 4 - 2 膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の測定肢位
- 図 4 - 3 膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性の測定肢位
- 図 4 - 4 実験プロトコル
- 図 4 - 5 STTP の比較
- 図 4 - 6 圧痛の比較
- 図 4 - 7 踵殿距離の比較
- 図 4 - 8 膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の比較
- 図 4 - 9 膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性の比較
- 図 4 - 10 VISA score の比較
- 図 4 - 11 STTP と圧痛の関係
- 図 4 - 12 STTP と VISA score の関係
- 図 4 - 13 圧痛と VISA score の関係
- 図 4 - 14 踵殿距離と膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の関係
- 図 5 - 1 熱電対式デジタル温度計
- 図 5 - 2 圧痛計 FP メーター
- 図 5 - 3 片脚デクラインスクワットの実施方法
- 図 5 - 4 超音波検査装置
- 図 5 - 5 超音波検査の測定肢位および測定環境
- 図 5 - 6 Vascularity の測定対象部位
- 図 5 - 7 刺入部位
- 図 5 - 8 低周波鍼通電時の対象者の肢位
- 図 5 - 9 低周波鍼通電刺激装置

- 図 5 - 10 ディスポーザブルステンレス鍼
- 図 5 - 11 実験プロトコル
- 図 5 - 12 低周波鍼通電前の STTP と圧痛の関係
- 図 5 - 13 低周波鍼通電前の STTP と SLDS の関係
- 図 5 - 14 低周波鍼通電前の STTP と Vascularity の関係
- 図 5 - 15 低周波鍼通電前の STTP と VISA score の関係
- 図 5 - 16 低周波鍼通電前の圧痛と SLDS の関係
- 図 5 - 17 低周波鍼通電前の圧痛と Vascularity の関係
- 図 5 - 18 低周波鍼通電前の圧痛と VISA score の関係
- 図 5 - 19 低周波鍼通電前の SLDS と Vascularity の関係
- 図 5 - 20 低周波鍼通電前の SLDS と VISA score の関係
- 図 5 - 21 低周波鍼通電前の Vascularity と VISA score の関係
- 図 5 - 22 低周波鍼通電前後の STTP
- 図 5 - 23 低周波鍼通電前後の圧痛
- 図 5 - 24 低周波鍼通電前後の SLDS 時の疼痛
- 図 5 - 25 低周波鍼通電前後の Vascularity
- 図 5 - 26 VISA score の比較

## 本論文に関する業績

### 原著論文

1. 原賢二, 宮本俊和 : 赤外線サーモグラフィによるジャンパー膝の評価. 日本サーモロジー学会誌. 25 ; 40 - 44, 2005.
2. 原賢二, 宮川俊平, 宮本俊和 : 皮膚表面温度と圧痛によるジャンパー膝の重症度評価. 日本臨床スポーツ医学会誌. 19 ; 74 - 80, 2011.
3. 原賢二, 宮本俊和 : 寒冷負荷サーモグラフィによるジャンパー膝の評価. 日本サーモロジー学会誌. 33 ; 52 - 59, 2014.

### その他論文

1. 原賢二, 宮本俊和 : 膝関節のサーモグラフィ. 日本サーモロジー学会誌. 26 ; 94 - 97, 2007.
2. 宮本俊和, 原賢二, 西村博志, 矢野健太郎 : サーモグラフィによるスポーツ外傷・障害の評価. 日本赤外線学会誌. 14 ; 39 - 43, 2004.
3. 宮本俊和, 原賢二 : 運動器疾患のサーモグラフィガイドラインに向けて. 日本サーモロジー学会誌. 26 ; 91 - 93, 2007.
4. 宮本俊和, 原賢二, 小堀孝浩, 土門奏 : 赤外線サーモグラフィを用いた膝関節疾患の評価. 日本サーモロジー学会誌. 26 ; 128 - 130, 2007.

### 学会発表

1. 原賢二, 宮本俊和 : 赤外線サーモグラフィによるジャンパー膝の評価－寒冷負荷サーモグラフィによる試み－. 日本サーモロジー学会

第 22 回大会． 東京， 2005．

2. 原賢二， 宮本俊和；膝関節のサーモグラフィ． 日本サーモロジー学会第 23 回大会． 青森， 2006．

## 第 1 章 序論

### 1-1 ジャンパー膝に関する先行研究

#### 1-1-1 ジャンパー膝の定義

ジャンパー膝は、1973年に Blazina ら<sup>1)</sup>によってはじめて報告された。ジャンパー膝は、バスケットボール、バレーボール、走り幅跳び、走り高跳び、三段跳び選手など、跳躍動作を繰り返す選手に好発することからこの名がついている<sup>1)</sup>。主な症状は、膝蓋骨下端の膝蓋腱附着部の疼痛であるが、膝蓋骨上端の疼痛もジャンパー膝の定義には含まれる<sup>1)</sup>。

#### 1-1-2 膝蓋腱の解剖

超音波検査法を用いた健常膝およびジャンパー膝の膝蓋腱の解剖学的研究<sup>2)</sup>によると、健常者の膝蓋腱の長さは  $53 \pm 7\text{mm}$ 、膝蓋腱近位部の幅は  $33 \pm 3\text{mm}$ 、厚さは  $3.8 \pm 1.1\text{mm}$ 、膝蓋腱の長軸の中間点の幅は  $36 \pm 3\text{mm}$ 、厚さは  $3.9 \pm 0.7\text{mm}$  であり、膝蓋腱の水平面の断面積は、膝蓋腱近位部において  $99 \pm 29\text{mm}^2$ 、膝蓋腱中間点において  $108 \pm 20\text{mm}^2$  である。これに対してジャンパー膝では、膝蓋腱近位部の厚さおよび断面積においてのみ有意に大きな値を示し、それぞれ  $6.2 \pm 2.2\text{mm}$  (健常膝の 1.6 倍)、 $161 \pm 60\text{mm}^2$  (健常膝の 1.6 倍) であり、ジャンパー膝の膝蓋腱は膝蓋骨下端の附着部において特異的に肥厚していることが分かる。

Khan ら<sup>3)</sup>や Yu ら<sup>4)</sup>によれば最も障害が起こりやすい部位は、膝蓋腱の膝蓋骨附着部後内側部であるが、膝蓋骨の骨梁構造を調査した研究<sup>5)</sup>では、膝蓋骨の近位では骨梁の厚みは外側より内側で有意に大きかったと報告しているが、これは膝蓋骨近位では、内側と外側において機械的ス



トレスのかかり方が異なることを意味しており、ジャンパー膝の障害好発部位との関係が示唆される。

また、膝蓋腱は深層部で膝蓋骨に付着するのに対して、表層部は大腿四頭筋と膝蓋骨前方で直接連続していることから、膝蓋腱は大腿四頭筋の影響を直接受ける構造である<sup>5,6)</sup>。そのため、膝蓋靭帯と呼ぶのは不適切であり膝蓋腱と呼ぶべきとの意見もある<sup>6)</sup>。

膝蓋腱への血流は、内側下膝動脈の下行枝、外側膝動脈、前脛骨動脈反回枝から供給される<sup>6)</sup>。また、膝蓋腱の正常な血管はコラーゲン線維と同じく矢状面上の走行を持つ<sup>7,8)</sup>。

### 1-1-3 疫学調査

ジャンパー膝は、スポーツ外傷・障害の中でも最も頻度の高い障害の一つである<sup>9)</sup>。Lianら<sup>9)</sup>は、陸上競技、バスケットボール、アイスホッケー、オリエンテーリング、ロードサイクリング、サッカー、ハンドボール、バレーボール、レスリングの9種目のナショナルレベルのエリート選手613名を対象に、ジャンパー膝の発症率を調査した結果、87名(14.2%)の選手が罹患しており、既往歴を含めると138名(22.5%)の選手がジャンパー膝を経験していると報告した。また、種目別にみると、最も発症率が高かったのはバレーボール(44.6%)であり、次にバスケットボール(31.9%)という結果であった。ロードサイクリングおよびオリエンテーリングにおいてはその発症率は0%であったことから、ジャンパー膝の発症に関しては、競技種目の影響を強く受けることが示唆される。

また、ジャンパー膝の年齢と発症率の関係に着目すると、14～18歳の男女バスケットボール選手の7%とする報告<sup>10)</sup>や、16～18歳の男女バレー

ーボール選手の 11%<sup>11)</sup>、プロバレーボール選手の 36%<sup>2)</sup>、エリートバレーボール選手の 40～50%<sup>12,13)</sup>に発症するとの報告から、年齢が高く、競技年数が多く、競技レベルが高い選手ほどその発症率は高くなることが分かる。

ジャンパー膝は、軍隊におけるすべての軟部組織傷害の 15%を占めるという報告<sup>14)</sup>もあることから、その発症はスポーツ選手だけに限られたものではないことが分かる。

#### 1-1-4 発症要因

ジャンパー膝は、バレーボール選手やバスケットボール選手に頻発するのが特徴で<sup>1,15)</sup>、その発症要因は、跳躍動作による膝伸展機構のオーバーユースといわれている<sup>16-19)</sup>。また、跳躍動作だけでなく、サッカーに代表されるキック動作や、重量挙げ選手の高重量でのスクワット動作の繰り返しが原因となり発症することもある<sup>1,15,20)</sup>。

その発症要因としては、量的因子としての膝伸展機構の使いすぎが挙げられる<sup>16-19)</sup>。Ferretti<sup>21)</sup>は、トップバレーボール選手 407 名を対象に調査した結果、ジャンパー膝の発症率は練習量と強く相関すると報告した。また、高校バレーボール選手の学年と発症率の関係を調べた研究<sup>11)</sup>では、高学年に多く発症すると報告していることから、総練習量はジャンパー膝の発症に関与していると考えられる。

質的因子としては、ジャンパー膝という病名が示すように、跳躍動作に伴う膝蓋腱への大腿四頭筋の遠心性収縮による牽引力が考えられている<sup>15,22)</sup>。実際のジャンプの着地時には、膝蓋腱に体重の 6～8 倍もの力 (8kN) が加わり<sup>23)</sup>、歩行中にかかる力 (0.5kN) と比べると 12～16 倍

にもなる。Lian ら<sup>18)</sup>は、男性バレーボール選手では、垂直跳びにおいて跳躍高が高い値を示す選手ほどジャンパー膝を発症しやすいと報告した。また Cook ら<sup>24)</sup>は、男性バスケットボール競技者 71 名に対して膝蓋腱の超音波検査を行った結果、膝蓋腱に画像上の変性を認める選手は、変性のない正常な膝蓋腱の選手と比較して、垂直跳びの成績が良いことを明らかにしたことから、膝蓋腱への着地時の牽引力が発症要因の一つと考えられている。

内的因子に関しては、Blazina ら<sup>1)</sup>は膝蓋大腿関節のアライメント不良、膝蓋骨高位、膝蓋骨異常可動性、反張膝、外反膝、脛骨外旋を挙げている。また、Witvrow ら<sup>25)</sup>は、17 歳から 21 歳の男女学生 138 人（平均年齢 18.8 歳）を対象に、2 年間の prospective study を行った結果、大腿四頭筋およびハムストリングスの柔軟性低下が、ジャンパー膝発症の危険因子であると報告した。しかし、高校女子スポーツ選手のハムストリングスの柔軟性とジャンパー膝発症の関係はなかったとする prospective study<sup>26)</sup>もある。大学男子バレーボール選手を対象に、ジャンパー膝の身体特性を検討した研究<sup>27)</sup>では、大腿四頭筋の柔軟性には差がみられなかったが、ハムストリングスの柔軟性はジャンパー膝を有する選手において有意に低下していたと報告しており、大腿部の筋柔軟性に関しては、その危険因子としての意見は分かれている。

性差を検討した研究では、男性に起こりやすいとする報告<sup>28,29)</sup>もあるが、性差はないという報告<sup>25)</sup>もあり、一致した見解は得られていない。

危険因子に関する systematic review では、Henk ら<sup>30)</sup>は、ジャンパー膝の危険因子として高いエビデンスはないものの、体重、BMI (Body Mass Index)、ウエストヒップ比、脚長差、足部アーチ高、大腿四頭筋柔軟性、

ハムストリングス柔軟性，大腿四頭筋筋力，垂直跳びの跳躍高の 9 つの項目について，ある程度のエビデンスがあると結論づけた．また，Ivo ら<sup>31)</sup>は，1 週間あたり 12 時間以上の練習，1 週間あたり 5 時間以上のウェイトトレーニング，硬いサーフェスでの練習の 3 つの要素が，それぞれ単独でも複合でもバレーボールおよびバスケットボールを行ううえでの危険因子であるが，この他には特定の危険因子はみあたらないと報告した．このように，ジャンパー膝の発症要因については，一定の見解が得られていないため，今後の研究が必要である．

ジャンパー膝の大腿部筋柔軟性は，ジャンパー膝発症の危険因子として着目され，多くの研究が行われているが，ジャンパー膝の重症度との関係を検討した研究はみあたらない．そのため，今後はジャンパー膝の重症度と大腿部筋柔軟性に関する検討が必要であると考えられる．

### 1 - 1 - 5 病理学的所見

ジャンパー膝の組織病理学的研究では，Khan ら<sup>32)</sup>は，肉眼的には黄褐色の分裂した組織が観察され，光学顕微鏡検査では，コラーゲン線維の正常な配列の消失が観察されたと報告した．このコラーゲン線維の配列の乱れた部位に増殖した細胞外基質が入り込むため，コラーゲン線維には裂溝ができ，その連続性が失われる．また壊死組織などの，微細損傷を示唆する所見がみられる．いくつかの研究により得られた一致した病理学的見解は，コラーゲン線維の変性，血管新生，膝蓋腱の肥厚である<sup>12,16,33)</sup>が，これらはそれぞれジャンパー膝の病態の進行程度を示唆する所見といえるかもしれない．Hoksrud ら<sup>34)</sup>は，ジャンパー膝の症状を有する 79 膝に対して，超音波ドップラー法を用いて膝蓋腱を観察した結果，

膝蓋腱の変性なくして肥厚は起こらないこと、また膝蓋腱の肥厚なくして血管新生は起こらないことを報告した。この報告と同様の結果を示す研究が散見<sup>35-37)</sup>されることから、コラーゲン線維の変性が起こった後に膝蓋腱の肥厚が起こり、そして血管新生へとつながる可能性が示唆されている。

Alfredson ら<sup>38)</sup>は、ジャンパー膝の膝蓋腱および健常者の膝蓋腱を対象に、microdialysis 法を用いてグルタミン酸およびプロスタグランジン E<sub>2</sub> について検討した結果、ジャンパー膝の膝蓋腱は、興奮性神経伝達物質であるグルタミン酸が健常膝の膝蓋腱と比較して多いが、炎症を示唆するプロスタグランジン E<sub>2</sub> は正常範囲であることを報告した。また、Bjur ら<sup>39)</sup>は、ジャンパー膝と病態が類似している、変性したアキレス腱の血管分布部で生体組織検査をした結果、血管近くから神経組織を確認している。さらに、Forsgren ら<sup>40)</sup>は、痛覚の伝達物質であるサブスタンス P、サブスタンス P と高い親和性を持つ Neurokinin-1 (NK-1) レセプターを膝蓋腱の血管内壁から見つけたと報告した。

古くからジャンパー膝は、その臨床症状から膝蓋腱炎 (patellar tendinitis) と呼ばれるが、慢性的なジャンパー膝においては、膝蓋腱自体には炎症は起こっていないと考えられるため<sup>32,38,41)</sup>、炎症を示す patellar tendinitis は不適當であり、コラーゲン線維の変性を示す patellar tendinosis とするか、臨床症状を示す patellar tendinopathy と呼ぶ方が適切である<sup>6)</sup>。

#### 1-1-6 病態生理

ジャンパー膝はアキレス腱障害やテニス肘と同じように、腱への繰り返しの負荷によって生じる障害である。腱は 3~8%の伸張ストレスによ

り微細損傷が引き起こされる<sup>42)</sup>。この微細損傷が起こると、コラーゲン線維がお互いに入り込むことによって、クロスリンクが消失する<sup>43)</sup>のが特徴である。腱の代謝率は低いため<sup>44)</sup>、腱の修復能を超えた過負荷が腱へ繰り返されると微細損傷は蓄積されてしまう<sup>45)</sup>。そして不適切な修復が線維芽細胞のサイクルに悪循環を引き起こすことで、さらにその修復能を低下させ、障害発症に至ると考えられている<sup>42)</sup>。

炎症反応を伴う急性期の腱炎は適切な処置が施されれば3~6週間で修復治癒する<sup>46)</sup>と考えられているが、腱への過負荷が繰り返され、十分な修復が得られない状態が続くと、6週間から3ヶ月のうちに最終的には腱内部に変性部分が形成され<sup>46,47)</sup>、この状態になると、炎症所見はみられないといわれている<sup>6)</sup>。このような正常な配列を失ったコラーゲン線維は、腱自体の質が低下しており、抗張力 (tensile strength) が減少<sup>46,47)</sup>した結果、腱の断裂を招く<sup>48,49)</sup>可能性がある。また、腱の変性が進んだ最終的な状態は修復の可能性が低いと考えられている<sup>50)</sup>ため、ジャンパー膝の治療は、その症状の程度を適切に評価し、症状、病態に応じた適切な対応をとることが何より重要である。

Cook ら<sup>50)</sup>は 2008 年に腱の病態モデルを提唱した (図 1 - 1)。このモデルによると正常な腱 (図 1 - 2)<sup>51)</sup>に過剰な負荷がかかることによって、順に「Reactive tendinopathy (図 1 - 3)<sup>51)</sup>」, 「Tendon dysrepair (図 1 - 4)<sup>51)</sup>」, 「Degenerative tendinopathy (図 1 - 5, 図 1 - 6)」へと病態が進行するとしている。

Reactive tendinopathy は、腱への一過性の過負荷に対する短期的な適応で、腱への負荷を軽減するために増殖性の反応を起こした状態と考えられている。この最初の反応はプロテオグリカンの増殖であり、これによ

りコラーゲン線維の変化が生じる。この時期のコラーゲン線維の多くは正常であるが、いくつかの分裂像がみられることもある。しかし、この時期に血管新生がみられることはない。また、超音波画像では腱の紡錘状の肥大および全体的な低エコー像が確認できるが、コラーゲン線維の配列はほぼ正常である（図 1 - 3）<sup>51)</sup>。

**Tendon dysrepair** は、**Reactive tendinopathy** と同様に治癒し得る段階であるが、**Reactive tendinopathy** と比べるとより多くの細胞外基質の崩壊が起こっている状態と考えられている。コラーゲン線維の分裂部にはプロテオグリカンが存在しているが、この他にも軟骨細胞や筋線維芽細胞が至るところに増殖しており、**Reactive tendinopathy** と比較すると細胞外基質の変性はより変化に富む。この時期の超音波画像所見は、**Reactive tendinopathy** と同様に、肥大した腱が描出されるとともに、コラーゲン線維が分裂して連続性が消失した部位に、低エコー像の小さな病巣部分が観察されるのが特徴である（図 1 - 4）<sup>51)</sup>。超音波ドップラー法を用いると、新生血管の増殖が血管分布像（以下 **Vascularity**）として確認されることがある。そして、この新生血管には神経線維が入り込んでいるといわれる<sup>52)</sup>。この時期は、腱への負荷を適切にマネジメントすることと、細胞外基質を刺激する大腿四頭筋の遠心性トレーニングを実施することで、修復の可能性はまだ残されていると考えられている。

**Degenerative tendinopathy** の状態に進行すると元の状態へ修復する可能性はほとんどないと考えられている。この **Degenerative tendinopathy** は、**Tendon dysrepair** の時期からさらに細胞外基質の変性が進行した状態であり、**apoptosis** によって細胞が死滅した部位では、腱細胞も消失する<sup>53)</sup>。その結果として、この部位の大部分の細胞外基質は無細胞性の無秩序な

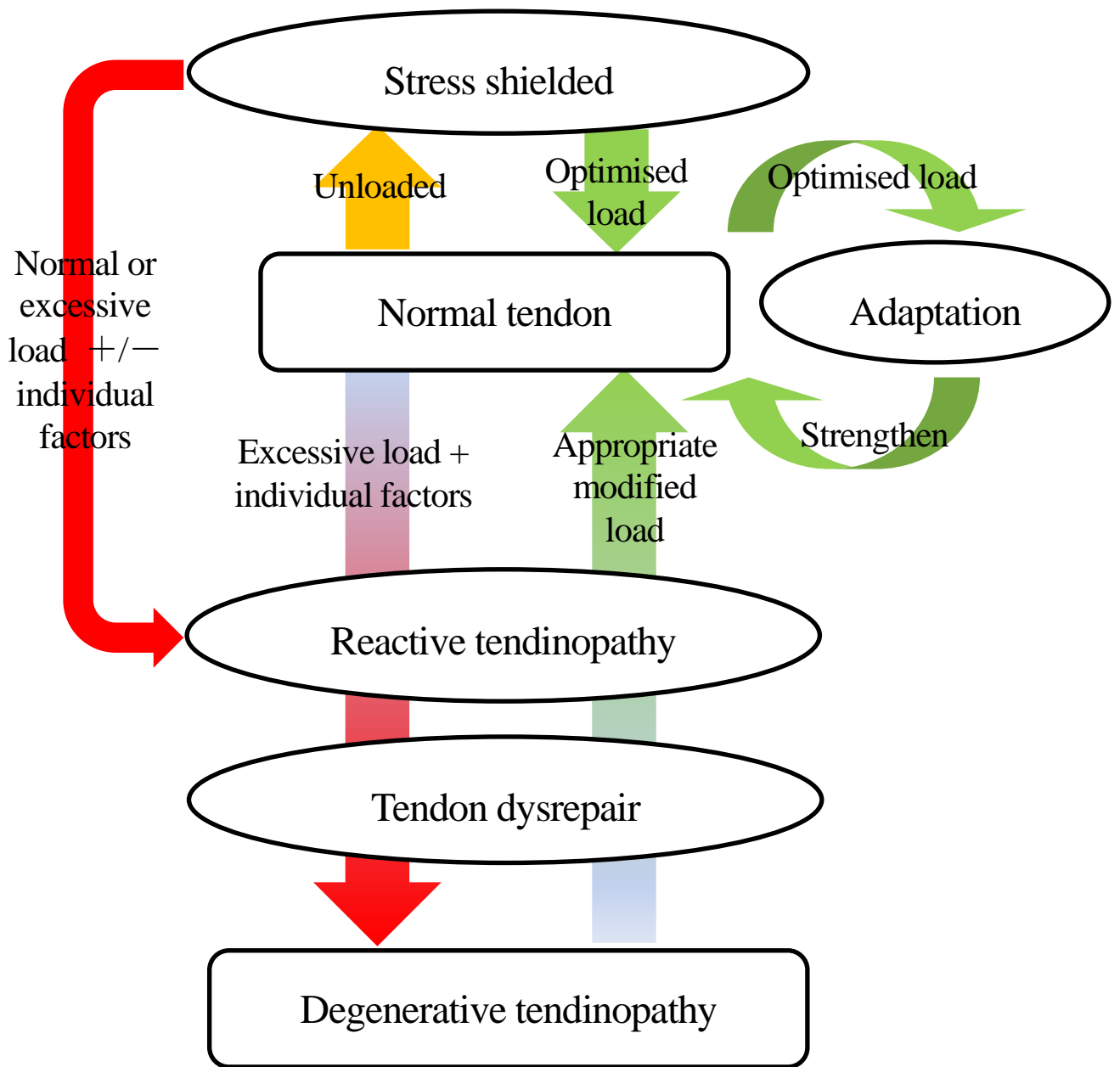
組織になり，コラーゲン線維はほとんどみられない（図 1 - 5）．また，この部位は多くの新生血管で埋め尽くされる（図 1 - 6）．

この時期の超音波画像所見の特徴は，正常なコラーゲン線維像の消失である．他の時期と同様に低エコー像も確認でき，超音波ドップラー法を用いることで，低エコー像を示す部位に多くの血流を観察することができる．

腱断裂をした 891 名の組織病理学的検討をした研究<sup>49)</sup>では，その 97% に腱の変性がみられたと報告している．また，**Degenerative tendinopathy** まで病態が進行すると，元の状態へ治癒する可能性が低いだけでなく，慢性的な疼痛による競技力低下が起こり，腱に強い負荷が加わった際には断裂する危険性がある<sup>48)</sup>．そのため，ジャンパー膝の対応としては，**Degenerative tendinopathy** まで病態を進行させないように，発症早期に適切な評価のもとに適切な治療およびアスレティックリハビリテーションを実施することが重要である．

このような組織病理学的所見は，膝蓋腱の膝蓋骨付着部後方に最も多くみられ<sup>54)</sup>，疼痛の好発部位とも一致する<sup>4)</sup>が，その原因についてはいまだ明確な結論はない．膝屈曲時に膝蓋骨下端が膝蓋腱を挟むことでインピンジメントが起こるという説<sup>55)</sup>も存在するが，膝伸展時での疼痛などの臨床症状との関係については議論の余地が多い．





Pathology continuum; this model embraces the transition from normal through to degenerative tendinopathy and highlights the potential for reversibility early in the continuum. Reversibility of pathology is unlikely in the degenerative stage.

図 1 - 1 腱の病態モデル (Cook ら<sup>50)</sup>)

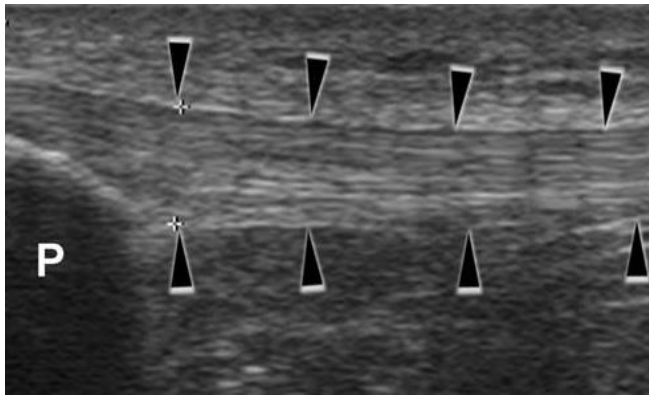


図 1 - 2 正常な膝蓋腱

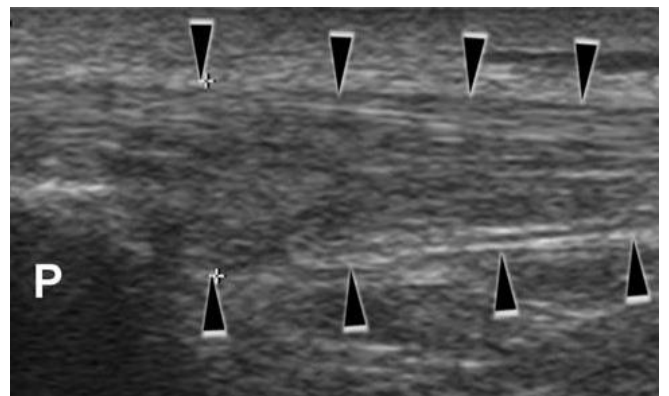


図 1 - 3 Reactive tendinopathy の膝蓋腱

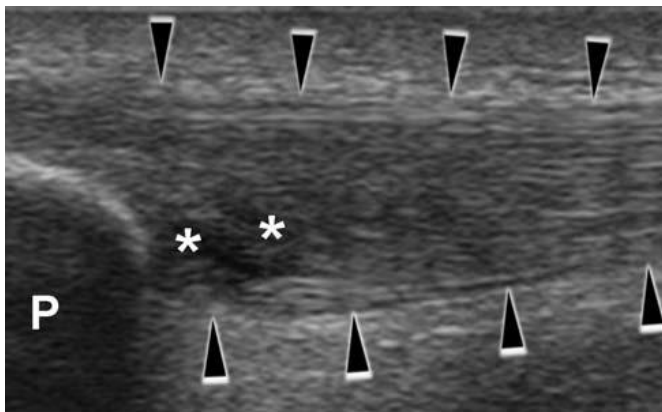


図 1 - 4 Tendon dysrepair の膝蓋腱

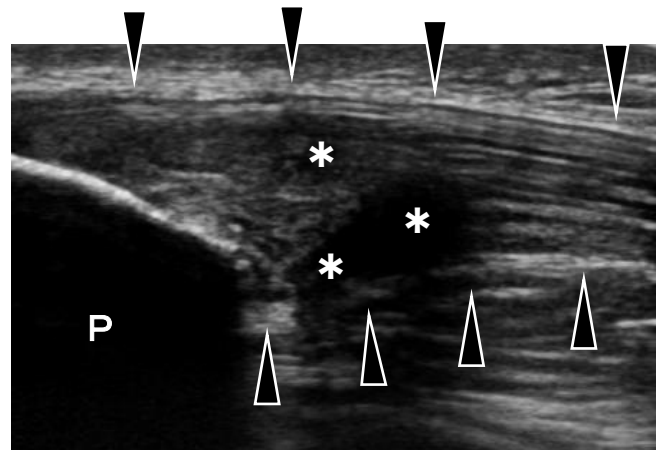


図 1 - 5 Degenerative tendinopathy の膝蓋腱

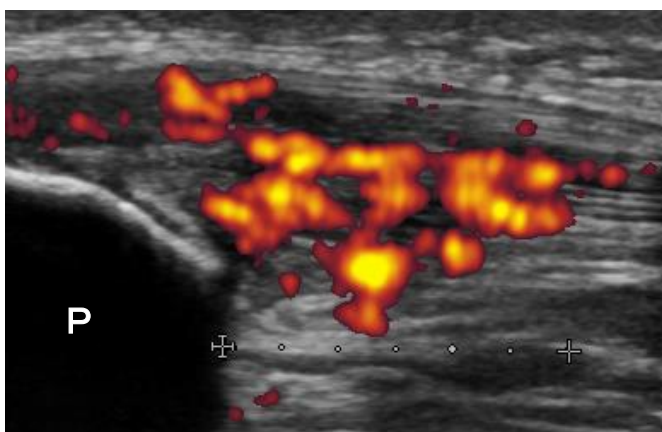


図 1 - 6 Degenerative tendinopathy の膝蓋腱  
(超音波ドップラー法)

- ・ 図の P は膝蓋骨を表す.
- ・ 図の \* は病巣部を表す.

### 1-1-7 臨床症状

ジャンパー膝は初期段階では痛みが軽く、無理をすれば何とか競技を続けることができるため、症状の重症化・慢性化につながり、再発を繰り返すことで、治癒が困難になってしまう場合が多く<sup>56)</sup>、競技者および医療スタッフを悩ませる障害である。

ジャンパー膝の主な自覚症状は運動時痛で、特に荷重位での膝関節屈伸時に疼痛が生じる<sup>57)</sup>。スポーツ活動では、跳躍動作のほかに走行中の急停止や急な方向転換など、患側での急激な荷重を必要とする場合に痛みが増強するため、競技力の低下は避けられない<sup>9,57)</sup>。

Ferretti ら<sup>17)</sup>は、ジャンパー膝の疼痛部位は、膝蓋骨下端から膝蓋腱付着部、膝蓋骨上端から大腿四頭筋腱付着部、膝蓋腱中央から脛骨粗面の膝蓋腱付着部の順に多く、膝蓋骨下端から膝蓋腱付着部の痛みが 65%を占めると報告した。また、他覚症状は乏しいが、大腿四頭筋の萎縮<sup>57)</sup>や大腿四頭筋の筋力低下<sup>58)</sup>が挙げられる。

### 1-1-8 診断および検査法

ジャンパー膝の診断は、圧痛や動作時痛、抵抗時痛などの典型的な症状により行われるが、必要に応じて X 線撮影や超音波検査、磁気共鳴画像法 (Magnetic Resonance Imaging : 以下 MRI) 検査などによる画像診断も行われる。

X 線検査では、原則的には異常は認めないが、進行例において膝蓋骨下端の透亮像、不整像、骨棘形成がみられる場合がある<sup>1)</sup>。

超音波検査は、低侵襲、低コストなどの利便性に優れるのが特徴である。さらに、超音波 B モード法による形態検査だけでなく、超音波ドッ

プラー法により血流動態の評価ができることから、ジャンパー膝の画像診断としての第一選択肢に考えられるようになってきている<sup>6)</sup>。また、近年の画像処理技術の進歩により、その分解能が飛躍的に改善され、組織が鮮明に描出できるようになったことも超音波検査が、ジャンパー膝の診断に多く利用される理由といえる。超音波検査では、診断だけでなく、治療法の選択、術前の病巣範囲の確認、病態進行のモニタリングにおいてその有用性を報告する研究がある<sup>59,60)</sup>。また、Fritschy ら<sup>61)</sup>は、膝蓋腱の解剖学的変性を超音波画像の特徴的所見から 3 つのステージに分類(表 1 - 1) し、それぞれの病期における特徴を示している。

また、Popp ら<sup>62)</sup>は、ジャンパー膝に対する MRI 検査を実施した結果、その全例において膝蓋腱近位 1/3 の部分的肥厚を認めたことから、その検査の有用性を報告している。このように、超音波および MRI による画像検査は、ジャンパー膝の診断に大きく役立つが、超音波や MRI の画像で確認できる膝蓋腱の肥厚は、ジャンパー膝に特異的なものとは限らず、ジャンパー膝の症状がなくても膝蓋腱の肥厚が起こることが報告されている<sup>10,11,63)</sup>。また、これらの検査法は解剖学的な変性を評価するものであり、症状の程度や回復過程を表すとは限らず、また治癒したかどうかを判断する信頼ある基準になるとは限らない<sup>63-65)</sup>ため、ジャンパー膝の検査法としては解剖学的な変性を評価するとともに、その機能的側面を客観的に検査する方法が必要といえる。

そのほかの検査法としては、超音波ドップラー検査、赤外線サーモグラフィ検査がある。これまでに、超音波ドップラーを用いた多くの研究により、ジャンパー膝の症状を有する膝蓋腱において血管新生と血流の増加が確認されている<sup>66,67)</sup>。Cook ら<sup>7)</sup>は、超音波画像において異常所見

がみられるジャンパー膝選手の膝蓋腱内の Vascularity の有無を調べ、Vascularity の有無と片脚デクラインスクワット (Single Leg Decline Squat : 以下 SLDS) の動作時痛および機能評価スコアとの関係を検討した結果、Vascularity を有するジャンパー膝の方が Vascularity を有さないジャンパー膝よりも SLDS 時の疼痛が強いことを明らかにし、Vascularity の評価の重要性を示唆した。

ジャンパー膝の新生血管の評価は、Cook ら<sup>7)</sup>や Malliaras ら<sup>8)</sup>のように Vascularity の有無による二分類の評価だけでなく、これまでいくつかの評価方法を用いた研究が行われている。Gisslen ら<sup>68)</sup>は、新生血管の数から、新生血管がないものを「0」、膝蓋腱内に 1 つまたは 2 つ確認できるものを「1」、それ以上のものを「2」とする 3 段階評価を用いた。また、Gisslen ら<sup>11,69)</sup>は、新生血管がないものを「0」、膝蓋腱の外に新生血管があるものを「1」、膝蓋腱内に 1 つまたは 2 つ確認できるものを「2」、それ以上のものを「3」とする 4 段階評価も用いている。

しかし、これらはいずれも grade 分類であるため、膝蓋腱内の Vascularity の総量や割合を定量評価する方法にはならないという問題がある。Cook ら<sup>70,71)</sup>は、すべての Vascularity を線で表して、その長さを測定することで定量評価を試みたが、この測定方法では大きくまとまった Vascularity では線を引くことが難しいという問題が指摘されている<sup>72)</sup>。

これに対して、超音波ドップラー法で得られた画像を、画像処理ソフトを用いて、Vascularity を表すカラーピクセルと、その他の部分を表すグレースケールで描かれたピクセル数をカウントすることで、ある特定エリア内の Vascularity の程度を算出する方法も報告されている<sup>72,73)</sup>。この評価法はその方法論が明確であるところが利点であり、さらにこの

Vascularity の程度とジャンパー膝の症状の関係性も報告されていることから、新生血管の定量評価として今後さらに活用される方法であると考えられる。

赤外線サーモグラフィを用いたジャンパー膝の検査に関する研究<sup>74-78)</sup>は少ないが、疼痛部が特異的に高温像を示すことが報告されていることから、超音波ドップラー法により確認されている膝蓋腱内の血管新生を捉えている可能性があり、その測定法の特徴である非侵襲性、簡便性、客観性を考えると、ジャンパー膝の新たな検査法として今後の活用が期待される。

#### 1-1-9 病期分類および評価法

ジャンパー膝の病期分類について最初に報告したのは、Blazina ら<sup>1)</sup>であり、症状と機能障害に基づいて 3 相に分類した (表 1-1)。その後、Roels ら<sup>16)</sup>は、Blazina らの分類<sup>1)</sup>をわずかに修正して 4 相に分類した (表 1-1)。また、Fritschy ら<sup>61)</sup>は臨床症状ではなく、超音波画像所見から 3 相に分類した (表 1-1)。これらの分類は広く活用されてきたが、最大で 4 相の分類であることから、明らかに異なる症状を持ち、異なる治療法が必要なジャンパー膝でも同じ相に分類されてしまうことがある点が問題に挙げられている<sup>6,79)</sup>。

また、Cook ら<sup>50)</sup>は前述のごとく、ジャンパー膝をその特徴的な病態から 3 つのステージに分類した (図 1-1)。

病期分類ではなく、100 点満点のスコアでジャンパー膝の重症度を評価する方法として Victorian Institute of Sport Assessment (以下 VISA) score<sup>79)</sup>がある (図 1-7, 図 1-8)。VISA score は、ジャンパー膝の重症度を評

価するために作成されたものであり，その信頼性と再現性が証明されており<sup>79)</sup>，その他の病期分類と比べてジャンパー膝の評価法として適していると考えられている<sup>6,79)</sup>。

表 1 - 1 ジャンパー膝の病期分類一覧<sup>1,16,61)</sup>

	<b>Blazina</b>	<b>Roels</b>	<b>Fritschy</b>
<b>Phase 1</b>	Pain after activity only. No undue functional impairment.	Pain at the infrapatellar or suprapatellar region after practice or after an event.	Pure inflammatory stage: initial stage, characterized by edema of the tendon fibers. The tendon is swollen and thickened but still presents a homogenous appearance.
<b>Phase 2</b>	Pain during and after activity. Still able to perform at a satisfactory level.	Pain at the beginning of the activity, disappearing after "warming up" and reappearing after completion of activity.	Stage with irreversible anatomical lesions: The tendon has a heterogeneous appearance. There are hypoechoic and envelope is more or less well defined but may have a variable appearance.
<b>Phase 3</b>	Pain during and after activity and more prolonged. Patient has progressively increasing difficulty in performing at a satisfactory level.	The pain remains during and after activity and the patient is unable to participate in sports.	Final stage of lesion: The tendinous envelope is irregular and thickened and the tendon fibers appear heterogeneous, but the swelling has disappeared.
<b>Phase 4</b>	—	Represents a complete rupture of the tendon.	—



# VICTRIAN INSTITUTE OF SPORT ASSESSMENT SCALE

**1. For how many minutes can you sit pain-free?**

0 mins             100 mins POINTS

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**2. Do you have pain walking downstairs with a normal gait cycle?**

Strong severe pain             No pain POINTS

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**3. Do you have pain at the knee with full active non weight bearing knee extension?**

Strong severe pain             No pain POINTS

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**4. Do you have pain when doing a full weight bearing lunge?**

Strong severe pain             No pain POINTS

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**5. Do you have problems squatting?**

Unable             No problem POINTS

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**6. Do you have pain during or immediately after doing 10 single leg hops?**

Strong severe pain /unable             No pain POINTS

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

図 1 - 7 VISA score の質問紙 <sup>79)</sup>

**7. Are you currently undertaking sport or other physical activity?**

- 0  Not at all
- 4  Modified training ± modified competition
- 7  Full training ± competition but not at same level as when symptoms began
- 10  Competing at the same or higher level as when symptoms began

POINTS

**8. Please complete EITHER A, B or C in this question.**

- If you have **no pain** while undertaking sport please complete **Q8a only**.
- If you have **pain while undertaking sport but it does not stop you** from completing the activity, please complete **Q8b only**.
- If you have **pain that stops you from completing sporting activities**, please complete **Q8c only**.

**8a. If you have no pain while undertaking sport, for how long can you train / practise?**

- NIL  0
- 0-5mins  7
- 6-10mins  14
- 11-15mins  21
- >15mins  30

POINTS

**8b. If you have some pain while undertaking sport, but it does not stop you from completing your training / practice, for how long can you train / practice?**

- NIL  0
- 0-5mins  4
- 6-10mins  10
- 11-15mins  14
- >15mins  20

POINTS

**8c. If you have pain that stops you from completing your training / practice, for how long can you train / practice?**

- NIL  0
- 0-5mins  2
- 6-10mins  5
- 11-15mins  7
- >15mins  10

POINTS

**TOTAL VISA SCORE**

図 1 - 8 VISA score の質問紙の続き <sup>79)</sup>

### 1-1-10 治療法

ジャンパー膝の治療法は、これまで Blazina<sup>1)</sup>らが病期分類に応じた内容を提案し、これを Roels ら<sup>16)</sup>が修正を加えて提唱したものが広く用いられてきた (表 1-2)。また、Cook ら<sup>50)</sup>は自身が提唱したジャンパー膝の病態モデルを大きく二つに分類し、それぞれの病態に応じた治療法をまとめている (表 1-3)。Cook ら<sup>50)</sup>がまとめた治療法の **physical management** に着目すると、初期では膝蓋腱への負荷を軽減することを重要視しているが、後期では腱の変性が進んだ状態であるため、腱の安静ではなく、大腿四頭筋の遠心性トレーニングを勧めているのが特徴である。以下に代表的なジャンパー膝の治療法に関する先行研究を紹介する。

非ステロイド抗炎症薬は、変性が生じている非炎症性の状態にある慢性のジャンパー膝に対する効果についての決定的なエビデンスはないといわれている<sup>80,81)</sup>。急性の腱の痛みに対して効果を認めた報告<sup>82,83)</sup>もあるが、腱の変性が生じている状態の治療法としての非ステロイド抗炎症薬の使用はエビデンスに基づかない選択である。

コルチコステロイドについては、一般的に短期間では除痛効果を示す報告が多い<sup>84-86)</sup>が、長期的にはその効果は好ましいものではないようである<sup>87)</sup>。ジャンパー膝の多くは非炎症性の状態であることと、ステロイドにはコラーゲン合成や腱の強度に悪影響を及ぼす可能性<sup>88)</sup>があることから、その使用は慎重であるべきといえる。

ジャンパー膝の疼痛の原因が新生血管の増殖に伴う **neurovascular ingrowth** であると考えられている<sup>8,50)</sup>ことから、膝蓋腱内の新生血管に対する **sclerosing therapy** が近年海外で行われており、この治療法に関しては、無作為化比較試験においてその有効性が明らかにされた<sup>34)</sup>。また、

この治療法の長期成績を検討した 44 ヶ月の follow-up study<sup>89)</sup>によって大部分の対象者に長期的効果が確認された。この治療法は、膝蓋腱内の血管を硬化させることで疼痛軽減効果を得ているが、他の方法であっても膝蓋腱内の Vascularity の程度を減らすことができれば、同じように疼痛軽減効果が得られる可能性があるため、sclerosing therapy 以外の治療法の効果を検討する際にも Vascularity の変化を評価することが有用であると考えられる。

アスレティックリハビリテーションの分野では、大腿四頭筋の遠心性トレーニングの有効性を示す研究が多い<sup>90-93)</sup>。この遠心性トレーニングでは、コラーゲン線維の異常がみられる腱において、そのコラーゲン生成を増加させる効果が確認されている<sup>94)</sup>。また、遠心性トレーニングにより、腱の変性が改善したとの報告<sup>95,96)</sup>もあり、さらに腱内の Vascularity の減少を確認した研究<sup>97)</sup>もあることから、ジャンパー膝のアスレティックリハビリテーションとして、今後さらに重要視されることが考えられる。

表 1 - 2 ジャンパー膝の病期別治療法 (Roels ら<sup>16)</sup>)

<b>Program of treatment</b>	
<b>Phase 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adequate warming up.</li> <li>• Local anti-inflammatory treatment and anti-inflammatory drugs during 10 to 14 days.</li> <li>• Physiotherapy</li> <li>• Elastic knee support.</li> <li>• No injections.</li> </ul>
<b>Phase 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Same as in Phase 1.</li> <li>• Some form of heat before activity.</li> <li>• Injection of steroids(?) but the patient should be made aware of the potential hazards.</li> </ul>
<b>Phase 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Same as in Phase 2.</li> <li>• Prolonged period of rest.</li> <li>• Either give up sports or consider surgery.</li> </ul>
<b>Phase 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surgery.</li> </ul>

表 1 - 3 ジャンパー膝の病態別治療法 (Cook ら<sup>50)</sup>)

<b>Stage</b>	<b>Pharmacological management</b>	<b>Physical management</b>
Reactive tendinopathy / early tendon dysrepair	Tenocyte inhibitors (ibuprofen, celecoxib, corticosteroid), aggrecan inhibitors (ibuprofen, naproxen sodium, indomethacin)	Load management Reduction in frequency ± intensity of tendon load
Late tendon dysrepair / degeneration	Prolotherapy (including blood), aprotinin, sclerosing therapy, glyceryl trinitrate	Exercise with eccentric component, ESWT, frictions, ultrasound

ESWT ; extracorporeal shock wave therapy

## 1-2 皮膚表面温度に関する先行研究

### 1-2-1 皮膚表面温度の測定方法

皮膚表面温度の測定は、熱電対温度計あるいは赤外線サーモグラフィにより行われることが多い。前者は皮膚に直接接触して測定対象のうちのある一点の表面温度を測定するのに対して、後者は露出しているすべての面の表面温度を皮膚に直接接触することなく測定することが可能であることと、広範囲を同時に測定することができるのが特徴である<sup>98)</sup>。

熱電対による温度測定の原理は、2種類の金属の閉回路の両接点に温度差を与えると、その温度差に対応した熱起電力が発生するという現象（ゼーベック効果）を利用している。熱起電力の大きさは2つの金属の種類と両接点の温度によって決まり、金属の形状や大きさには無関係であるため、2つの金属の種類と熱起電力の大きさおよび片側の接点の温度が分かっているならば、もう片方の接点の温度を知ることができるわけである<sup>99)</sup>。

絶対温度が 0K（ $-273^{\circ}\text{C}$ ）より高温の物体表面、つまり宇宙のすべての物体表面から、その表面温度に対応した赤外線を放射しているため、その赤外線を分析することで物体表面の温度を知るのが赤外線サーモグラフィを用いた温度の測定原理である。また、赤外線サーモグラフィとは、物体表面から放射されている赤外線を分析して、温度分布を二次元的な画像として可視化する装置のことをいい、赤外線サーモグラフィにより得られた画像を赤外線サーモグラムという<sup>100)</sup>。

赤外線サーモグラフィの利点は、測定部位を温度分布として捉えて可視化情報として表示できるため、一点の温度情報だけでなく、周辺部位の状態も同時に観察できること、測定部位から離れたところから非接触的に温度を測定するため計測による温度変化を生じさせないこと、継続

的に繰り返し測定できることなどが挙げられる。また、欠点としては、測定装置が高価であること、測定部位の状態の影響を受けることなどがある。

また、熱電対温度計の利点は、その測定方法が簡便であること、測定機器が廉価であることなどが挙げられるが、欠点として、一点のみの測定になるため、測定の目的によっては測定ポイントの選択が難しくなること、接触的に計測するため、少なからず皮膚表面温度に影響を与える可能性があることなどが挙げられる<sup>98,101)</sup>。

実際の測定の際は、測定部位の特徴、必要とする精度、簡便性、コストなどを考慮して測定方法を決定することになるが、熱電対と赤外線サーモグラフィの特徴から、健側と患側の比較など、広い範囲での評価が必要であれば赤外線サーモグラフィを用いるべきといえるが、圧痛部などのある特定部位の皮膚表面温度のみの評価であれば、測定部位への接触による測定精度の低下という欠点が生じる可能性はあるが、その廉価で小型な測定機器という特徴から、臨床的には熱電対温度計を用いることの有用性は十分あると考えられる。

### 1-2-2 皮膚表面温度を評価指標とした研究分野

熱電対温度計を用いた研究は数多く行われているが、ジャンパー膝の評価に用いた研究は行われていない。しかし、運動負荷に対する全身反応の評価として四肢末梢の皮膚表面温度を評価する研究<sup>102)</sup>や、鍼刺激による末梢循環の影響を検討した研究<sup>103)</sup>などで熱電対が用いられている。ジャンパー膝のように疼痛部に特異的な温度上昇をみる障害<sup>74-78)</sup>においては、赤外線サーモグラフィとともに、熱電対を用いた皮膚表面温度の

測定が有用であると考えられるため、今後の臨床応用が期待される。

医療分野の赤外線サーモグラフィは、人体の皮膚表面温度の分布を画像化し、各種疾患の診断を行うことを目的とした検査法であり、その検査対象となる主な疾患は、糖尿病などの代謝性疾患<sup>104-106)</sup>や、レイノー病や閉塞性動脈硬化症などの脈管系疾患<sup>107-112)</sup>、変形性膝関節症や慢性関節リウマチ<sup>113-119)</sup>などの関節疾患などがある。

膝関節に対して赤外線サーモグラフィを用いた研究をまとめると、ジャンパー膝<sup>74-78)</sup>と有痛性分裂膝蓋骨<sup>75)</sup>の選手に対して寒冷負荷サーモグラフィを用いて高温ポイントを観察することで、障害部位に対する評価の有用性を示唆する報告や、膝蓋大腿関節の痛みを訴える選手に対する赤外線サーモグラフィを用いた診断に関する報告<sup>120,121)</sup>がある。また、変形性膝関節症に関しては、赤外線サーモグラフィにより安静時の炎症症状をとらえることで、病態の評価、治療効果の判定、治療経過観察の有用性を示唆している<sup>113-116)</sup>。また、慢性関節リウマチでは、赤外線サーモグラフィを、病態の評価<sup>117,118)</sup>や、術後の評価、経過観察として用いている<sup>119)</sup>。

また、膝関節は肩関節や股関節と比較して、関節が表在にある、皮下に熱源となる軟部組織が少ない、両側同時に撮像できるという点から赤外線サーモグラフィを用いた評価に適した関節であるといえる<sup>119)</sup>。

### 1-2-3 皮膚表面温度によるジャンパー膝の評価

宮本ら<sup>75,76)</sup>はジャンパー膝に対して、負荷試験としての寒冷負荷ではなく、通常スポーツ現場で用いられているアイシング（アイスパックを用いた15分間のアイシング）を行い、その後の膝関節周辺の皮膚表面温



度の変化を観察した。その結果、アイシング後には疼痛部から特異的な温度上昇がみられることから、障害部位の評価法として圧痛部皮膚表面温度（Skin Temperature of the Tender Point：以下 STTP）を評価することの有用性を報告した。

その後、原ら<sup>74)</sup>は、通常アイシングとしての冷却ではなく、10℃の冷水を入れた氷嚢を用いて、ジャンパー膝と健常膝に対して寒冷負荷試験を行った結果、ジャンパー膝は健常膝に比べて障害部が高温を示すこと、また寒冷負荷終了後の温度上昇パターンがジャンパー膝と健常膝において異なることを報告し、ジャンパー膝の評価法としての寒冷負荷試験の有用性を示唆した。しかし、この研究では、圧痛以外のジャンパー膝の身体的所見との関係をみていないこと、寒冷負荷試験の最適な時間や寒冷負荷試験の評価指標などに関する検討をおこなっていないことを今後の課題とした。

また、原ら<sup>77)</sup>は、圧痛および VISA score と安静時の STTP との関係を検討した結果、STTP と圧痛および VISA score はともに相関関係にあることを明らかにし、ジャンパー膝においては、STTP を評価することの重要性を示した。しかし、これらの研究では、画像所見との関係を確認していないことから、STTP が高値を示すメカニズムについては、超音波検査などによる画像所見との関係を検討することが今後の課題であると考察している。

#### 1-2-4 寒冷負荷試験

生体において皮膚表面温度は、放射熱・対流放散熱・蒸発熱による熱放散と、代謝熱・伝導熱・伝播熱による熱供給のバランスによって決ま

る。そのバランスは測定環境や測定の時間帯、血管運動神経の緊張度および内在する機能因子の影響を受ける。この内在する機能因子を増幅して検出することが負荷サーモグラフィの目的であるといわれ<sup>122)</sup>、その負荷法としては、温度負荷（寒冷負荷・温熱負荷）、運動負荷、ストレス負荷、体位負荷、血流遮断負荷、薬物負荷などが挙げられる<sup>122)</sup>。

温度負荷のなかでも寒冷負荷について過去の研究をみると、末梢循環障害や振動障害の検査法として、手指または足趾についての報告が多い<sup>123-128)</sup>。しかし、運動器疾患に対する寒冷負荷試験は、ジャンパー膝<sup>74-78)</sup>、有痛性分裂膝蓋骨<sup>76)</sup>について検討が行われているのみでその他の報告はみあたらない。

また、寒冷負荷試験の温度設定や負荷時間をみるとさまざまな報告があり、0℃：10秒<sup>123)</sup>、4℃：10秒<sup>124)</sup>、4℃：1時間<sup>125)</sup>、10℃：1分<sup>126)</sup>、15℃：30秒<sup>127)</sup>、20℃：5分<sup>128)</sup>などである。

寒冷負荷試験は、障害部位の評価に優れた検査法<sup>122)</sup>であるが、その方法がさまざまであり、方法論が確立されていない分野であるため、運動器疾患に関する研究を重ねて、運動器疾患への寒冷負荷試験の方法、評価指標などを今後確立する必要がある。

### 1-3 スポーツ分野での鍼治療に関する先行研究

#### 1-3-1 スポーツ選手の鍼治療受診状況

日本体育協会のスポーツ科学研究報告書<sup>129,130)</sup>によると、「1週間以上のケガや故障で診てもらった人は」という質問に対して、国民体育大会参加選手のうち、はり、きゅう師と答えた選手は26.2%で、特に陸上競技選手は、53.1%と報告されている。

また、(財)日本体育協会公認アスレティックトレーナーマスタープランによると<sup>131)</sup>、日本体育協会公認アスレティックトレーナーが保有するその他の資格に関する調査では、はり師が最も多く37%という結果であった。

秋本ら<sup>132)</sup>は、大学スポーツ選手577名を対象に鍼治療に関するアンケート調査を行った結果、鍼治療の経験者は51.3%で、競技レベルが高いほど鍼治療経験率が高いことを報告した。

Miyamotoら<sup>133)</sup>は、国民体育大会に参加した茨城県代表選手30競技の195(男141,女54)名に、鍼治療に関する調査をした結果、鍼治療の経験がある選手は全体の31.3%であったと報告した。また、「スポーツに理解のある鍼灸師であれば治療を受けたいか」との質問に対しては、72.6%が治療を受けたいと答えた。これらの調査結果から、多くのスポーツ選手がスポーツ外傷・障害の治療法として鍼治療を選択していることが分かる。

#### 1-3-2 ジャンパー膝に対する鍼治療

ジャンパー膝に対する鍼治療の効果を検討した研究は少ない。PubMedにて、jumper's knee と acupuncture の二つの条件で検索し、表示される論

文は 1 編<sup>134)</sup>のみである。この論文で実施されている方法は、laser acupuncture であり、日本で通常実施されている鍼治療とは異なるものである。また、本邦における先行研究も散見するにとどまる。片山ら<sup>135)</sup>は、膝蓋腱炎と診断された 31 膝に対して、膝蓋腱の最大圧痛部への 5～10 分間の置鍼術およびその周辺 5, 6 ヲ所への刺鍼を行った後に、膝伸展機構へ 2～15Hz の経皮的電気刺激を 10 分間行う治療を、週に 1 回のペースで実施した。平均治療回数 5 回の結果は、100 点満点で作成されたスコアにおいて、初診時 34±18 点から最終治療時 78±17 点まで改善したと報告した。

また、松田ら<sup>136)</sup>は、ジャンパー膝のバレーボール選手 3 名に対して、内側広筋、外側広筋、大腿直筋、膝蓋腱最大圧痛部の計 4 ヲ所に 10 分間の置鍼術による鍼治療を毎週 1 回、計 4 回実施した結果、痛みの程度が 3 名それぞれ減少し、その奏功機序は鍼刺激による疼痛閾値の上昇および膝蓋腱部の血流改善と考察した。

これらの報告は、ジャンパー膝の鍼治療では膝蓋腱には置鍼術が用いられていることと、膝蓋腱だけでなく膝伸展機構およびその周辺を治療対象としていることが特徴である。膝蓋腱以外も鍼治療の対象部位にしているため、ジャンパー膝の膝蓋腱に対する局所の鍼治療が及ぼす影響は分からない。また、置鍼術以外の治療法が行われていないことから、その他の治療法を検討することが今後の課題と考えられる。

テニス肘は、上腕骨外側上顆炎とも呼ばれるスポーツ障害である。1997 年に発表された NIH (National Institutes of Health : 米国国立衛生研究所) 合意声明<sup>137)</sup>によると、鍼治療の適応として頭痛や腰痛などとともにテニス肘が挙げられている。このテニス肘は、ジャンパー膝と同様に腱附着

部の慢性障害であり，その病態は類似している<sup>32)</sup>ことから，ジャンパー膝に対する鍼治療の効果を検討することは意義のあることと考える．

### 1-3-3 低周波鍼通電

低周波鍼通電は，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方法である．低周波鍼通電は，運動器疾患においては，病態の存在する組織（筋，神経，皮下結合組織，靭帯など）に直接刺鍼し，目標とする生体反応に応じた一定の周波数を選択して実施する．具体的には，血管拡張，鎮痛，鎮静を目標とする場合は1～10Hzを用い，消炎，血管収縮，興奮作用を目標とする場合は30～100Hzを選択する<sup>138)</sup>．

低周波鍼通電の効果の一つに疼痛閾値の上昇による鍼鎮痛がある．鍼鎮痛は，オピオイド受容体を介して起こり，鍼刺激により内因性オピオイドのエンドルフィンなどの神経伝達物質による全身性の反応であることが証明されている<sup>139,140)</sup>が，刺鍼した局所での鎮痛メカニズムも報告されている．Goldmanら<sup>141)</sup>は，旋捻術を用いて，鍼刺激による疼痛の軽減を明らかにしたが，その機序はアデノシンの分解を抑制する薬剤の投与で疼痛抑制効果を延長できたこと，アデノシン受容体の拮抗薬であるカフェインにより鎮痛効果が消失したこと<sup>142)</sup>から，組織の損傷時に増加するアデノシンが鎮痛に関与していると考えられている．

また，多くの低周波鍼通電により確認されている生体反応は，刺激部の皮膚表面温度の上昇や組織血流量の増加である<sup>143-147)</sup>．研究の対象となる部位の多くは筋および神経であり<sup>143-147)</sup>，腱への直接の刺鍼による低周波鍼通電の生体反応を，腱の血流について，ヒトを対象として検討

した研究はみあたらず、その効果の検証は今後の課題といえる。

皮膚表面温度や組織血流量以外の影響を検討した研究には、Marcos ら<sup>148)</sup>によるコラーゲン線維の観察がある。Marcos らは、アキレス腱損傷モデルラットに対して、アキレス腱損傷後 15 日経過してから、2Hz の低周波鍼通電を 20 分間、一日おきに合計 6 回実施した結果、主にコラーゲン線維の中に存在し、その主要成分としてコラーゲン線維の安定性を担っている hydroxyproline の濃度が低周波鍼通電を実施しないアキレス腱損傷ラットと比較して有意に増加したと報告した。この結果から、低周波鍼通電はコラーゲン線維の密度および組織化を上昇させることにより、腱損傷に対する治療効果があることが示唆される。

#### 1-3-4 鍼刺激が組織血流量および皮膚表面温度に及ぼす影響

森ら<sup>143)</sup>は、脊柱起立筋、大腿四頭筋、下腿三頭筋に対して 1Hz の低周波鍼通電を 5 分間行った結果、それぞれの筋の筋血流量および皮膚表面温度が有意に増加したと報告した。また、その機序については①筋収縮による骨格筋血流増大、②軸索反射による骨格筋血流増大、③血管収縮神経活動の抑制が考えられると考察した。

また、織田ら<sup>144)</sup>はハムストリングスを対象に、15 分間の置鍼術と 1Hz、15 分間の低周波鍼通電を比較した結果、どちらの刺激も筋血流量を上昇させたが、低周波鍼通電の方がその増加量が多いことを報告し、低周波鍼通電では、鍼刺激による軸索反射が刺激局所の筋血流量を増加させることに加えて筋ポンプ作用が働くことで、置鍼術よりも筋血流量を増加させるとした。

低周波鍼通電が組織血流量や皮膚表面温度に及ぼす影響については、

その多くが筋を対象に研究が行われており<sup>143-145)</sup>、腱を対象としたものは少ないのが現状であるが、ラットの膝蓋腱に 10Hz の低周波鍼通電を 30 秒間行った研究<sup>147)</sup>では、レーザードップラー血流計にて測定した腱血流について、①腱血流は、低周波鍼通電開始直後より有意に減少し始め、刺激終了時に最も低い値（平均 42.1%の減少）を示した、②低周波鍼通電終了と同時に腱血流は増加に転じ、通電終了後 105 秒をピークに平均 19.1%の増加を示した、③その後は低周波鍼通電前の値へと徐々に減少したが、通電終了後 255 秒まで有意な増加を示したと報告した。また、低周波鍼通電刺激中の血圧に減少反応がないにも関わらず腱血流が減少する例が半数に認められたことと、大腿神経への同様の低周波鍼通電による刺激においても膝蓋腱の血流減少反応が確認されたことから、低周波鍼通電刺激中の腱血流の減少反応は、中枢を介する反応の可能性は極めて低く、腱組織内の血管に分布する交感神経の興奮作用が原因であると考察した。

また、Kubo ら<sup>149)</sup>は健康成人男性 9 名を対象に、アキレス腱へ直接刺鍼し、5 分間の置鍼術、3 分間の雀啄術、2 分間の置鍼術という一連の鍼刺激を組み合わせた結果、最初の 5 分間の置鍼術中には変化がみられなかったが、その後の 3 分間の雀啄術を開始した後からアキレス腱の酸化ヘモグロビン量、総ヘモグロビン量および酸素飽和度が測定前の値と比較して有意な上昇を示し、この上昇は、最後の 2 分間の置鍼術および鍼刺激終了後 30 分間続くことを近赤外分光法を用いた測定により明らかにした。

片山ら<sup>135)</sup>は、12 名の膝蓋腱に対して、膝蓋骨下端の膝蓋腱部に 10 分間の置鍼術を行った際の膝蓋腱部の皮下血流量をレーザードップラー血

流計にて検討した結果，10分間の置鍼術後の抜鍼直後は一旦血流量は低下したが，5分後より増加し，抜鍼後30分の間で平均42%の血流量の増加を報告し，その機序は，鍼刺激が体性 - 自律反射機構を介して循環系に影響を与えたことによると考察した。

このように，鍼刺激の効果を組織血流量および皮膚表面温度に関して検討した研究をみると，その多くは筋への刺激によるものであり，腱への刺激についての研究は少ないのが現状である。現在までの報告をまとめると，刺激中および刺激後に一過性に血流量の低下を確認する結果<sup>135,147)</sup>と，刺激中から腱血流量の増加を示す研究<sup>149)</sup>があるが，鍼刺激終了後の反応は，置鍼術，雀啄術，10Hzの低周波鍼通電の研究すべてにおいて腱血流の増加を確認している。

低周波鍼通電に限定すると，1～10Hz程度の周波数を用いた場合に筋血流や筋温度を増加させる効果が報告されている<sup>143-145)</sup>が，徳竹ら<sup>145)</sup>は，1Hzおよび100Hzの低周波鍼通電の比較をした結果，どちらも筋温度の上昇がみられるが，100Hzと比較して1Hzの方がその増加が大きいことを報告し，筋においては周波数の違いが筋血流量に異なる影響を与えることを示している。

スポーツ外傷・障害に対する鍼治療法をまとめた書籍<sup>150-152)</sup>や症例報告では<sup>153)</sup>，ジャンパー膝の治療法として，膝蓋腱への50～100Hzの低周波鍼通電が紹介されていることから，この方法は臨床の現場で実際によく用いられる方法であると考えられる。しかし，膝蓋腱に対する低周波鍼通電の研究においては，ラットにて10Hzの影響が検討されているのみで，その他の周波数が膝蓋腱に与える生体反応を検討した研究は行われていないため，今後の研究が必要である。



また、膝蓋腱に対する鍼刺激の効果を検討するためには、まず健常者への影響を検討することが必要であるが、ジャンパー膝の膝蓋腱は健常膝とは異なる解剖学的特性および末梢循環特性を持つため、健常膝と同じ反応が得られるかどうかは分からない。そのため、今後は健常膝およびジャンパー膝の膝蓋腱を対象として、低周波鍼通電がジャンパー膝の主な症状である圧痛や動作時痛および膝蓋腱血流に及ぼす影響について検討する必要がある。

## 第2章 本研究の目的と課題

### 2-1 本研究の目的

ジャンパー膝の病態は、連続性を持ついくつかのステージに分類されることが考えられていることから、それぞれの病態に応じた適切な治療法を選択することが重要である。超音波画像やMRI画像のみでは、その病態を適切に判断することができないため、近年では膝蓋腱内の Vascularity の評価が重要視されている。この Vascularity を臨床の場で正確に評価することができれば、ジャンパー膝の重症度に応じた適切な対応をとることができ、その病態の進行を防ぐことが期待できる。また、Vascularity の他にも、ジャンパー膝発症の危険因子と考えられる大腿四頭筋の筋柔軟性や筋硬度とその重症度の関係が明らかになれば、ジャンパー膝に対する治療法の選択に有用な知見が得られると考えられる。

また、低周波鍼通電はスポーツ外傷・障害の治療法として、スポーツ選手に取り入れられている。低周波鍼通電が生体に与える影響を検討した研究の多くは、筋を対象としており、腱への影響を検討した研究は少ない。しかし、ジャンパー膝に対する鍼治療は、臨床でよく行われることから、腱への低周波鍼通電の影響を検討することが今後の課題である。

そこで、本研究の目的は、STTP, Vascularity, 圧痛, VISAscore, SLDS, 大腿四頭筋筋柔軟性, 大腿四頭筋筋硬度の機能的評価指標が、ジャンパー膝の重症度評価に有用であるかどうかを明らかにすること、また、ジャンパー膝に対する鍼治療の効果を明らかにすることである。

## 2-2 本研究の課題

本研究の目的を達成するため、以下の3つの研究課題を設定した。

### 研究課題1 寒冷負荷試験によるジャンパー膝の評価

研究課題1では、ジャンパー膝群およびコントロール群を対象に、①寒冷負荷試験がSTTPに及ぼす影響、②圧痛と寒冷負荷前および寒冷負荷終了後のSTTPとの関係を検討することで、STTPがジャンパー膝の機能的評価指標として有用であるかどうかを明らかにする。

### 研究課題2 ジャンパー膝の膝伸展機構特性とSTTP、圧痛およびVISA scoreに関する研究

研究課題2では、ジャンパー膝の重症度を表す機能的評価指標としての膝伸展機構特性の有用性を明らかにすることを目的に、大腿四頭筋の筋柔軟性、筋弾性、STTP、圧痛、VISA scoreとの関係を検討する。

### 研究課題3 ジャンパー膝のVascularity、STTP、疼痛の関係および

#### ジャンパー膝に対する低周波鍼通電の効果に関する研究

研究課題3では、超音波ドップラー法を用いてVascularityを計測し、ジャンパー膝の重症度を表す機能的評価指標として、Vascularityが有用であるかどうかを明らかにするために、VascularityとSTTP、圧痛、SLDS、VISA scoreの関係を検討する。さらに、ジャンパー膝に対する鍼治療の効果を確認するために、膝蓋腱への低周波鍼通電が膝蓋腱のSTTP、Vascularity、圧痛およびSLDSに与える影響について検討する。

## 第3章 寒冷負荷試験によるジャンパー膝の評価

### 3-1 緒言

ジャンパー膝は、初期段階では症状が軽いのが特徴で、無理をすれば競技を継続することができるため、症状を慢性化・重症化させてしまうことが多い。重症例ではスポーツ活動を断念する<sup>56)</sup>だけでなく、膝蓋腱の断裂の恐れもあるため、発症早期に症状を正確に把握し、適切な対応をとる必要がある<sup>1,16)</sup>。しかし、臨床の間では、ジャンパー膝の症状を的確に把握することが難しく、その重症度や回復過程を選手の主観的な訴えにより判断せざるを得ないことが多いため、簡便かつ客観的なジャンパー膝の評価法が求められている。

超音波画像やMRI画像から得られる膝蓋腱の肥厚像のみでは、その病態を適切に判断することができない<sup>10,11,63)</sup>ため、解剖学的な評価に加えて、機能的な評価法が必要といえる。

皮膚表面温度の測定による障害部位の機能評価を目的とした寒冷負荷試験は、内在する機能因子を増幅して検出できる<sup>122)</sup>ことから、運動器疾患の障害部位の検査法として広く用いられ<sup>74-77)</sup>、その有用性が示されている。宮本ら<sup>75)</sup>は、ジャンパー膝の疼痛部位に一致した高温像を赤外線サーモグラフィで捉え、この高温像は安静時から観察されるが、アイシングを実施した後により顕著であることを報告した。この結果から、ジャンパー膝の膝蓋腱の末梢循環は健常者とは異なることが考えられ、その特異性は安静時よりも負荷試験を行うことでより増幅されることが示唆される。

そこで本研究は、STTPがジャンパー膝の機能的評価指標として有用で

あるかどうかを明らかにすることを目的に、ジャンパー膝群およびコントロール群を対象に、①寒冷負荷試験が STTP に及ぼす影響、②圧痛と寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP との関係を検討する。

## 3-2 方法

### 3-2-1 対象

医師にジャンパー膝と診断された男子大学スポーツ選手 13 名 17 脚からなるジャンパー膝群（以下 J 群）と、膝関節に痛みを訴えない 20 代健康成人男性 13 名 20 脚からなるコントロール群（以下 C 群）を対象とした。J 群の平均年齢は  $20.5 \pm 1.0$  歳，平均身長は  $183.6 \pm 7.5$ cm，平均体重は  $75.8 \pm 6.3$ kg であった。C 群の平均年齢は  $25.7 \pm 1.9$  歳，平均身長は  $173.7 \pm 5.9$ cm，平均体重は  $72.1 \pm 12.7$ kg であった（表 3-1）。また，J 群の平均罹患期間は  $51.2 \pm 22.9$  ヶ月であり（表 3-1），Roels ら<sup>16)</sup>の分類によると phase 1 が 2 脚，phase 2 が 13 脚，phase 3 が 2 脚，phase 4 が 0 脚であった（表 3-2）。

J 群の競技種目は，バレーボールが 9 名 12 脚，サッカーが 3 名 4 脚，バスケットボールが 1 名 1 脚であった。また，C 群には競技スポーツを継続実施している者はおらず，定期的な運動を行っていない者およびレクリエーションレベルの運動実施者であった。

本研究における J 群の選択基準は，①練習や試合の際に膝蓋腱または膝蓋腱の膝蓋骨付着部に疼痛がある，②疼痛を感じる部位に一致した圧痛がある，③症状が 3 ヶ月以上継続していることとし，C 群の選択基準は，膝関節に痛みを訴えない 20 代健康成人男性とした。また，除外基準は，①膝蓋大腿関節の障害（疼痛）がある者，②膝関節の靭帯損傷，半月板損傷などの既往がある者，③膝関節に腫脹がある者，④膝関節に退行性変化の症状がある者，⑤年齢が 18～40 歳でない者，⑥喫煙習慣者，⑦循環器系の障害がある者，⑧皮膚表面温度に影響を与える薬剤の服薬者とした。

実験を行うに際し，対象者には実験内容や手順を書面および口頭にて説明し，途中辞退できることを伝えた上で，書面による実験協力の同意を得た．また，本研究は筑波大学人間総合科学研究科倫理委員会の承認を得て行った．

表 3 - 1 対象者の身体特性

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	罹患期間(ヶ月)
J群(17脚)	20.5±1.0	183.6±7.5	75.8±6.3	51.2±22.9
C群(20脚)	25.7±1.9	173.7±5.9	72.1±12.7	—

表 3 - 2 J 群の病期分類

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
J群(17脚)	2脚	13脚	2脚	0脚



### **3 - 2 - 2 寒冷負荷法**

10℃の冷水を1ℓ入れた氷嚢（アイス&ウォームバッグ，26cm：アコードインターナショナル社製）を用いて，膝蓋腱を中心に1分間の寒冷負荷を実施した．その際氷嚢には特別な圧を加えることなく，氷嚢が動かないように保持するのみとした（図3-1）．寒冷負荷試験時の対象者の肢位は，股関節中間位，膝関節伸展位での背臥位とした．また，すべての寒冷負荷は同一検者によって行われた．

### **3 - 2 - 3 測定項目**

#### **3 - 2 - 3 - 1 圧痛部皮膚表面温度（STTP）**

STTPの測定には，赤外線サーモグラフィ（THERMO TRACER TH7102MX：NEC San - ei社製）（図3-2）を用いた．測定ポイントは，J群では膝蓋腱上の圧痛部とし，C群では膝蓋腱の膝蓋骨付着部中央（図3-3）とした．対象者の測定肢位は，股関節中間位，膝関節伸展位での背臥位とした．また，赤外線サーモグラフィは，ベッドからの距離が1mとなるように設置した（図3-4）．また，すべての測定は同一検者によって行われた．

#### **3 - 2 - 3 - 2 圧痛**

圧痛の測定にはマイクロFET（日本メディックス社製）（図3-5）を用いた．5秒間かけて60Nの圧に到達するように押圧した時の痛みの度合いを，Visual Analog Scale（以下VAS）を用いて評価した．VASは100mmの直線の左端を痛みなし，右端を最も激しい痛みとし，対象者自身に自覚的な疼痛の程度をその線上に示してもらい，左端からの距離を計測し

た．圧痛の測定ポイントは，**STTP** 測定部位と同部位とし，測定肢位は股関節中間位，膝関節伸展位での背臥位とした．また，すべての測定は同一検者によって行われた．



図 3 - 1 寒冷負荷方法



図 3 - 2 赤外線サーモグラフィ

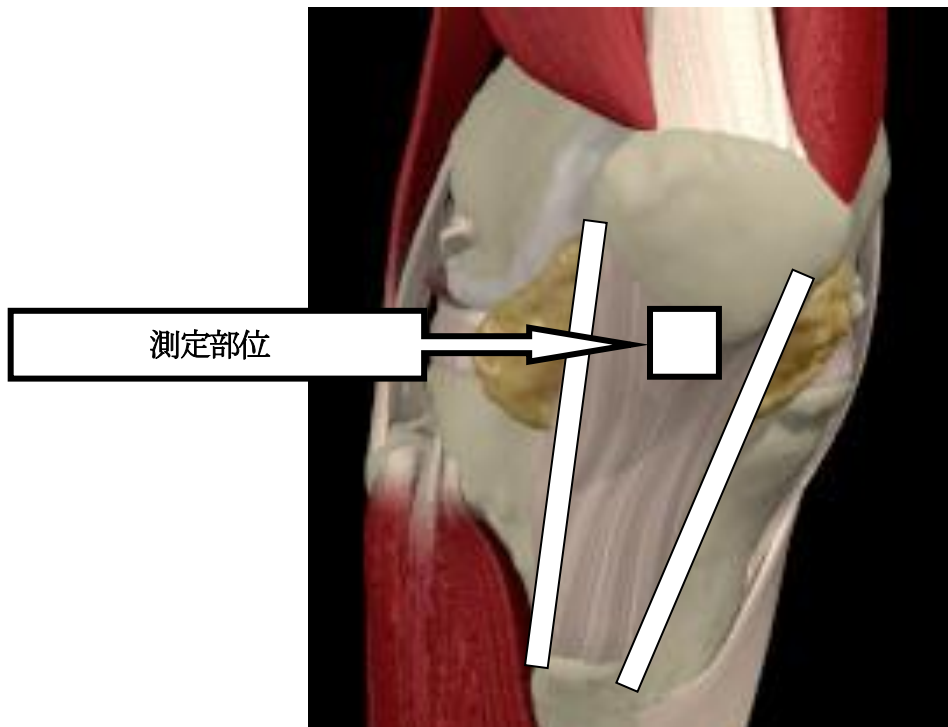


図 3 - 3 C 群における STTP 測定部位



図 3 - 4 赤外線サーモグラフィの設置方法および測定環境

※測定環境は日本サーモロジー学会の基準案<sup>154)</sup>に従って設定した。



図 3 - 5 マイクロ FET

### 3 - 2 - 3 - 3 STTP 回復率および STTP 変化率

寒冷負荷前の STTP（以下 Pre STTP）に対する寒冷負荷終了後の STTP（以下 Post STTP）の回復の程度を検討するために、Post X 分 STTP 回復率（%）を、 $\text{Post X 分 STTP} / \text{Pre STTP} \times 100$  の計算式で求めた。

また、寒冷負荷終了直後（Post 0 分）の STTP を基準とした場合の寒冷負荷終了後の STTP の変化率を検討するために、Post X 分 STTP 変化率（%）を、 $\text{Post X 分 STTP} / \text{Post 0 分 STTP} \times 100$  の計算式で求めた。

### 3 - 2 - 4 測定環境

日本サーモロジー学会の基準案<sup>154)</sup>に従って測定環境を設定した。測定環境は、室温  $25.1 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 、湿度  $48.1 \pm 5.9\%$ であった。測定中は対象者の周囲をパーティションで囲み、風が当たらないようにした（図 3 - 4）。

### 3 - 2 - 5 実験プロトコル

測定室に入室後、半袖短パンに着替えて 20 分間の室温順化を経た後に Pre STTP を測定した。Pre STTP の測定終了後に 1 分間の寒冷負荷を実施し、寒冷負荷終了直後から寒冷負荷終了後 20 分までの間、1 分毎に STTP を測定した。また、圧痛の測定は STTP への影響を最小限にするために測定室入室後すぐに実施した（図 3 - 6）。

測定前の注意事項として、対象者には測定前には激しい運動や入浴をしないように指示し、測定の前 2 時間は食事を控えさせた。また、測定に関する手順は、日本サーモロジー学会の基準案<sup>154)</sup>に従った。

### 3 - 2 - 6 統計処理

測定結果はすべて平均値±標準偏差で表した。圧痛は対応のない t 検定を用いて両群を比較した。寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の 2 群間の STTP の経時的変化の比較は、反復測定による二元配置分散分析を用いて検討した。交互作用が認められた場合には、群内比較として、それぞれの群における STTP の経時的変化について Bonferroni/Dunn 法を、寒冷負荷前および寒冷負荷終了後のそれぞれの時間毎の STTP の群間比較として対応のない t 検定を用いて多重比較検定を行った。また、各時間における STTP、STTP 回復率、STTP 変化率と圧痛の相関は、Spearman の順位相関係数を用いて検定した。いずれの場合も有意水準は 5%とした。

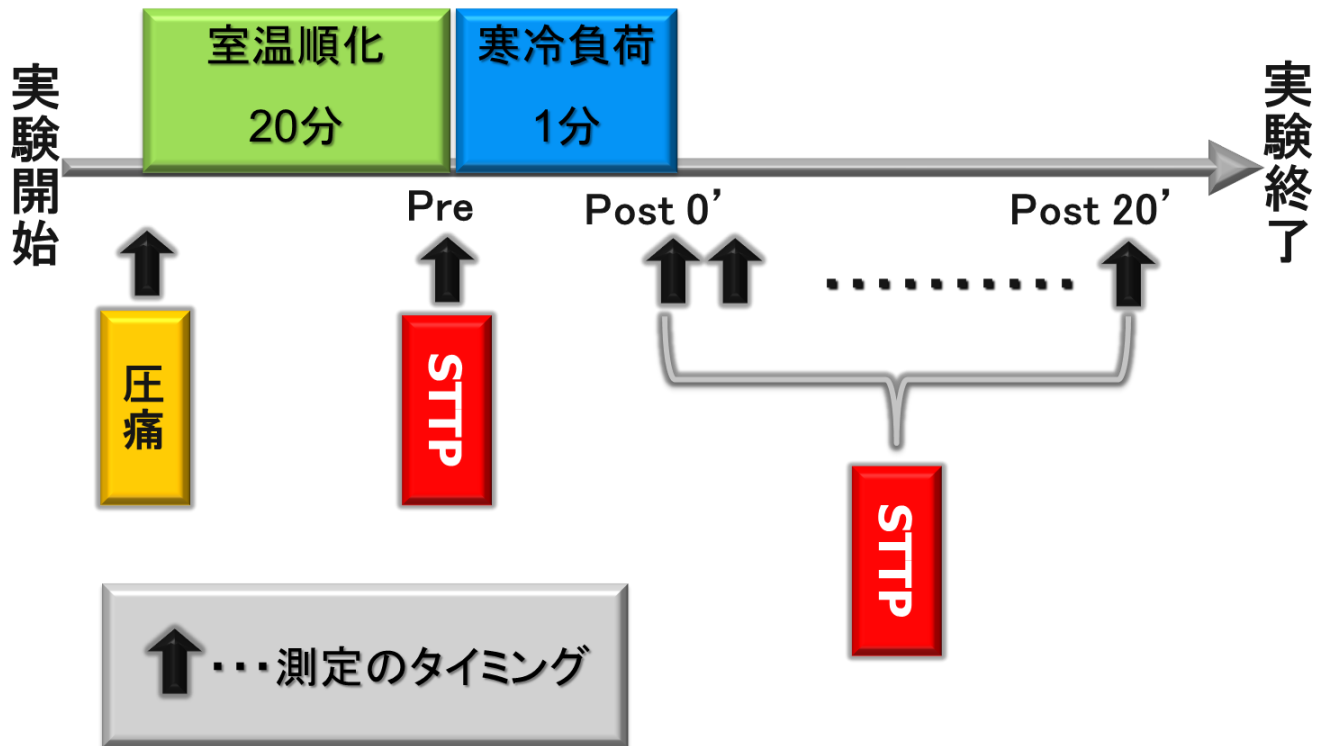


図 3 - 6 実験プロトコル

※室温順化は室温  $25.1 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ ，湿度  $48.1 \pm 5.9\%$  の環境で実施した。



### 3 - 3 結果

#### 3 - 3 - 1 圧痛

圧痛に関しては，J 群（ $66.8 \pm 27.9\text{mm}$ ）は C 群（ $15.4 \pm 19.3\text{mm}$ ）と比較して有意に高い値を示した（ $p < 0.01$ ）（表 3 - 3）（図 3 - 7）。

#### 3 - 3 - 2 寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP の経時的変化

J 群および C 群の寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP の経時的変化を図 3 - 8 に示す。また，J 群および C 群の典型的な赤外線サーモグラムを図 3 - 9，図 3 - 10 示す。反復測定の実験設計分散分析の結果，J 群と C 群の寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP の推移を比較すると，有意に異なる経時的変化パターンを示した（交互作用： $p < 0.01$ ）。また，J 群のみの寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP においては，Pre STTP と比較して有意に低値を示したのは，Post 0 分，1 分，2 分，3 分（ $p < 0.01$ ）および Post 4 分（ $p < 0.05$ ）であり，Post 5 分以降は Pre STTP と比較して有意な差はみられなかった。C 群のみの寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP では，Pre STTP に対して有意に低値を示したのは，Post 0 分，1 分，2 分，3 分，4 分，5 分（ $p < 0.01$ ）および Post 6 分，7 分（ $p < 0.05$ ）であり，Post 8 分以降は，Pre STTP と比較して有意な差はみられなかった。また，寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の各時間において J 群と C 群の STTP を比較した結果，Pre（ $p < 0.01$ ）および Post 2 分（ $p < 0.05$ ），Post 3 分から 20 分まで（ $p < 0.01$ ）の間で J 群が C 群よりも有意に高い STTP を示した。

表 3 - 3 圧痛および STTP の結果一覧

	J群	C群
圧痛 (mm)	66.8 ± 27.9	15.4 ± 19.3
Pre STTP (°C)	33.3 ± 1.0	31.9 ± 1.2
Post0分STTP (°C)	25.8 ± 2.1	26.3 ± 1.5
Post1分STTP (°C)	29.0 ± 1.5	28.6 ± 1.0
Post2分STTP (°C)	30.2 ± 1.4	29.3 ± 1.0
Post3分STTP (°C)	30.8 ± 1.4	29.7 ± 1.1
Post4分STTP (°C)	31.2 ± 1.4	29.9 ± 1.2
Post5分STTP (°C)	31.6 ± 1.4	30.1 ± 1.2
Post6分STTP (°C)	31.8 ± 1.4	30.3 ± 1.2
Post7分STTP (°C)	31.9 ± 1.4	30.3 ± 1.9
Post8分STTP (°C)	32.1 ± 1.4	30.4 ± 1.3
Post9分STTP (°C)	32.1 ± 1.4	30.5 ± 1.2
Post10分STTP (°C)	32.2 ± 1.5	30.6 ± 1.3
Post11分STTP (°C)	32.3 ± 1.5	30.7 ± 1.4
Post12分STTP (°C)	32.5 ± 1.4	30.7 ± 1.4
Post13分STTP (°C)	32.6 ± 1.5	30.8 ± 1.4
Post14分STTP (°C)	32.7 ± 1.5	30.9 ± 1.4
Post15分STTP (°C)	32.7 ± 1.5	30.9 ± 1.4
Post16分STTP (°C)	32.8 ± 1.5	30.9 ± 1.5
Post17分STTP (°C)	32.8 ± 1.5	31.0 ± 1.5
Post18分STTP (°C)	32.9 ± 1.4	31.0 ± 1.5
Post19分STTP (°C)	32.8 ± 1.6	31.0 ± 1.5
Post20分STTP (°C)	32.9 ± 1.5	31.1 ± 1.5

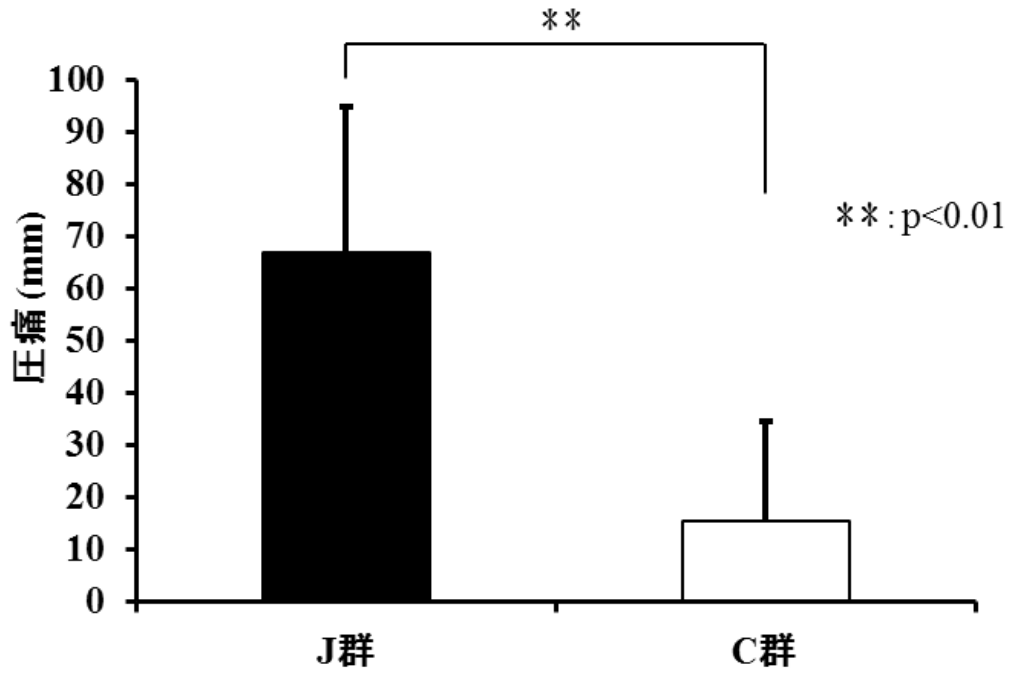


図 3 - 7 圧痛の比較

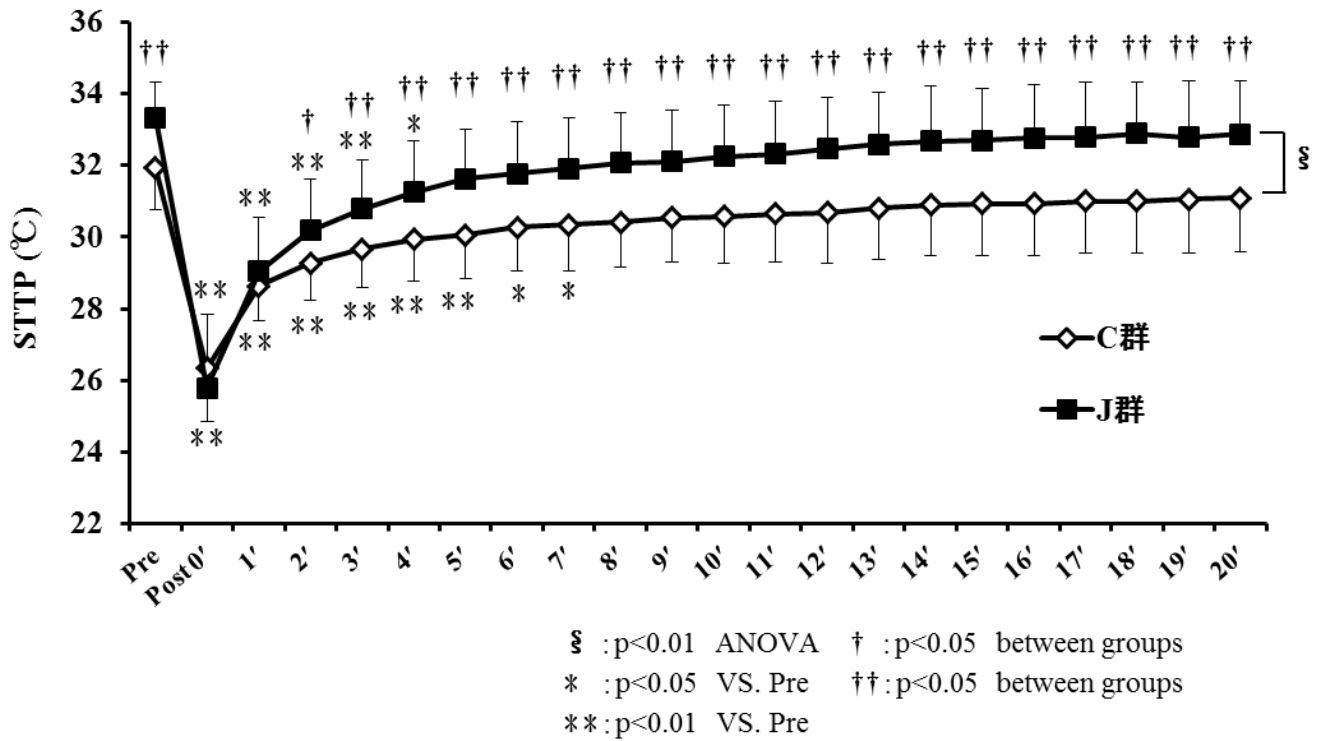
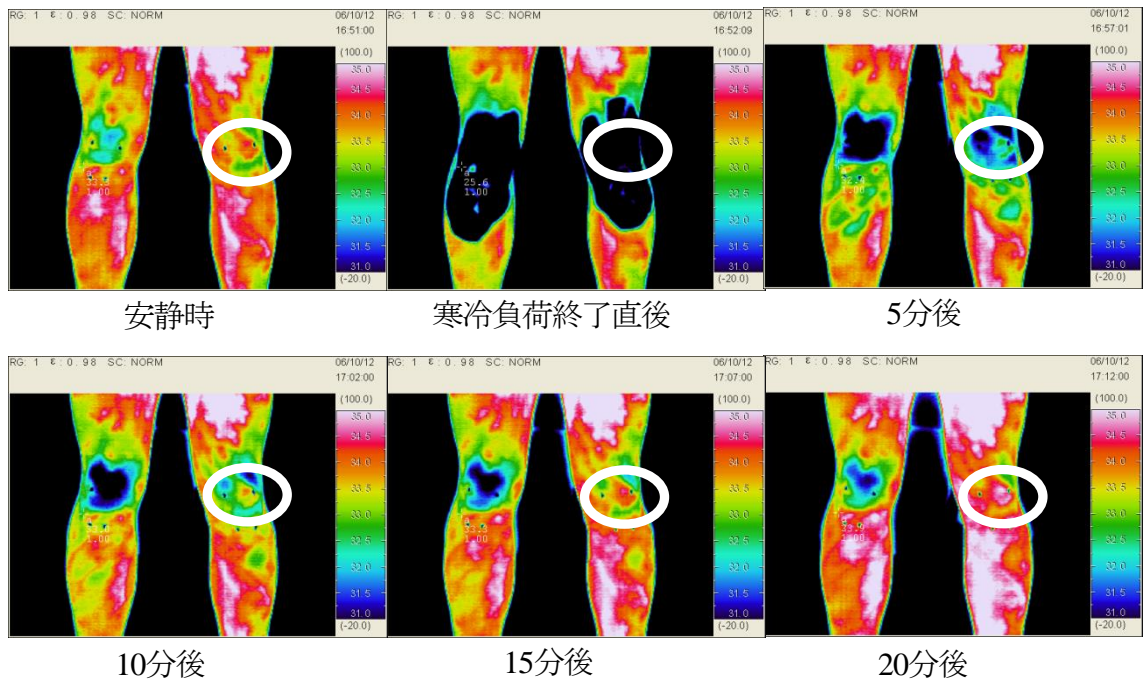


図 3 - 8 寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP の経時的変化



※ 疼痛部を丸で囲んで示した。

図 3 - 9 J 群の寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の典型的な  
赤外線サーモグラム

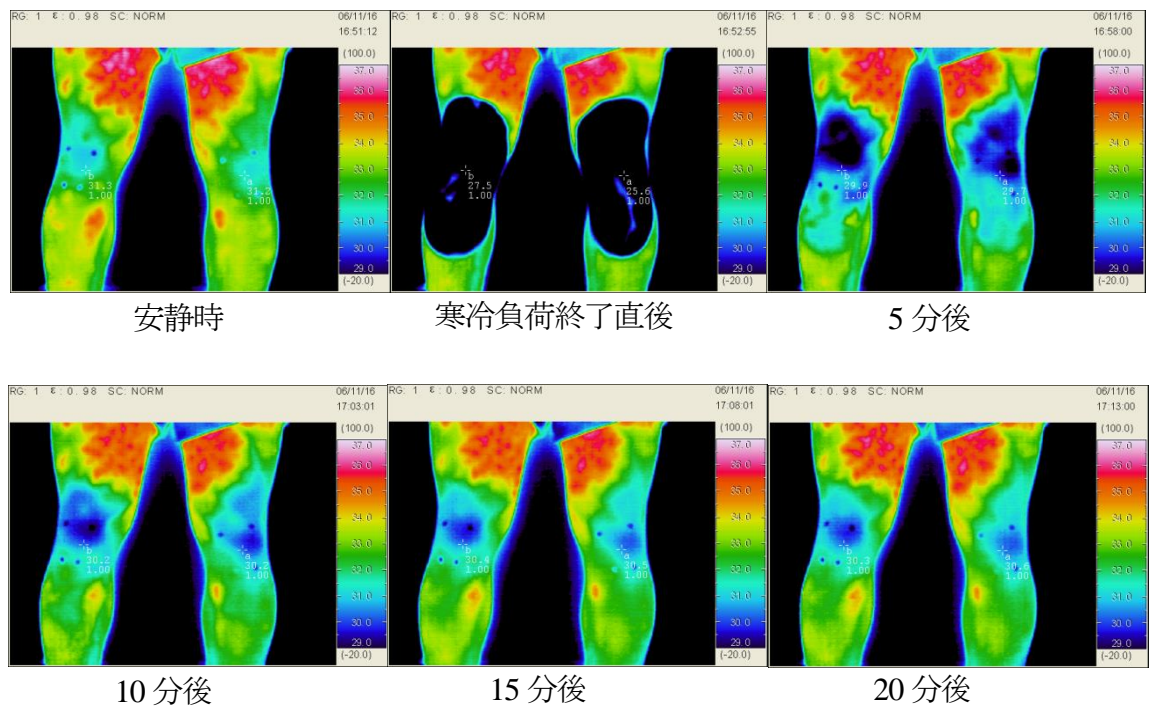


図 3 - 10 C 群の寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の典型的な  
赤外線サーモグラム

### 3 - 3 - 3 寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の各時間における STTP, STTP 回復率, STTP 変化率と圧痛の関係

Pre, Post 0 分, 1 分, 2 分, 3 分, 4 分, 5 分, 10 分, 15 分, 20 分 STTP と圧痛の関係について検討した結果, Pre STTP ( $r=0.54$ ,  $p<0.01$ ) および, Post 3 分 ( $r=0.36$ ,  $p<0.05$ ), 4 分 ( $r=0.40$ ,  $p<0.05$ ), 5 分 ( $r=0.48$ ,  $p<0.01$ ), 10 分 ( $r=0.45$ ,  $p<0.01$ ), 15 分 ( $r=0.44$ ,  $p<0.01$ ), 20 分 ( $r=0.48$ ,  $p<0.01$ ) STTP と圧痛の間に有意な正の相関がみられ, Post 0 分 ( $r=-0.34$ ,  $p<0.05$ ) STTP と圧痛の間に有意な負の相関がみられた(表 3 - 4). また, 寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP と圧痛において最も強い相関がみられた Pre STTP と圧痛の関係は図 3 - 11 の通りである.

Post 0 分, 1 分, 2 分, 3 分, 4 分, 5 分, 10 分, 15 分, 20 分 STTP 回復率と圧痛の関係について検討した結果, Post 0 分 ( $r=-0.57$ ,  $p<0.01$ ), 1 分 ( $r=-0.49$ ,  $p<0.01$ ), 2 分 ( $r=-0.36$ ,  $p<0.05$ ) STTP 回復率と圧痛の間に有意な負の相関がみられた(表 3 - 4). また, 寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP 回復率と圧痛において最も強い相関がみられた Post 0 分 STTP 回復率と圧痛の関係は図 3 - 12 の通りである.

Post 1 分, 2 分, 3 分, 4 分, 5 分, 10 分, 15 分, 20 分 STTP 変化率と圧痛の関係について検討した結果, Post 1 分 ( $r=0.58$ ,  $p<0.01$ ), 2 分 ( $r=0.62$ ,  $p<0.01$ ), 3 分 ( $r=0.63$ ,  $p<0.01$ ), 4 分 ( $r=0.63$ ,  $p<0.01$ ), 5 分 ( $r=0.65$ ,  $p<0.01$ ), 10 分 ( $r=0.66$ ,  $p<0.01$ ), 15 分 ( $r=0.61$ ,  $p<0.01$ ), 20 分 ( $r=0.62$ ,  $p<0.01$ ) STTP 変化率と圧痛の間に有意な正の相関がみられた(表 3 - 4). また, 寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP 変化率と圧痛において最も強い相関がみられた Post 10 分 STTP 変化率と圧痛の関係は図 3 - 13 の通りである.

表 3 - 4 STTP, STTP 回復率, STTP 変化率と圧痛の相関係数一覧

	STTP	STTP回復率	STTP変化率
Pre	0.54 **	—	—
Post 0分	-0.34 *	-0.57 **	—
Post 1分	0.03	-0.49 **	0.58 **
Post 2分	0.26	-0.36 *	0.62 **
Post 3分	0.36 *	-0.31	0.63 **
Post 4分	0.40 *	-0.11	0.63 **
Post 5分	0.48 **	0.10	0.65 **
Post 10分	0.45 **	0.15	0.66 **
Post 15分	0.44 **	0.20	0.61 **
Post 20分	0.48 **	0.21	0.62 **

\* : p<0.05

\*\* : p<0.01

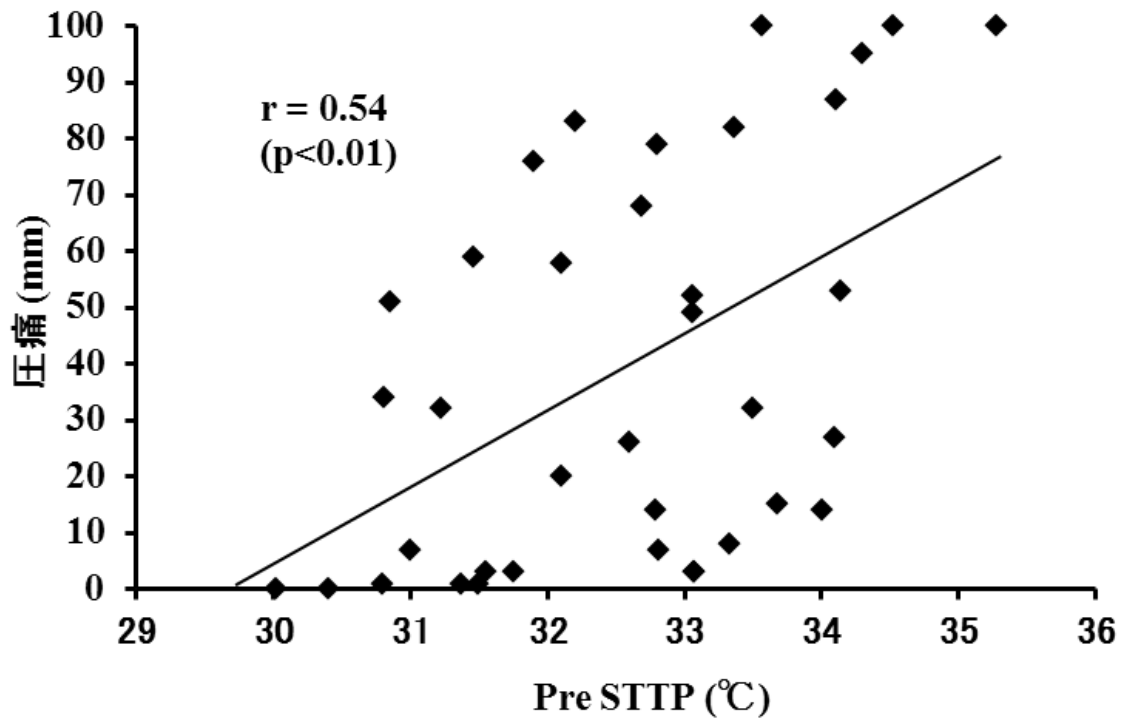


図 3 - 11 Pre STTP と圧痛の関係

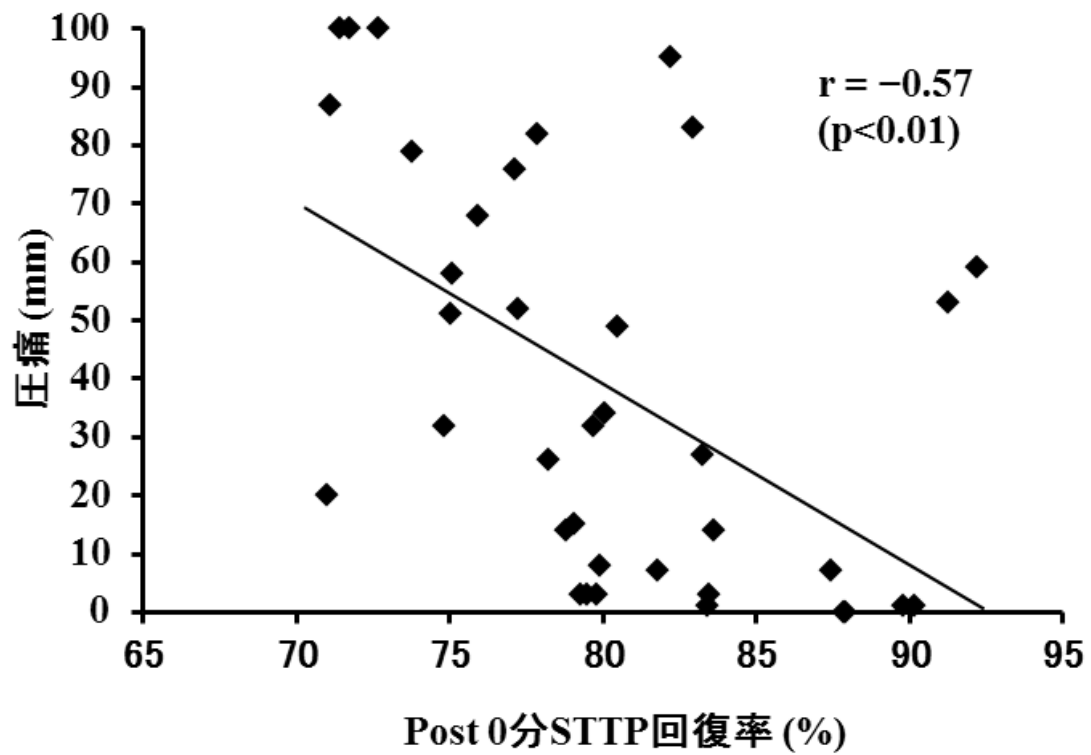


図 3 - 12 Post 0 分 STTP 回復率と圧痛の関係

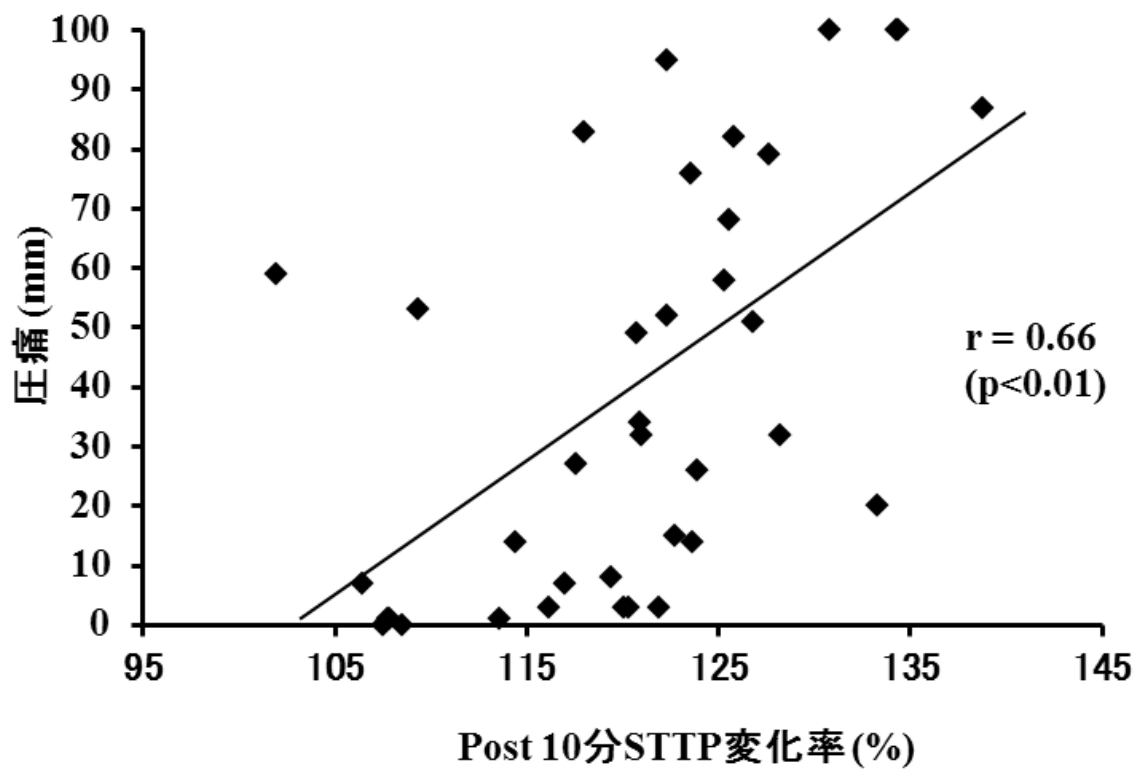


図 3 - 13 Post 10 分 STTP 変化率と圧痛の関係



### 3-4 考察

#### 3-4-1 圧痛について

圧痛については，J 群 ( $66.8 \pm 27.9\text{mm}$ ) は C 群 ( $15.4 \pm 19.3$ ) に比べて有意に高い値を示したが，これは，原らの<sup>77)</sup>先行研究の J 群  $76.1 \pm 25.8\text{mm}$ ，C 群  $14.6 \pm 17.7\text{mm}$  と比較しても同様の結果であった．特に，C 群における圧痛の値が近似していることから，本研究で用いた押圧操作は先行研究と同様に行うことができたと考えられる．

#### 3-4-2 寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP の経時的変化について

J 群は C 群と比較すると，寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP の変化が大きく，異なる経時的変化パターンを示した (図 3-8)．J 群は C 群と比較すると Pre STTP が有意に高値を示し (J 群:  $33.3 \pm 1.0^\circ\text{C}$ ，C 群:  $31.9 \pm 1.2^\circ\text{C}$ )，Post 0 分および 1 分 STTP においては両群に有意差はみられなかったが，Post 2 分以降は再び J 群が C 群よりも STTP が有意に高値を示したことから，寒冷負荷終了後の各群の STTP をみると，J 群では Pre STTP と有意差がみられなくなるのは，寒冷負荷終了後 5 分以降であるのに対して，C 群では寒冷負荷終了後 8 分以降であったことから，J 群の膝蓋腱は，C 群よりも冷却されやすく温まりやすい特徴を持つことが示された．

本研究の測定環境では，ヒトの皮膚表面温度は外気と熱的に平衡状態であり，この環境で測定した皮膚表面温度は皮膚に供給される血流量を表す<sup>100)</sup>ことから，J 群の STTP が寒冷負荷前および寒冷負荷終了後に C 群と比較して高値を示した結果は，J 群の膝蓋腱には C 群と比較して豊富

な血流が存在することを意味する。

ジャンパー膝の組織病理学的研究では、Khan ら<sup>32)</sup>は、肉眼的にはムコイド変性といわれる柔らかい黄褐色の無秩序な組織が観察され、光学顕微鏡検査では、コラーゲン線維の配列の乱れが観察されたと報告している。いくつかの研究により得られた一致した見解は、コラーゲン線維の変性、血管新生、膝蓋腱の肥厚である<sup>12,16,33)</sup>ことから、本研究の寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP の経時的変化において、J 群は C 群と比較して、寒冷負荷前の安静時および寒冷負荷終了後 2 分以降において高値を示した要因は、J 群の膝蓋腱内の血管新生によるものと考えられる。

### 3 - 4 - 3 寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の各時間における STTP, STTP 回復率, STTP 変化率と圧痛の関係について

圧痛と最も強い相関を示した寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP, STTP 回復率および STTP 変化率は、それぞれ Pre STTP ( $r=0.54$ ), Post 0 分回復率 ( $r=-0.57$ ), Post 10 分 STTP 変化率 ( $r=0.66$ ) であった。3 つの指標の中で圧痛と最も強い相関を示したのは、STTP 変化率であり、Post 2 分から Post 20 分まで、その相関係数はいずれも 0.6 を超えていることから、ジャンパー膝の評価としては、寒冷負荷終了直後 (Post 0 分) を基準とした温度変化率である STTP 変化率を用いることが勧められる。

寒冷負荷試験の目的は、内在する機能因子を増幅して検出すること<sup>122)</sup>であるが、本研究において STTP 変化率が圧痛と最も強い相関を示した結果は、寒冷負荷試験によって膝蓋腱内の病変が増幅して検出されたことを示唆する。この結果は、ジャンパー膝にアイシングを実施した後の STTP を観察した宮本らの報告<sup>75)</sup>とも一致する。

STTP 回復率は、J 群においては C 群と比較して Pre STTP が高値を示すことから、STTP 変化率と比較すると圧痛との相関が低かったものと考えられ、寒冷負荷試験を実施した際の評価指標は、STTP 回復率よりも STTP 変化率を用いることが有用といえる。

ジャンパー膝に対する寒冷負荷試験については、これまで宮本ら<sup>75)</sup>、原ら<sup>74, 78)</sup>の先行研究では、寒冷負荷終了後 20 分間の STTP を観察しているが、本研究において STTP 変化率の中で最も強い相関が Post 10 分であったこと、Pre STTP と有意な差がみられなくなる時間が、J 群では寒冷負荷終了後 5 分以降であり、C 群では 8 分以降であったことから、10℃ の冷水を用いた寒冷負荷試験に関しては、寒冷負荷終了後の STTP の観察に必要な時間は、寒冷負荷終了後 10 分間で十分であることが示された。

ジャンパー膝の評価指標としては、その精度が何よりも重要であることは明白だが、日常の臨床の中で行う検査法としては、精度とともに簡便性も求められることを考えると、Pre STTP と圧痛においても有意な正の相関を示した今回の結果は重要である。Pre STTP は、STTP 変化率と比べると圧痛との相関がやや弱い点が欠点であるが、寒冷負荷を必要としないという点では簡便性に優れるため、場合によっては、安静時の寒冷負荷前の STTP の評価を用いることも臨床的には意義があると考えられる。

圧痛との関係では、Post 0 分 STTP および Post 0 分、1 分、2 分 STTP 回復率は負の相関を示し、その他は Pre STTP および Post 3 分以降の STTP、Post 1 分以降の STTP 変化率ともに正の相関を示した。正の相関では、圧痛が強いほど STTP が高いことを意味し、負の相関では、圧痛が強いほど STTP が低いことを意味するが、負の相関がみられるのは、寒冷負荷終了後すぐの間であることから、圧痛が強い膝蓋腱ほど冷却されやすい

ことを示している。また、寒冷負荷前および寒冷負荷終了直後を除くその後の回復過程において正の相関がみられたことから、圧痛が強い膝蓋腱ほど寒冷負荷終了後の回復過程において温まりやすいことを示す。

膝蓋腱の組織学的な先行研究から<sup>38-40)</sup>ジャンパー膝の疼痛の原因は、Neurovascular ingrowth であると考えられている<sup>8,50)</sup>ことから、圧痛の程度と新生血管の増殖は相関することが示唆されるが、この説は、ジャンパー膝の臨床症状を SLDS の動作時痛および、VISA score<sup>79)</sup>を用いて、膝蓋腱の肥厚の有無と膝蓋腱内の Vascularity の有無との関係を検討した結果、肥厚がみられる者の中でも Vascularity のある者は Vascularity がない者と比べて有意に SLDS 時の疼痛が強く、VISA score が低かったとの Cook ら<sup>7)</sup>の報告からも支持される。

本研究の結果において圧痛が強い膝蓋腱ほど寒冷負荷終了後に温まりやすかった原因は、ジャンパー膝の膝蓋腱の組織学的な先行研究により明らかになっている新生血管の増殖に伴う組織変性<sup>12,16,33)</sup>によるものと考えられる。また、J 群では圧痛が強い膝蓋腱ほど、正常な膝蓋腱と比較して新生血管が豊富に存在することにより熱伝導率が高くなっていることが考えられ、その結果として、圧痛が強い膝蓋腱ほど寒冷負荷により冷却されやすかったものと思われる。

このように、寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP は J 群において特異的な反応を示し、圧痛の強い膝蓋腱ほど寒冷負荷終了後の STTP 変化率が大きいことから、ジャンパー膝の評価指標として有用であると考えられる。

Cook ら<sup>7)</sup>の報告からも膝蓋腱の機能評価としては、Vascularity が重要であると考えられるが、Vascularity を検査するにはドップラー検査がで

きる超音波装置が必要であることから、多くのスポーツ現場では容易に測定できないという問題がある。

一方、皮膚表面温度の測定は、簡便かつ非侵襲的に行えることに加えて、膝蓋腱は皮下直下に位置するという解剖学的特徴から考えると、皮膚表面温度の測定により *Vascularity* を評価できる可能性がある。また、皮膚表面温度の評価は、寒冷負荷試験を用いることで内在する機能因子を増幅して検出できる<sup>122)</sup>ことから、寒冷負荷試験はジャンパー膝の機能的評価法として有用であると考えられ、今後は、**STTP** および圧痛と *Vascularity* の関係を明らかにすることが課題といえる。

圧痛と **STTP**、圧痛と **STTP** 回復率、圧痛と **STTP** 変化率に関して個々の症例についてみると、少数ではあるが、圧痛が強くても **Pre STTP** が低い症例や、圧痛が強くても **Post 0 分 STTP** 回復率が高い症例、また圧痛が強くても **Post 10 分 STTP** 変化率が小さい症例もあり、必ずしもすべての症例が同様の傾向を示すわけではなかった。

本研究の測定環境は、測定前の室温順化および測定中においても一定（室温  $25.1 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、湿度  $48.1 \pm 5.9\%$ ）に保たれた実験室であったことを考えると、いくつかの症例で本研究結果の傾向から外れる結果が得られたことに関しては、押圧操作誤差もしくは、**STTP** に影響を及ぼし得る何らかの因子の存在、また、膝蓋腱以外の疼痛の影響を受けた可能性が考えられる。

Cook ら<sup>159)</sup>は、ジャンパー膝の膝蓋腱の圧痛に関する研究で、圧痛の程度を 4 段階に分類し、同一検者の触診による圧痛の検査の再現性を検討した結果、その再現性は 0.82 と高いことを示している。本研究の押圧操作に関しては、すべて同一検者が実施したことで、本研究の **C** 群の結

果は、先行研究<sup>77)</sup>と近似した値であったことから、押圧操作誤差の可能性は低いと考えられる。

本研究で測定した STTP は、膝蓋腱上の皮膚表面温度であることから、皮下脂肪の影響を受けた可能性は否定できない。今回は膝蓋腱上の皮下脂肪厚を測定していないため、STTP における皮下脂肪の影響の有無については分からない。皮下脂肪の厚い者は、膝蓋腱の温度を皮膚表面温度として反映し得ない可能性もあり、皮下脂肪厚に関する検討は今後の研究課題である。

また、本研究で用いた圧痛の評価法は、膝蓋腱の解剖学的な特徴から膝蓋腱を介して膝蓋腱深部の組織も同時に押圧してしまうため、膝蓋腱以外の疼痛を惹起する可能性がある。ジャンパー膝の病態には、膝蓋腱もしくは膝蓋下脂肪体のインピンジメントの可能性も示唆されている<sup>160)</sup>。本研究では、対象者の除外基準の一つとして、膝蓋大腿関節障害を有する者としているが、膝蓋下脂肪体炎については除外基準としていないため、ジャンパー膝の症状とともに膝蓋下脂肪体の疼痛をあわせ持つ対象者がいた場合には、圧痛が強くても STTP は低くなることも考えられることから、対象者の除外基準に関しては今後さらなる検討が必要である。

#### 3 - 4 - 4 本研究の限界と今後の課題

本研究で実施した赤外線サーモグラフィを用いた寒冷負荷試験は、ジャンパー膝の膝蓋腱内病変を評価し得ると考えられるため、検査法としての有用性は高いといえるが、今回は、ジャンパー膝における STTP と超音波検査による Vascularity との関係や、MRI 画像との関係を調べてい

ないため、Vascularity や膝蓋腱の変性と STTP との関係は推測の域を出ない。さらに、それらの先行研究は行われていないため、ジャンパー膝の寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP と画像所見との関係を検討することが今後の課題である。

また、STTP に影響を及ぼす可能性のある膝蓋腱上の皮下脂肪厚の影響を検討することも今後の課題である。

### 3 - 5 結論

本研究では，J 群および C 群を対象に 10°C の冷水を用いて 1 分間の寒冷負荷試験を実施し，圧痛および寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP の経時的変化，STTP 回復率および STTP 変化率を評価指標として，その有用性を検討した結果，以下の結論を得た．

- 1) 圧痛は，J 群が C 群と比較して有意に高い値を示した ( $p < 0.01$ )．
- 2) J 群の寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP の経時的変化は，C 群と異なるパターンを示し ( $p < 0.01$ )，寒冷負荷終了後の STTP の経時的変化において，J 群では Pre STTP の値に回復したのは Post 5 分であったのに対して，C 群では Post 8 分であり，J 群は C 群と比較して寒冷負荷終了後の STTP の回復が早かった．
- 3) 圧痛との相関は，寒冷負荷終了後では Post 10 分 STTP 変化率において最も強い相関を示した ( $r = 0.66$ ,  $p < 0.01$ )．
- 4) 寒冷負荷前の STTP である Pre STTP は，圧痛と有意な相関を示した ( $r = 0.54$ ,  $p < 0.01$ )．

寒冷負荷前および寒冷負荷終了後の STTP は，ジャンパー膝特有の反応がみられ，J 群は C 群と比較して寒冷負荷前から高値を示し，寒冷負荷によって冷却されやすく，温まりやすいことが示された．この寒冷負荷を用いた評価の際には，STTP 変化率を用いることでジャンパー膝の重症度をより正確に評価できることが示唆された．また，寒冷負荷を用いない安静時の STTP も圧痛と有意な相関を示すことから，安静時の STTP をジャンパー膝の評価指標とすることの有用性が示唆された．



## 第4章 ジャンパー膝の膝伸展機構特性と STTP, 圧痛

### および VISA score に関する研究

#### 4-1 緒言

ジャンパー膝の発症要因としては、量的因子としての膝伸展機構の使いすぎが挙げられる<sup>16-19)</sup>。また、ジャンパー膝発症の危険因子は、大腿四頭筋およびハムストリングスの柔軟性低下であったとの報告<sup>25,30)</sup>から考えると、ジャンパー膝の評価指標として、膝伸展機構の筋柔軟性や筋緊張度などの膝伸展機構特性は重要であると考えられる。しかし、ジャンパー膝の重症度と膝伸展機構特性の関係を検討した研究はみあたらない。

実際の臨床の間では、ジャンパー膝に対して大腿四頭筋の柔軟性や筋硬結について評価することが多いため、これらの膝伸展機構に関する評価指標を客観的に数値化し、その評価指標とジャンパー膝の自覚的な重症度との関係を明らかにすることは意義がある。

そこで本研究では、ジャンパー膝の重症度を表す機能的評価指標としての膝伸展機構特性の有用性を明らかにすることを目的に、大腿四頭筋の筋柔軟性および筋弾性と STTP, 圧痛, VISA score との関係を検討する。

これらを検討することで、ジャンパー膝の自覚的な重症度評価に関係がある客観的かつ機能的評価指標を把握することができ、ジャンパー膝の評価に関する有用な知見が得られると考える。

## 4 - 2 方法

### 4 - 2 - 1 対象

対象者は、医師にジャンパー膝と診断された男子大学スポーツ選手 8 名 10 脚（以下 J 群）と、膝関節に痛みを訴えない 20 歳代健康成人男性 7 名 14 脚（以下 C 群）とした。J 群の平均年齢は  $20.9 \pm 1.1$  歳、平均身長は  $183.0 \pm 5.3$ cm、平均体重は  $74.9 \pm 7.0$  kgであった。C 群の平均年齢は  $25.3 \pm 1.7$  歳、平均身長は  $174.9 \pm 6.4$ cm、平均体重は  $73.3 \pm 14.2$  kgであった。また、J 群の平均罹患期間は  $49.8 \pm 28.9$  ヶ月であり（表 4 - 1）、Roels ら<sup>16)</sup>の分類によると phase 1 が 2 脚、phase 2 が 6 脚、phase 3 が 2 脚、phase 4 が 0 脚であった（表 4 - 2）。

J 群の競技種目は、バレーボールが 5 名 6 脚、サッカーが 3 名 4 脚であった。また、C 群には競技スポーツを継続実施している者はおらず、定期的な運動を行っていない者およびレクリエーションレベルの運動実施者であった。

本研究における J 群の選択基準は、①練習や試合の際に膝蓋腱または膝蓋腱の膝蓋骨付着部に疼痛がある、②疼痛を感じる部位に一致した圧痛がある、③症状が 3 ヶ月以上継続していることとし、C 群の選択基準は、膝関節に痛みを訴えない 20 代健康成人男性とした。また、除外基準は、①膝蓋大腿関節の障害（疼痛）がある者、②膝関節の靭帯損傷、半月板損傷などの既往がある者、③膝関節に腫脹がある者、④膝関節に退行性変化の症状がある者、⑤年齢が 18～40 歳でない者、⑥喫煙習慣者、⑦循環器系の障害がある者、⑧皮膚表面温度に影響を与える薬剤の服薬者とした。

実験を行うに際し、対象者には実験内容や手順を書面および口頭にて

説明し、途中辞退できることを伝えた上で、書面による実験協力の同意を得た。また、本研究は筑波大学人間総合科学研究科倫理委員会の承認を得て行った。

表 4 - 1 対象者の身体特性

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	罹患期間(ヶ月)
J群(10脚)	20.9±1.1	183.0±5.3	74.9±7.0	49.8±28.9
C群(14脚)	25.3±1.7	174.9±6.4	73.3±14.2	—

表 4 - 2 J群の病期分類

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
J群(10脚)	2脚	6脚	2脚	0脚

## 4 - 2 - 2 測定項目

### 4 - 2 - 2 - 1 圧痛部皮膚表面温度 (STTP)

STTP の測定には，赤外線サーモグラフィ (THERMO TRACER TH7102MX : NEC San - ei 社製) (図 3 - 2) を用いた．STTP の測定は，研究課題 1 と同様の方法で行った．また，すべての測定は同一検者によって行われた．

### 4 - 2 - 2 - 2 圧痛

圧痛の測定には，マイクロ FET (日本メディックス社製) (図 3 - 5) を用いた．また，圧痛の測定は，研究課題 1 と同様の方法で行った．

### 4 - 2 - 2 - 3 大腿四頭筋柔軟性

大腿四頭筋柔軟性の測定は，腹臥位で股関節・膝関節伸展  $0^{\circ}$  の状態から，足関節を  $0^{\circ}$  に保ったまま，膝関節を他動的に屈曲した時の踵と殿部の距離 (以下 踵殿距離) を計測した<sup>155)</sup>．膝関節の他動的な屈曲は，股関節の屈曲が起こらないところまでとした．また，すべての測定は同一検者によって行われた．

### 4 - 2 - 2 - 4 大腿四頭筋筋弾性

大腿四頭筋の筋緊張度を筋弾性計 Muscle Meter PEK-1 (井元製作所社製) (図 4 - 1) を用いて測定した．測定部位は木下らの方法<sup>156)</sup>に従い，下前腸骨棘と脛骨粗面を結ぶ直線の中点とし，①背臥位，股関節  $0^{\circ}$  ・膝関節  $0^{\circ}$  ，②背臥位，股関節  $0^{\circ}$  ・膝関節  $90^{\circ}$  屈曲位の 2 通りで測定した (図 4 - 2, 図 4 - 3)．測定は一部位につき 3 回行い平均値を求めた．ま

た，すべての測定は同一検者によって行われた。

筋弾性計 Muscle Meter PEK-1 は，筒状の加圧プローブと補助筒を押しあて，あらかじめ設定されたスプリングの加重と位置変化により，皮下脂肪を押し分けて筋の弾性を計る方法を採用している．測定値は測定対象が硬いものほど大きな値となる．また，測定精度に関しては測定対象と装置との角度によらず一定の精度を保つことが検証されており<sup>157)</sup>，表示値 60 の時，推力 337g で  $17.2\text{g}/\text{mm}^2$  を示す．



図 4 - 1 筋弾性計

表示値 60 の時, 推力 337g で  $17.2\text{g}/\text{mm}^2$  を示す.  
表示値 70 の時, 推力 377g で  $19.2\text{g}/\text{mm}^2$  を示す.

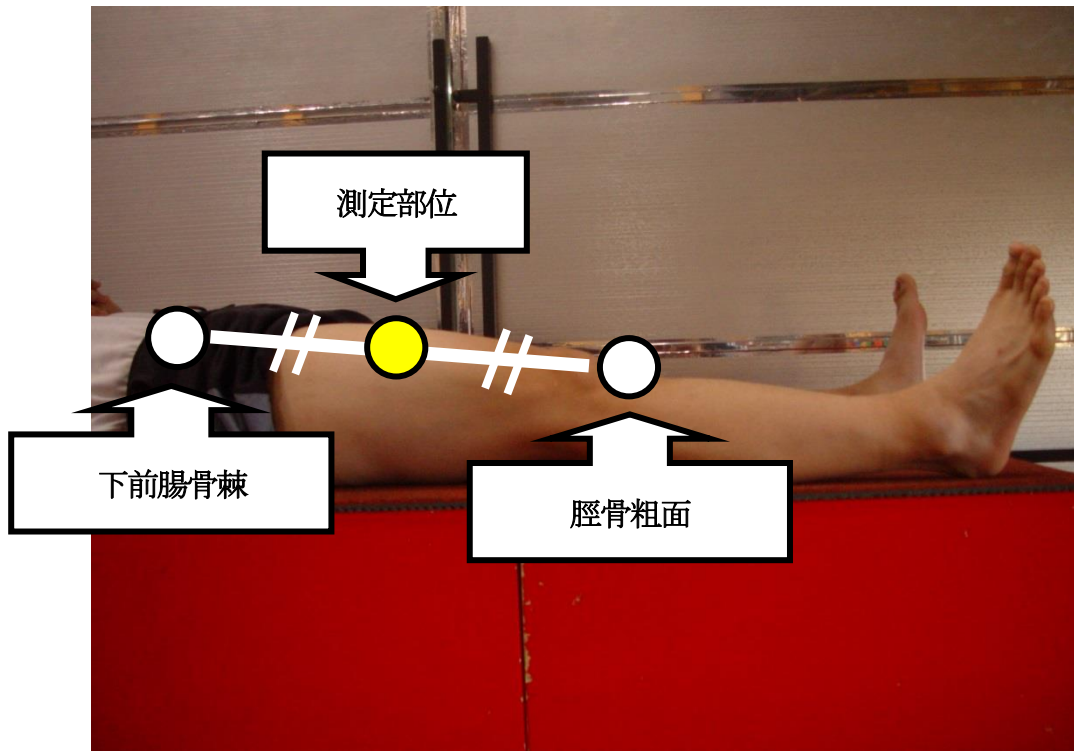


図 4 - 2 膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の測定肢位

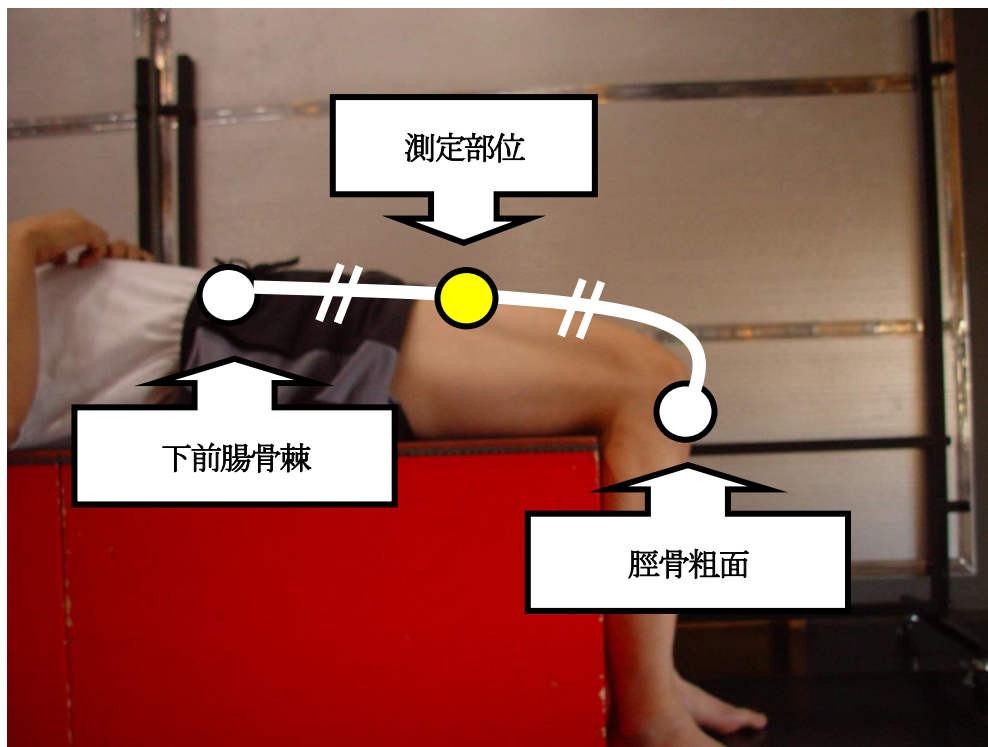


図 4 - 3 膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性の測定肢位



#### 4 - 2 - 2 - 5 VISA score

VISA score は、ジャンパー膝の重症度を①日常生活動作での症状，②スクワット，ジャンプなどの簡単な機能テスト時の症状，③スポーツ活動状況からなる 8 つの項目により合計 100 点満点で評価する方法である<sup>79)</sup> (図 1 - 7, 図 1 - 8). VISA score は，高い信頼性と再現性が検証された評価法であり，膝に痛みがなく，スポーツ活動を十分に行える場合の最高点は 100 点，理論上の最低点は 0 点である.

VISA score の測定は，図 1 - 7 および図 1 - 8 の質問項目について，対象者の測定時の状態を自記式で記録した. スクワットやジャンプなどの動作時痛を記入する質問項目については，その場で実際に動作を行った際の疼痛の程度を自記式で記録した.

### 4 - 2 - 3 測定環境

日本サーモロジー学会の基準案<sup>154)</sup>に従って測定環境を設定した。測定環境は、室温  $25.0 \pm 0.0^{\circ}\text{C}$ 、湿度  $50.7 \pm 1.2\%$ であった。測定中は対象者の周囲をパーティションで囲み、風が当たらないようにした（図 3 - 4）。

### 4 - 2 - 4 実験プロトコル

測定室に入室後、半袖短パンに着替えて 20 分間の室温順化を経た後に STTP を測定した。踵殿距離、大腿四頭筋筋弾性、VISA score、圧痛の 4 項目は、STTP への影響を考慮して、STTP の測定終了後に、踵殿距離、大腿四頭筋筋弾性、VISA score、圧痛の順で測定した（図 4 - 4）。

測定前の注意事項として、対象者には測定前には激しい運動や入浴をしないように指示し、測定の前 2 時間は食事を控えさせた。また、測定に関する手順は、日本サーモロジー学会の基準案<sup>154)</sup>に従った。

### 4 - 2 - 5 統計処理

測定結果はすべて平均値±標準偏差で表した。STTP、圧痛、踵殿距離、大腿四頭筋筋弾性は、対応のない t 検定を用いて両群を比較した。また、各測定項目間の相関は、Spearman の順位相関係数を用いて検討した。いずれの場合も有意水準は 5%とした。

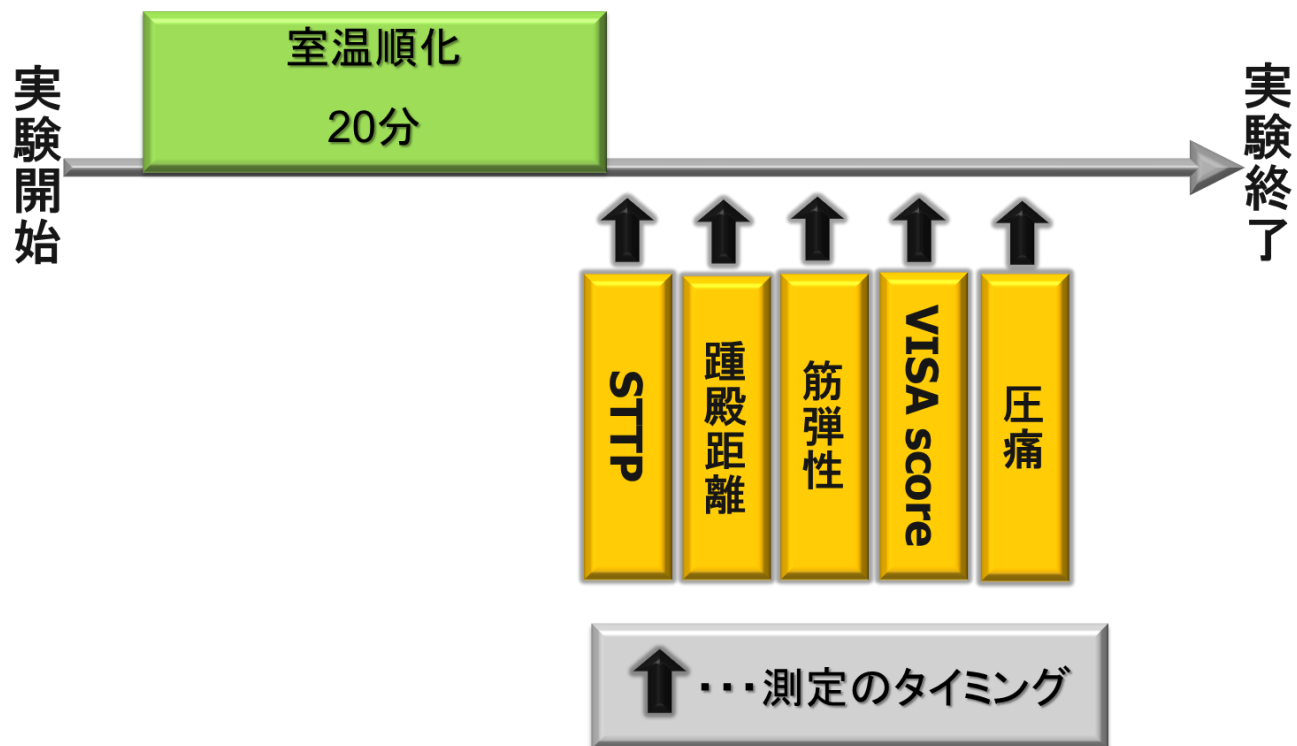


図 4 - 4 実験プロトコル

※室温順化は室温  $25.0 \pm 0.0^{\circ}\text{C}$ ，湿度  $50.7 \pm 1.2\%$  の環境で実施した。

### 4 - 3 結果

#### 4 - 3 - 1 STTP

各群の STTP の平均値±標準偏差を表 4 - 3 に示す. STTP は, J 群 ( $33.9 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ ) は C 群 ( $32.3 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ ) と比較して有意に高い値を示した ( $p < 0.01$ ) (図 4 - 5).

#### 4 - 3 - 2 圧痛

圧痛は, J 群 ( $76.1 \pm 25.8\text{mm}$ ) が C 群 ( $14.6 \pm 17.7\text{mm}$ ) と比較して有意に高い値を示した ( $p < 0.01$ ) (図 4 - 6, 表 4 - 3).

#### 4 - 3 - 3 踵殿距離

踵殿距離は, J 群 ( $5.3 \pm 4.6\text{cm}$ ) と C 群 ( $2.3 \pm 2.7\text{cm}$ ) の間に有意な差はみられなかった (図 4 - 7, 表 4 - 3).

#### 4 - 3 - 4 大腿四頭筋筋弾性

膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性は, J 群 ( $52.9 \pm 1.8$ ) と C 群 ( $52.5 \pm 2.3$ ) の間に有意な差はみられなかった (図 4 - 8, 表 4 - 3).

膝  $90^{\circ}$  屈曲位での大腿四頭筋筋弾性は, J 群 ( $60.2 \pm 2.5$ ) と C 群 ( $60.7 \pm 2.8$ ) の間に有意な差はみられなかった (図 4 - 9, 表 4 - 3).

#### 4 - 3 - 5 VISA score

VISA score は, J 群 ( $75.2 \pm 15.1$  点) が C 群 ( $100 \pm 0.0$  点) と比較して有意に低い値を示した ( $p < 0.01$ ) (図 4 - 10, 表 4 - 3).

表 4 - 3 各測定項目の結果一覧

	J群	C群
STTP (°C)	33.9±0.8 **	32.3±1.3
圧痛(mm)	76.1±25.8 **	14.6±17.7
踵殿距離(cm)	5.3±4.6	2.3±2.7
大腿四頭筋筋弾性(膝伸展位)	52.9±1.8	52.5±2.3
(膝90° 屈曲位)	60.2±2.5	60.7±2.8
VISA score (点)	75.2±15.1 **	100±0.0

\*\* p<0.01

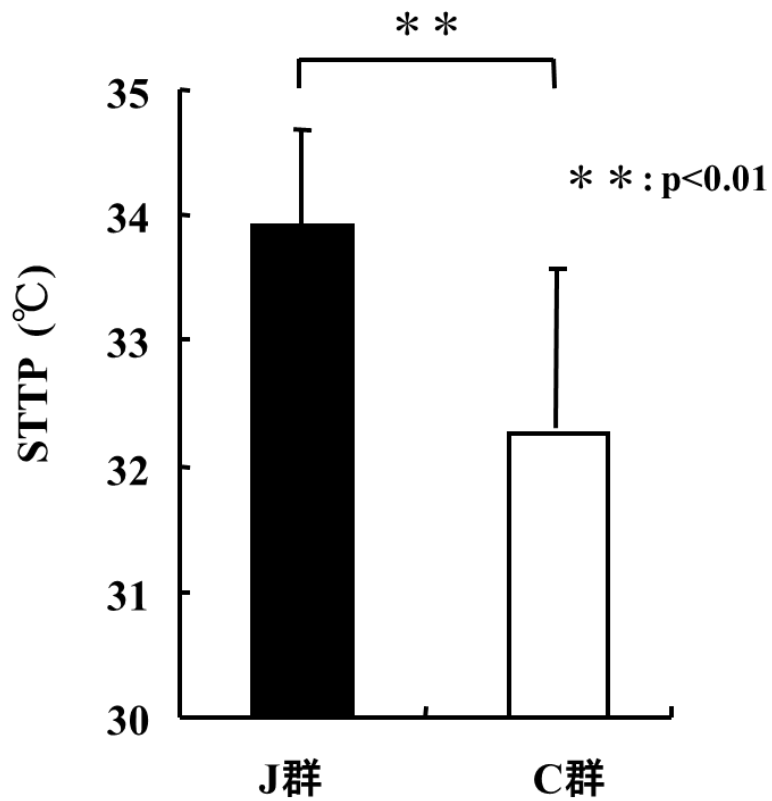


図 4 - 5 STTP の比較

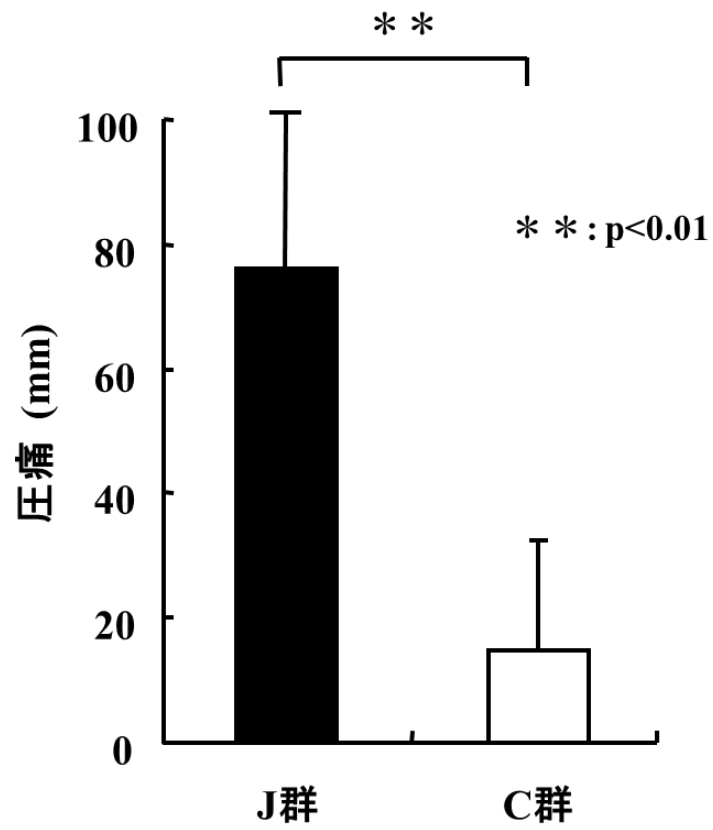


図 4 - 6 圧痛の比較

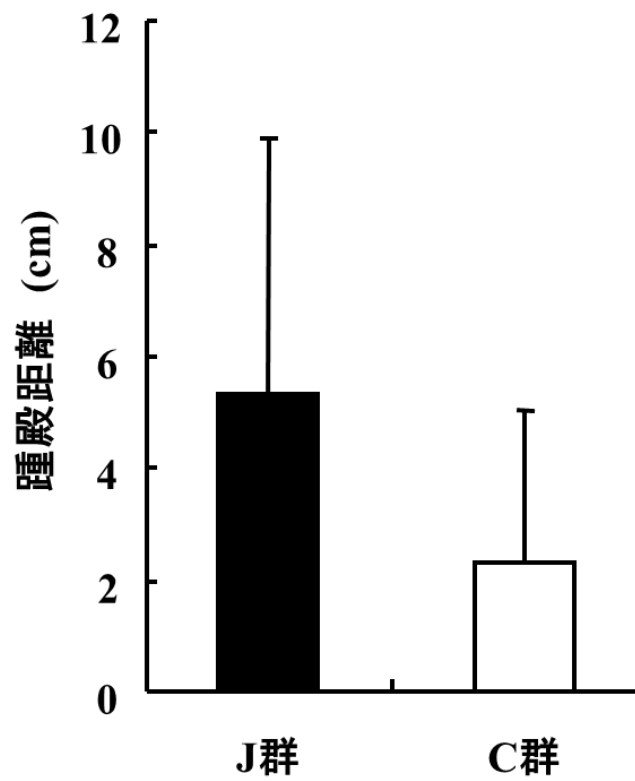


図 4 - 7 踵殿距離の比較

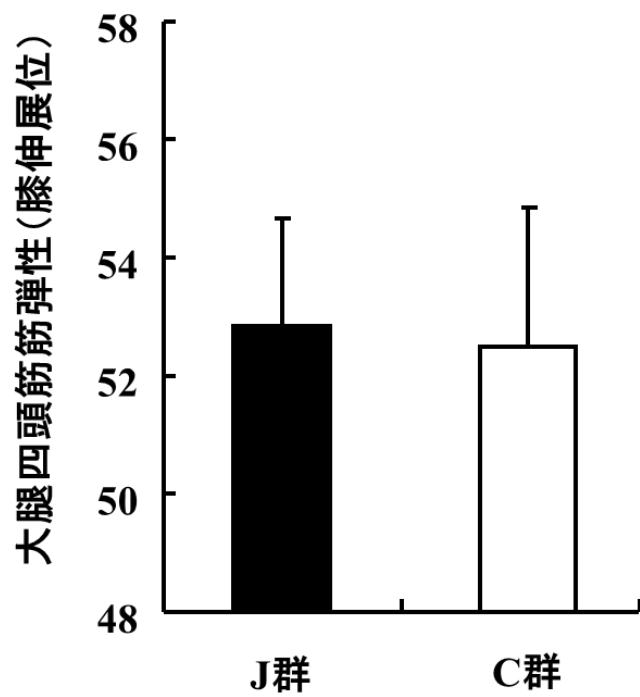


図 4 - 8 膝伸展位での大腿四頭筋弾性の比較

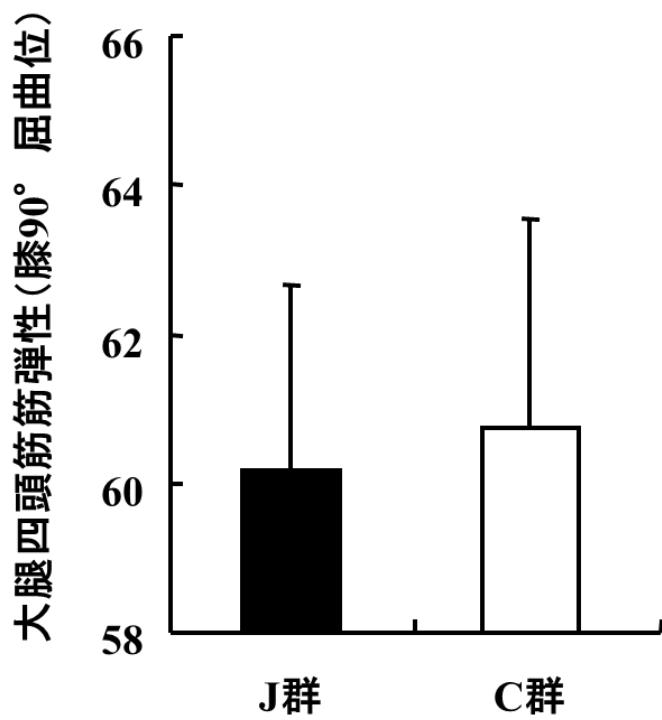


図 4 - 9 膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋弾性の比較

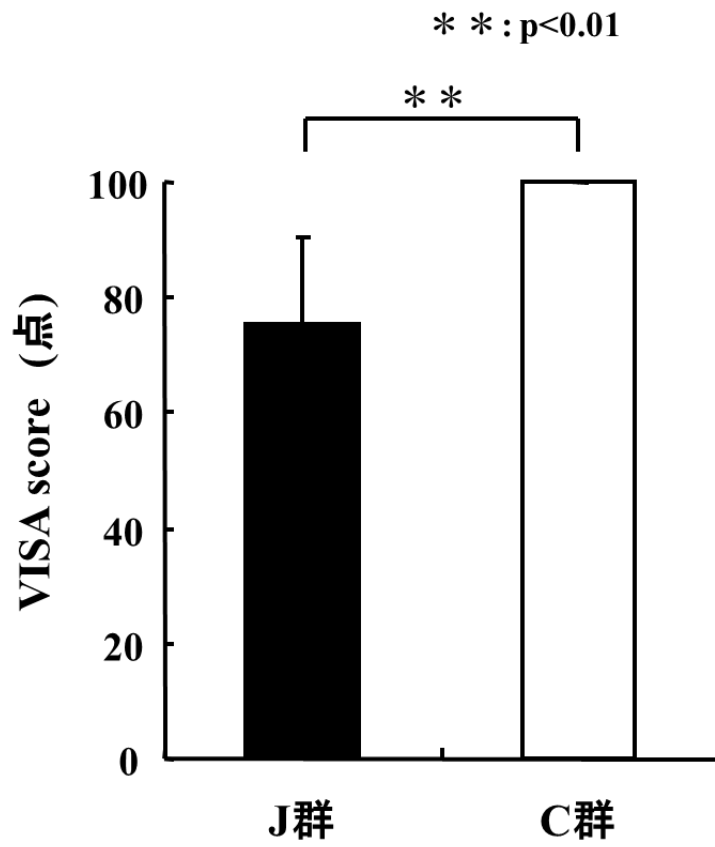


図 4 - 10 VISA score の比較



#### 4 - 3 - 6 STTP と圧痛の関係

STTP と圧痛の間に有意な正の相関がみられた ( $r=0.65$ ,  $p<0.01$ ) (図 4 - 11).

#### 4 - 3 - 7 STTP と踵殿距離の関係

STTP と踵殿距離の間に有意な相関はみられなかった ( $r=0.17$ ).

#### 4 - 3 - 8 STTP と膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の関係

STTP と膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の間に有意な相関はみられなかった ( $r=0.20$ ).

#### 4 - 3 - 9 STTP と膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性の関係

STTP と膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性の間に有意な相関はみられなかった ( $r=0.21$ ).

#### 4 - 3 - 10 STTP と VISA score の関係

STTP と VISA score の間に有意な負の相関がみられた ( $r=-0.52$ ,  $p<0.05$ ) (図 4 - 12).

#### 4 - 3 - 11 圧痛と踵殿距離の関係

圧痛と踵殿距離の間に有意な相関はみられなかった ( $r=0.16$ ).

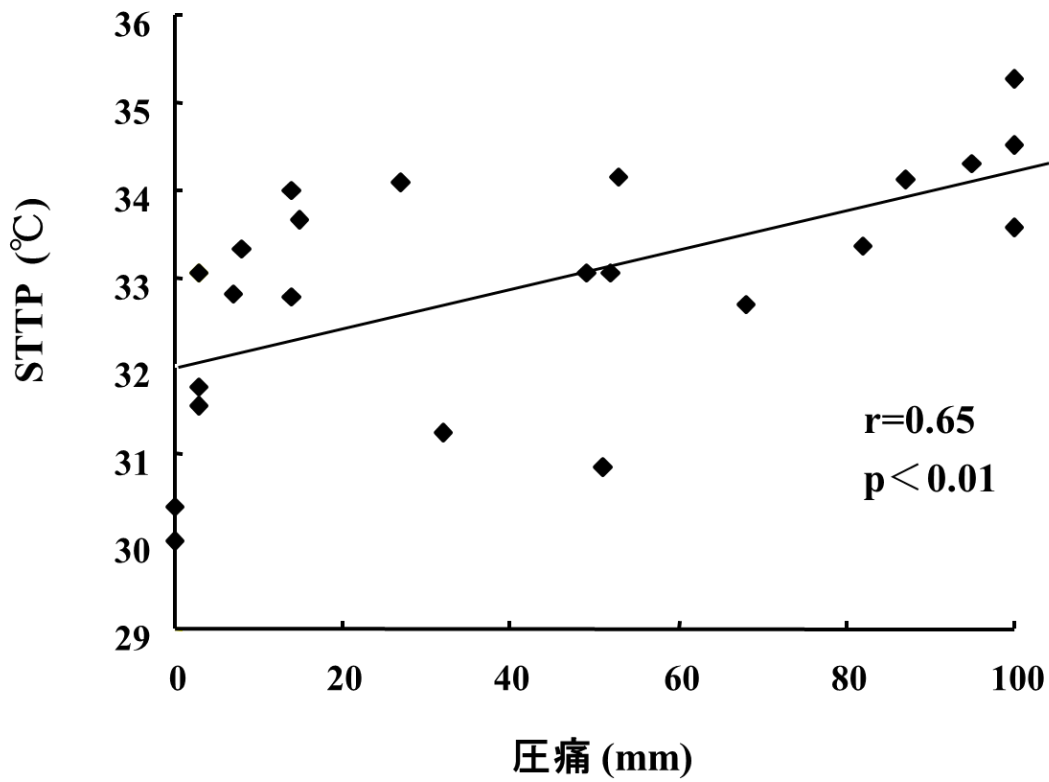


図 4 - 11 STTP と圧痛の関係

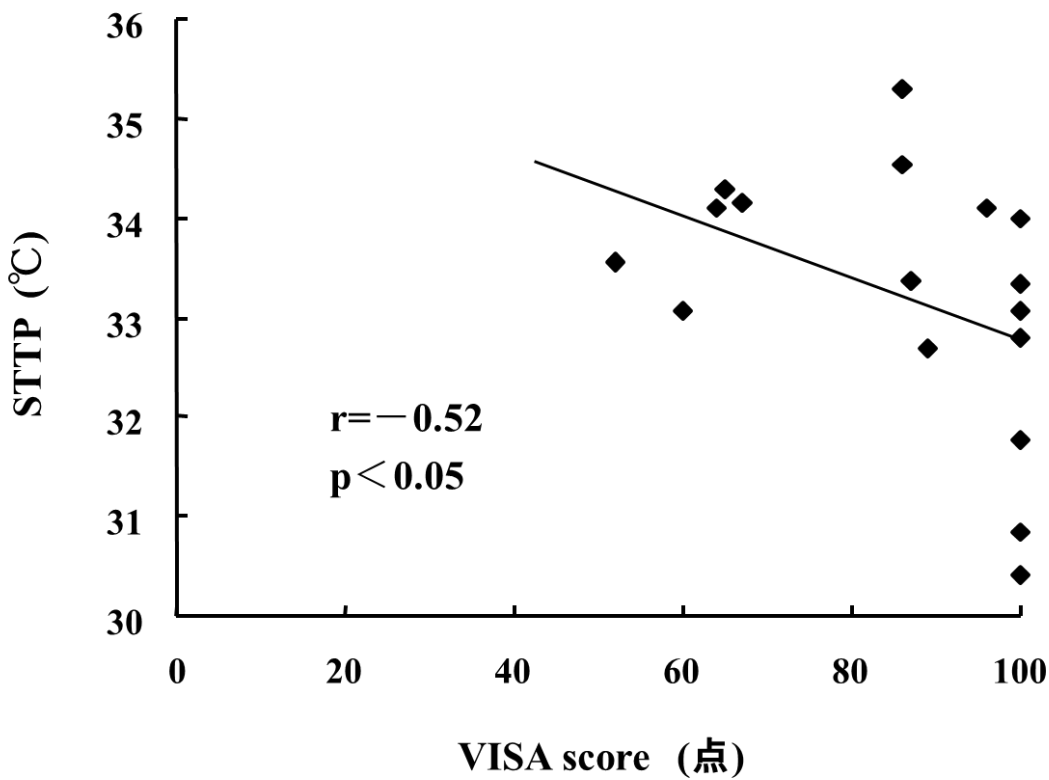


図 4 - 12 STTP と VISA score の関係

#### 4 - 3 - 12 圧痛と膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の関係

圧痛と膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の間に有意な相関はみられなかった ( $r=-0.11$ ).

#### 4 - 3 - 13 圧痛と膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性の関係

圧痛と膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性の間に有意な相関はみられなかった ( $r=-0.02$ ).

#### 4 - 3 - 14 圧痛と VISA score の関係

圧痛と VISA score の間に有意な負の相関がみられた ( $r=-0.60$ ,  $p<0.01$ ) (図 4 - 13).

#### 4 - 3 - 15 踵殿距離と膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の関係

踵殿距離と膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の間に有意な正の相関がみられた ( $r=0.58$ ,  $p<0.01$ ) (図 4 - 14).

#### 4 - 3 - 16 踵殿距離と膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性の関係

踵殿距離と膝 90° 屈曲位での筋弾性の間に有意な相関はみられなかった ( $r=-0.10$ ).

#### 4 - 3 - 17 踵殿距離と VISA score の関係

踵殿距離と VISA score の間に有意な相関はみられなかった ( $r=-0.11$ ).

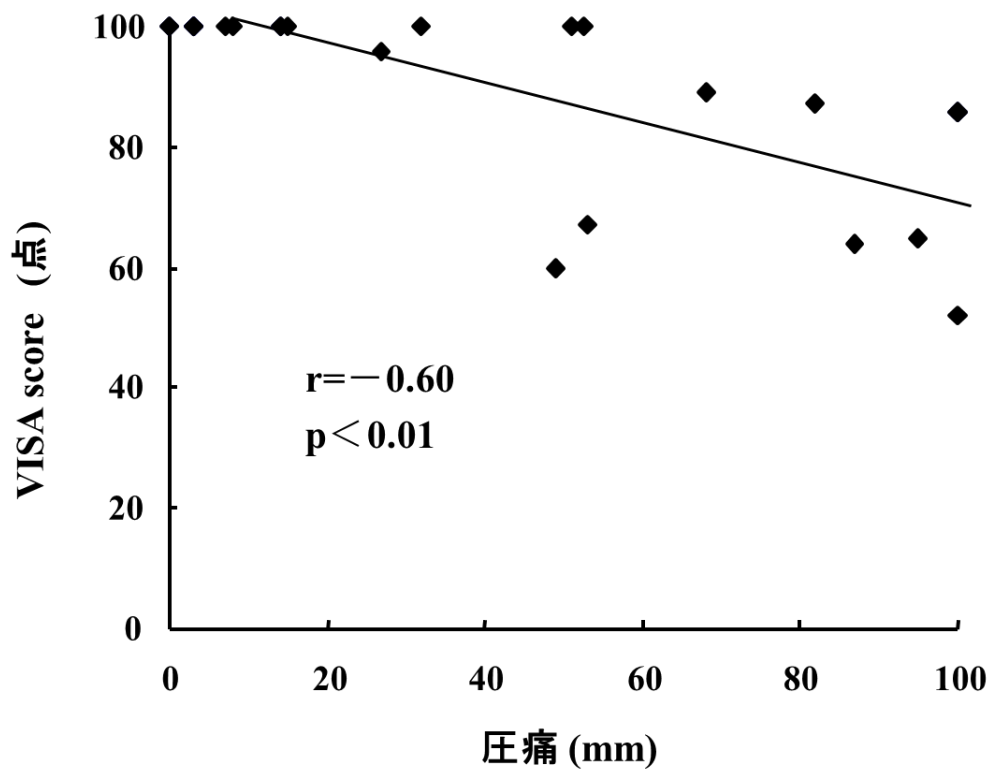


図 4 - 13 圧痛と VISA score の関係

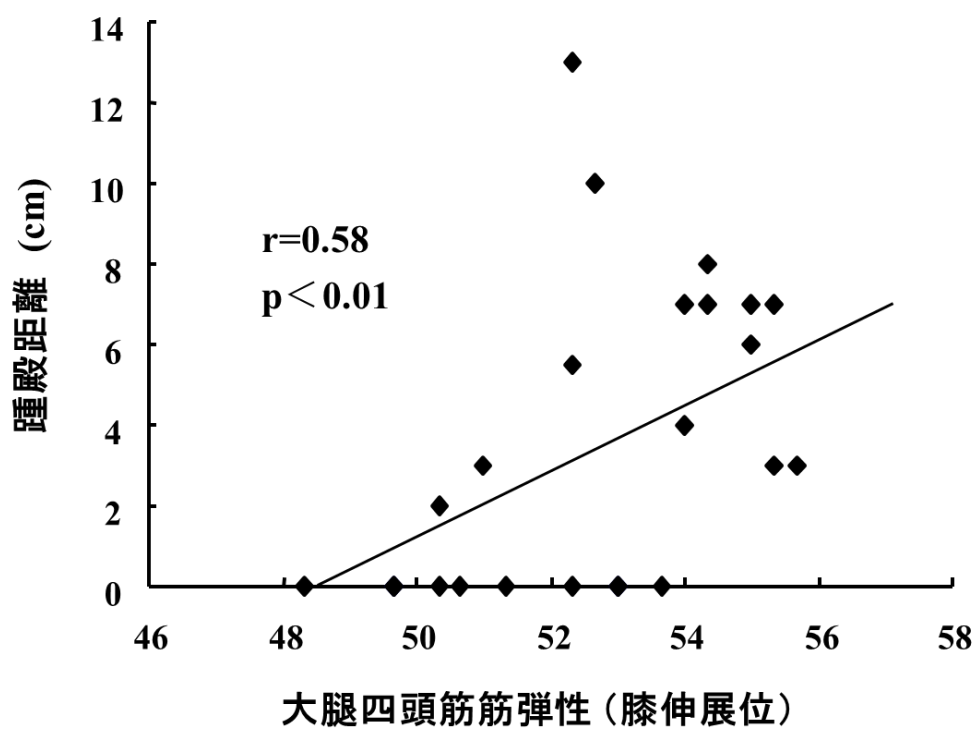


図 4 - 14 踵殿距離と膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の関係

#### 4 - 3 - 18 膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性と VISA score の関係

膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性と VISA score の間に有意な相関はみられなかった ( $r=-0.00$ ).

#### 4 - 3 - 19 膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性と VISA score の関係

膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性と VISA score の間に有意な相関はみられなかった ( $r=0.18$ ).

## 4-4 考察

### 4-4-1 STTP について

J 群が C 群と比較して有意に高い STTP を示した結果は、本論文の研究課題 1 の寒冷負荷前の Pre STTP において、J 群が C 群よりも高値を示した結果および、宮本ら<sup>75)</sup>、原ら<sup>74, 78)</sup>の先行研究の結果と一致していることから、安静時の STTP の上昇はジャンパー膝特有の反応であると考えられる。また、本研究の研究課題 1 の Pre STTP の値 (J 群 :  $33.3 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ , C 群 :  $31.9 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ ) および先行研究<sup>74)</sup>の値 (J 群 :  $32.5 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ , C 群  $31.2 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ) と比較すると、本研究では J 群は  $33.9 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ , C 群は  $32.3 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$  という結果であり、J 群に関しては研究課題 1 と比較すると平均で  $0.6^{\circ}\text{C}$ , 先行研究<sup>74)</sup>と比較すると  $1.4^{\circ}\text{C}$  高い値を示したことから、本研究の J 群は、研究課題 1 および先行研究<sup>74)</sup>の J 群と比較するとジャンパー膝の重症度が高かった可能性がある。

ジャンパー膝の STTP に関して検討した先行研究は少なく<sup>74-78)</sup>、またジャンパー膝の安静時の STTP が高値を示すメカニズムについて検討した研究はないが、ジャンパー膝の病理学的な研究<sup>12,16,33)</sup>においては、慢性的な痛みを訴えるジャンパー膝の膝蓋腱の膝蓋骨付着部では、腱の肥厚・コラーゲン線維の変性・新生血管の増殖がみられるとの報告から考えると、本研究における STTP の上昇には、新生血管の増殖が影響したものと考えられる。また、本研究の測定環境は、室温約  $25^{\circ}\text{C}$ ・湿度約 50% に設定しており、この温度条件ではヒトの皮膚表面温度は、外気と熱的に平衡に達することのできる環境で、皮膚表面温度は皮膚に供給される血流量を表す<sup>100)</sup>ことから、膝蓋腱の疼痛部に血流量を増加させる原因が存在していたことが示唆される。

また、STTPをそれぞれの対象者について検討した結果、C群では34℃を超える例は一例もなかったのに対して、J群では10脚中6脚が34℃以上であったことは興味深い。STTPに関しては、今後さらに症例数を増やして検討することで、ジャンパー膝の治癒過程を判断する基準や、ジャンパー膝の早期発見およびスクリーニングテストとして用いることができる可能性があると考えられる。

#### 4-4-2 圧痛について

圧痛については、本研究と同様の測定方法で評価した先行研究は、原ら<sup>74)</sup>以外にみあたらないため、その値を多くの先行研究と比較することはできないが、本研究のJ群がC群と比較して有意に高い値を示した結果は、本論文の研究課題1および先行研究<sup>74)</sup>と同様の結果であった。

本研究の研究課題1の値（J群： $66.8 \pm 27.9\text{mm}$ 、C群： $15.4 \pm 19.3\text{mm}$ ）および先行研究<sup>74)</sup>の値（J群： $53.4 \pm 27.0\text{mm}$ 、C群： $17.2 \pm 24.2\text{mm}$ ）と比較すると、本研究のC群（ $14.6 \pm 17.7\text{mm}$ ）は、ほぼ同様の値を示したが、J群（ $76.1 \pm 25.8\text{mm}$ ）は、本研究の対象者の方が高い値を示した。C群の値は、本研究の研究課題1および先行研究<sup>74)</sup>の値と近似していることから、本研究の押圧操作は、研究課題1および先行研究<sup>74)</sup>と同様に行えたと考えられ、本研究のJ群の対象者は、研究課題1および先行研究<sup>74)</sup>と比較するとジャンパー膝の重症度が高かった可能性がある。このことは、安静時のSTTPが本研究において高値を示した結果からも示唆される。

#### 4-4-3 踵殿距離および大腿四頭筋筋弾性について

木下ら<sup>156)</sup>は、本研究と同様の筋弾性計を用いて大腿四頭筋の筋硬度を

測定した結果，大腿四頭筋の伸長度と正の相関を示すことを報告し，筋硬度の測定により膝伸展機構の伸長度を評価できる可能性を示唆した．また，Witvrouw ら<sup>25)</sup>による prospective study によれば，ジャンパー膝を発症する危険因子として，大腿四頭筋とハムストリングスの柔軟性低下をあげ，Henk ら<sup>30)</sup>は，その systematic review において，高いエビデンスはないものの，大腿四頭筋柔軟性低下をある程度のエビデンスのあるジャンパー膝発症の危険因子と結論づけた．

これらの先行研究の結果から，J 群においては膝伸展機構のなかでも大腿四頭筋の筋緊張が強くなり，筋硬度の増加および柔軟性の低下が起きていることが予想されたが，大腿四頭筋の筋弾性は，両群間において有意差はみられず，また大腿四頭筋の柔軟性を評価する項目である踵殿距離においても同様に有意差はみられなかった．

本研究の膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性の結果 (J 群 :  $52.9 \pm 1.8$ , C 群 :  $52.5 \pm 2.3$ ) は，木下ら<sup>156)</sup>の健常成人 12 名を対象とした結果 ( $52.1 \pm 2.8$ ) と比較してほぼ同様の値を示し，また，膝 90° 屈曲位での大腿四頭筋筋弾性においても，本研究の結果 (J 群 :  $60.2 \pm 2.5$ , C 群 :  $60.7 \pm 2.8$ ) は，木下ら<sup>156)</sup>の結果 ( $58.2 \pm 3.4$ ) とほぼ一致した．

本研究において大腿四頭筋の柔軟性および筋弾性について，両群間で有意差がみられなかった結果は，本研究の J 群のジャンパー膝の罹患期間と関係があると考えられる．J 群の平均罹患期間は 49.8 ヶ月であり，全例において症状は慢性的なものであったことから，柔軟性に関してはジャンパー膝罹患初期と比べると，改善されていた可能性が考えられる．また，本研究ではバレーボールおよびサッカー部に所属する男子大学スポーツ選手を J 群の対象者としたが，バレーボールおよびサッカー部と



もにチームにトレーナーとして活動するスタッフがいたことから、日常的にストレッチングの指導が行われていたことが、本研究の結果に影響した可能性がある。したがって、本研究の結果は、本研究の対象者のスポーツ環境に依存した結果である可能性が考えられ、すべてのジャンパー膝において同様の結果となるかは分からないため、今後さらなる検討が必要である。

この結果から、大腿四頭筋の柔軟性低下はジャンパー膝発症の危険因子となり得るが、慢性的なジャンパー膝に関しては、その重症度を表す指標とはなり得ない可能性が示唆された。しかし、本研究の対象者は J 群 10 脚、C 群 14 脚と少ないため、今後はより多くの対象者において再検討する必要があるといえる。

また、筋柔軟性に関しては、本研究では大腿四頭筋のみを評価対象としたが、Witvrouw ら<sup>25)</sup>および甲斐ら<sup>27)</sup>は、ハムストリングスの柔軟性低下をジャンパー膝発症の危険因子と報告していることから、今後は大腿四頭筋に加えてハムストリングスの柔軟性を検討することが必要である。

#### 4 - 4 - 4 VISA score について

VISA score は、ジャンパー膝の重症度を得点化して評価する方法であり、Visentini ら<sup>79)</sup>によってその有用性が証明されている。本研究において、J 群は C 群と比較して有意に低い点数を示したが、これは Visentini ら<sup>79)</sup>の報告と同様の結果であった。また、Visentini ら<sup>79)</sup>によると、ジャンパー膝でスポーツクリニックに紹介された選手の平均スコアは  $55 \pm 12$  点、ジャンパー膝に対して手術療法が必要であった選手の手術前平均ス

コアは  $22 \pm 17$  点，術後 6 ヶ月平均スコアは  $49 \pm 15$  点，術後 12 ヶ月平均スコアは  $75 \pm 17$  点であったのに対して，本研究の J 群の平均スコアは  $75.2 \pm 15.1$  点であった．本研究で対象となった J 群の選手は，痛みのために競技レベルを保つことが困難と感じる選手もいたが，練習を休まなくてはいけないほど重症な選手はいなかった．

#### 4 - 4 - 5 各測定項目の関係について

ジャンパー膝の重症度を表す VISA score と，STTP および圧痛は，それぞれ正の相関がみられることから，STTP と圧痛はジャンパー膝の重症度を表す機能的評価指標となる可能性が示唆された．なかでも STTP は客観的な指標であるため，ジャンパー膝の検査法として，その利用価値は大きいといえる．

ジャンパー膝の発症リスクとなり得ると報告されている大腿四頭筋の柔軟性<sup>25, 30)</sup>および筋の伸長度を表す筋硬度<sup>156)</sup>を検討した結果，踵殿距離と膝伸展位での大腿四頭筋筋弾性との間には有意な正の相関がみられ，筋弾性は筋柔軟性を表す指標となり得ることが示唆された．しかし，ジャンパー膝の重症度を表す VISA score, VISA score と相関のある STTP および圧痛との関係を検討した結果，筋弾性および踵殿距離は，STTP, 圧痛, VISA score のいずれとも相関関係はみられなかった．

この結果から，大腿四頭筋の柔軟性および筋弾性とジャンパー膝の重症度には関係がないことが示されるが，その要因は，踵殿距離および筋弾性において J 群と C 群の間において有意差がみられなかった結果と同様に，ジャンパー膝の罹患期間の長さと考えられる．本研究の J 群の平均罹患期間は 49.8 ヶ月で，全例において症状は慢性的なも

のであり、その疼痛は、大腿四頭筋の筋柔軟性ではなく、膝蓋腱局所の組織的な変性に起因している可能性が考えられる。

また、本研究では検討していないが、疼痛の原因が下肢のアライメント不良である可能性も考えられる。下肢のアライメント不良によって跳躍動作や走動作時の膝蓋腱の伸長ストレスを高めている可能性もあるため、今後は圧痛や VISA score, STTP とアライメントとの関係を検討する必要があり、Henk ら<sup>30)</sup>が危険因子として挙げている足部アーチ高や、Blazina ら<sup>1)</sup>が発症に関する内的因子として挙げている膝蓋大腿関節のアライメント不良や脛骨外旋を評価する Q - angle および Thigh-foot-angle などに関する検討が今後の課題である。

以上のことより、ジャンパー膝の重症度に関する評価指標としては、大腿四頭筋の柔軟性や筋緊張だけではなく、客観的にジャンパー膝の重症度を評価し得る STTP を用いることが有用であると考えられる。皮膚表面温度の測定は、簡便かつ非侵襲的に測定でき、その結果を客観的に評価できるため、今後スポーツ現場で活用できる可能性がある。

ジャンパー膝の膝蓋腱は圧痛部が特異的に高温を示すこと、また、研究課題 1 および本研究の結果から、STTP の評価対象部位は、圧痛部のみでもジャンパー膝の症状を反映し得ることが示唆されたことから、赤外線サーモグラフィではなく、熱電対温度計などの測定法を利用することができると考えられる。また、熱電対温度計は赤外線サーモグラフィよりも廉価で携帯性に優れるところが利点であることから、今後、臨床での応用が期待できる。

#### 4-4-6 本研究の限界と今後の課題

本研究では、ジャンパー膝に対する各測定項目の有用性およびその関係性を検討したが、対象者の数が少ないことと、横断的な評価のみであることから、今後は対象者を増やしてさらなる検討を加えるとともに、縦断的な研究を行うことが課題である。

特に、縦断的研究を行うことで、本研究においてジャンパー膝の重症度評価について有用性が示唆された STTP が、それぞれの対象者におけるジャンパー膝の症状の変化、回復過程を評価する指標となり得るかどうかを検討することが重要と考える。

また、本研究では超音波画像や MRI 画像などの画像検査を行っていないため、今後は、膝伸展機構特性と膝蓋腱の形態特性に関する検討が必要である。また、超音波ドップラー法などを用いて、STTP と膝蓋腱の Vascularity との関係を検討することも今後の課題である。

本研究では身体特性のなかでも、膝伸展機構に着目して大腿四頭筋の柔軟性および筋弾性を評価指標としたが、今後はハムストリングスの柔軟性や、今回検討項目としなかった下肢アライメントに関する検討を加える必要がある。

#### 4 - 5 結論

本研究では、J 群および C 群を対象に、STTP、圧痛、踵殿距離、大腿四頭筋筋弾性、VISA score を測定し、ジャンパー膝と各測定項目との関係を検討した結果、以下の結論を得た。

- 1) 安静時の STTP および圧痛において、J 群は C 群と比較して有意に高い値を示した ( $p < 0.01$ )。
- 2) VISA score において、J 群は C 群と比較して有意に低い値を示した ( $p < 0.01$ )。
- 3) 踵殿距離および大腿四頭筋筋弾性において、J 群と C 群との間に有意差はみられなかった。
- 4) 安静時の STTP と圧痛 ( $r = 0.65$ ,  $p < 0.01$ )、安静時の STTP と VISA score ( $r = -0.52$ ,  $p < 0.05$ )、圧痛と VISA score ( $r = -0.60$ ,  $p < 0.01$ ) との間に有意な相関がみられた。
- 5) 踵殿距離および大腿四頭筋筋弾性は、圧痛、STTP、VISA score のいずれとも有意な相関を示さなかった。

安静時の STTP は、ジャンパー膝の重症度を点数で表す VISA score および圧痛と有意な相関を示し、これまで重要視されてきた大腿四頭筋の柔軟性の指標となる踵殿距離や、筋緊張度の指標となる筋弾性は、STTP、VISA score、圧痛とは相関関係を示さなかった。これらのことから、ジャンパー膝の慢性例においては、圧痛および VISA score で評価された動作時痛の原因は、膝伸展機構全体にあるのではなく、膝伸展機構のなかでも膝蓋腱局所に存在する可能性が示唆された。

以上より，ジャンパー膝の重症度を評価する機能的評価指標として，大腿四頭筋の筋柔軟性，筋弾性のみでなく，膝蓋腱局所の評価指標である STTP および圧痛をあわせて用いることの有用性が示唆された．

## 第 5 章 ジャンパー膝の Vascularity, STTP, 疼痛の関係およびジャンパー膝に対する低周波鍼通電の効果に関する研究

### 5 - 1 緒言

ジャンパー膝の膝蓋腱圧痛部が特異的に高温像を示すことは、宮本ら<sup>75,76)</sup>、原ら<sup>74,77)</sup>によって明らかにされているが、本論文の研究課題 1 および研究課題 2 においても、ジャンパー膝の膝蓋腱圧痛部は健常膝と比較して有意に高い皮膚表面温度を示すことを確認した。

これまで多くの超音波ドップラー法を用いた研究により、ジャンパー膝の症状を有する膝蓋腱は、新生血管が増殖していることが確認されている<sup>66,67)</sup>が、この新生血管と皮膚表面温度との関係を検討した研究はこれまで行われていない。

膝蓋腱の組織学的な先行研究から<sup>38-40)</sup>ジャンパー膝の疼痛の原因は、新生血管にともなう Neurovascular ingrowth であると考えられている<sup>8,50)</sup>。この新生血管は、ジャンパー膝の病態が進行するにともない増殖する<sup>50)</sup>と考えられていることから、ジャンパー膝の症状の程度を的確に把握するためには、圧痛やその他の臨床症状の検査とともに膝蓋腱内の Vascularity の程度を評価する必要があるといえる。

ジャンパー膝の STTP と Vascularity の程度の関係が明らかになれば、皮膚表面温度を用いたジャンパー膝の重症度評価の意義も高まり、皮膚表面温度の測定の非侵襲性、簡便性、客観性という利点を考えると、臨床現場で今後広く活用できる可能性がある。

低周波鍼通電に関しては、組織血流量や皮膚表面温度に着目した研究

が多く行われているが<sup>143-147)</sup>、その対象部位の多くは筋であり、腱についての研究は少ない<sup>147)</sup>。膝蓋腱に直接刺鍼して低周波鍼通電を行い、血流量を検討した研究<sup>147)</sup>では、10Hzの通電刺激を用いた結果、通電刺激後に血流が増加することを、ラットを用いた実験により確認している。低周波鍼通電ではないが、片山ら<sup>135)</sup>はヒトの膝蓋腱を対象に置鍼術を用いた鍼刺激の効果を検討した結果、膝蓋腱の血流量の増加を報告している。

これらの先行研究では、ジャンパー膝の膝蓋腱を対象にしていなかったため、ジャンパー膝の膝蓋腱は健常者と比較して、コラーゲン線維の変性、血管新生、膝蓋腱の肥厚など、異なる解剖学的特性および末梢循環特性を持つ<sup>12,16,33,50)</sup>ことを考えると、健常者と同じ反応が得られるかどうかは分からない。したがって、ジャンパー膝に対する鍼治療の効果を検討するためには、ジャンパー膝の膝蓋腱を対象とした研究が必要である。

また、ジャンパー膝の病態生理<sup>50)</sup>から考えると、疼痛緩和に関しては、ジャンパー膝の膝蓋腱の血流が増えるような刺激ではなく、膝蓋腱の末梢循環を抑制するような刺激のほうが適切な治療法となり得る可能性がある。しかし、膝蓋腱に対して、10Hz以外の周波数を用いた低周波鍼通電が組織血流量に与える影響を検討した研究は行われていないため、今後の研究が必要である。

そこで本研究は、ジャンパー膝を有するスポーツ選手と健常者を対象に、超音波ドップラー法を用いて Vascularity を計測し、Vascularity がジャンパー膝の重症度を表す機能的評価指標となり得るかどうかを明らかにすること、また Vascularity を表し得る評価指標を明らかにすることを目的に、Vascularity と STTP, 圧痛, SLDS, VISA score の関係を検討する。



さらに、ジャンパー膝に対する鍼治療の効果を明らかにすることを目的に、膝蓋腱への低周波鍼通電が膝蓋腱の STTP, Vascularity, 圧痛および SLDS に与える影響について検討する.

## 5 - 2 方法

### 5 - 2 - 1 対象

対象者は、医師にジャンパー膝と診断された大学スポーツ選手 9 名 13 脚（男性 7 名 10 脚，女性 2 名 3 脚；以下 J 群）と，膝関節に痛みを訴えない 20 代健康成人男性 7 名 14 脚（以下 C 群）とした．J 群の平均年齢は  $20.1 \pm 0.9$  歳，平均身長は  $185.0 \pm 9.0$ cm，平均体重は  $76.6 \pm 8.1$  kg であった．C 群の平均年齢は  $25.4 \pm 1.7$  歳，平均身長は  $170.1 \pm 4.2$ cm，平均体重は  $67.1 \pm 9.9$  kg であった．また，J 群の平均罹患期間は  $43.8 \pm 32.2$  ヶ月であり（表 5 - 1），Roels ら<sup>16)</sup> の分類によると phase 1 が 1 脚，phase 2 が 7 脚，phase 3 が 5 脚，phase 4 が 0 脚であった（表 5 - 2）．

J 群の競技種目は，バレーボールが 8 名 12 脚，バドミントンが 1 名 1 脚であった．また，C 群には競技スポーツを継続実施している者はおらず，定期的な運動を行っていない者およびレクリエーションレベルの運動実施者であった．

本研究における J 群の選択基準は，①練習や試合の際に膝蓋腱または膝蓋腱の膝蓋骨付着部に疼痛がある，②疼痛を感じる部位に一致した圧痛がある，③症状が 3 ヶ月以上継続していることとし，C 群の選択基準は，膝関節に痛みを訴えない 20 代健康成人男性とした．また，除外基準は，①膝蓋大腿関節の障害（疼痛）がある者，②膝関節の靭帯損傷，半月板損傷などの既往がある者，③膝関節に腫脹がある者，④膝関節に退行性変化の症状がある者，⑤年齢が 18～40 歳でない者，⑥喫煙習慣者，⑦循環器系の障害がある者，⑧皮膚表面温度に影響を与える薬剤の服薬者とした．

実験を行うに際し，対象者には実験内容や手順を書面および口頭にて

説明し、途中辞退できることを伝えた上で、書面による実験協力の同意を得た。また、本研究は久留米大学御井学舎倫理委員会の承認を得て行った。

表 5 - 1 対象者の身体特性

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	罹患期間(ヶ月)
J群(13脚)	20.1±0.9	185.0±9.0	76.6±8.1	43.8±32.2
C群(14脚)	25.4±1.7	170.1±4.2	67.1±9.9	—

表 5 - 2 J群の病期分類

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
J群(13脚)	1脚	7脚	5脚	0脚

## 5 - 2 - 2 測定項目

### 5 - 2 - 2 - 1 圧痛部皮膚表面温度 (STTP)

STTP の測定には，熱電対式デジタル温度計（BAT-7001H THERMOMETER; PHYSITEMP INSTRUMENTS INC）を用いた（図 5 - 1）．STTP の測定ポイントは，研究課題 1 と同様とした．また，すべての測定は同一検者によって行われた．

### 5 - 2 - 2 - 2 圧痛

圧痛の測定には，圧痛計 FP メーター（（有）松宮医科精器製作所）（図 5 - 2）を用いた．ゆっくりと一定の速さで 4 kg 重の圧に到達するように押圧した時の痛みの度合いを VAS を用いて，研究課題 1 と同様の方法で評価した．また，すべての測定は同一検者によって行われた．

### 5 - 2 - 2 - 3 VISA score

VISA score の測定は，研究課題 2 と同様の方法で行った．

### 5 - 2 - 2 - 4 片脚デクラインスクワット (SLDS)

25° の傾斜がついた台の上で SLDS<sup>158)</sup>を行った際の膝蓋腱の疼痛の程度を VAS を用いて評価した．VAS は 100mm の直線の左端を痛みなし，右端を最も激しい痛みとし，対象者自身に自覚的な疼痛の程度をその線上に示してもらい，左端からの距離を計測した．SLDS は，下降 (eccentric) 局面を 3 秒，上昇 (concentric) 局面を 1 秒のテンポで行い，しゃがみ込む深さは膝関節屈曲 60° の深さまでとして 5 回連続実施した．SLDS 中の膝関節の屈曲角度は，ゴニオメーターを用いて 60° まで屈曲している

ことを、すべての測定において同一検者が確認した（図 5 - 3）。

#### 5 - 2 - 2 - 5 膝蓋腱内血管分布率（Vascularity）

Vascularity の測定には、超音波検査装置（HI VISION Preirus, 日立アロカメディカル）（図 5 - 4）を用いた。10MHz の 4cm 幅のリニア型プローブを使用して、超音波パワードップラー法により膝蓋腱長軸像の血管分布を撮像した。超音波画像を撮像する際は、プローブに計測用ゼリーを十分につけた後、測定箇所の上皮上にできるだけ圧力を加えないように留意しながら、プローブが膝蓋腱に垂直にあたるように操作した。

対象者の測定肢位は膝関節後面に高さ 10cm のパットを置き、股関節中間位での膝関節軽度屈曲位とした（図 5 - 5）。また、すべての測定は同一検者によって行われた。

超音波検査装置の画面に安定した画像が映し出されていることを確認した後に、最も Vascularity が豊富な画像を選択し、静止画として保存した。得られた超音波画像を、画像処理ソフト（Adobe® Photoshop® CS6 Extended）を用いて、Koenig らの方法<sup>72)</sup>に基づいて以下の通り Vascularity を算出した。膝蓋腱の測定対象部位は、Koenig らの報告<sup>72)</sup>をもとに、膝蓋骨尖の近位 0.5cm から膝蓋骨尖の遠位 1.5cm までの長さ合計 2cm の膝蓋腱部分として、画像処理ソフト上でエリアを選択した（図 5 - 6）。また、すべての画像処理は同一検者によって行われた。

ここでの、colour pixel は超音波パワードップラー法で描出される血管分布部分を意味しており、この膝蓋腱の測定対象部位の colour pixel 数が測定対象部位の total pixel 数に占める割合を Vascularity とした。

< Vascularity (%) の算出方法 >

膝蓋腱内の colour pixel 数 / 膝蓋腱内の total pixel 数 × 100



図 5 - 1 熱電対式デジタル温度計

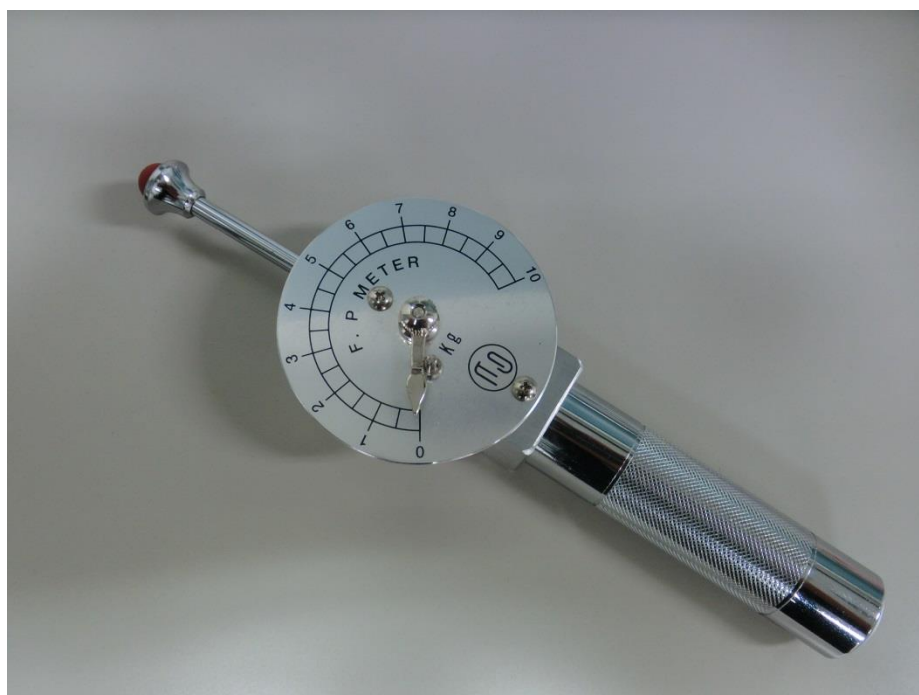


図 5 - 2 圧痛計 FP メーター



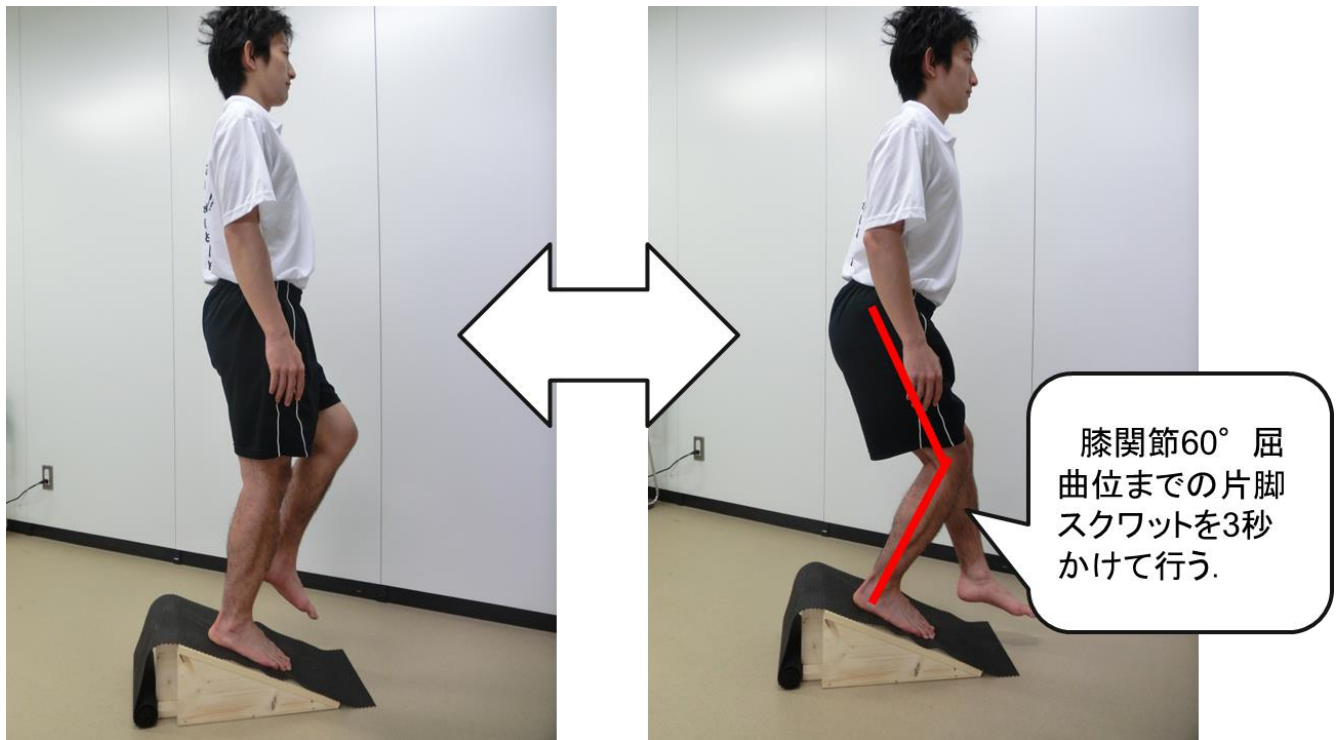


図 5 - 3 片脚デクラインスクワットの実施方法



図 5 - 4 超音波検査装置



図 5 - 5 超音波検査の測定肢位および測定環境

※測定環境は日本サーモロジー学会の基準案<sup>154)</sup>に従って設定した。

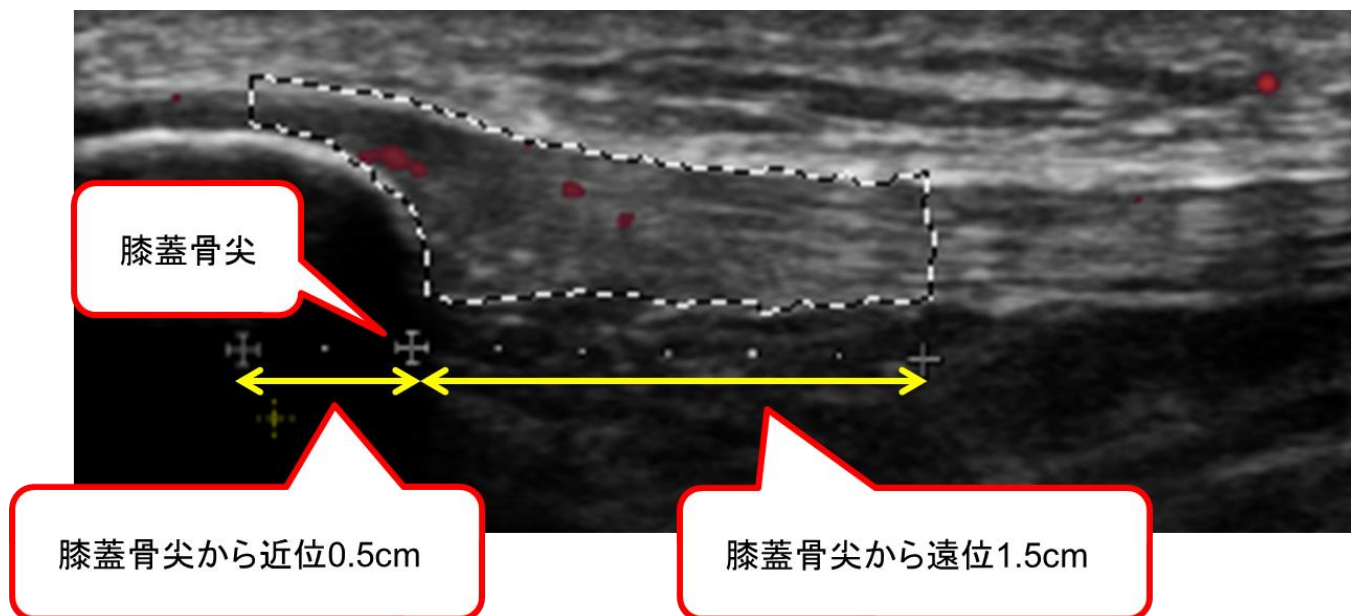


図 5 - 6 Vascularity の測定対象部位

### 5 - 2 - 3 低周波鍼通電

#### 5 - 2 - 3 - 1 刺入部位および刺入深度

本研究の研究課題 2 において，ジャンパー膝の評価指標に関する検討をした結果，慢性的な症状を訴えるジャンパー膝の疼痛は，膝伸展機構全体ではなく，膝蓋腱局所の機能的な問題が原因であることが示唆された．また，先行研究においてもジャンパー膝の膝蓋腱は，新生血管の増殖による血流増加がみられる<sup>66,67)</sup>こと，ジャンパー膝の疼痛の原因は，新生血管の増殖に伴う *neurovascular ingrowth* であると考えられている<sup>8,50)</sup>ことから，本研究では，低周波鍼通電が膝蓋腱の *Vascularity* およびその他の評価指標へ与える影響を検討するために，鍼の刺入部位を膝蓋腱のみとし，膝蓋腱上に 2 カ所，膝蓋腱を挟むようにして膝蓋腱の内側および外側にそれぞれ 1 本ずつ刺入した（図 5 - 7）．

刺入深度は，膝蓋腱に到達する深さまでの約 10mm 程度とした．また，低周波鍼通電時の対象者の肢位は，膝関節後面に高さ 10cm のパットを置き，膝関節軽度屈曲位とした（図 5 - 8）．

#### 5 - 2 - 3 - 2 低周波鍼通電刺激

低周波鍼通電刺激には，*OhmPulser LFP - 4000A*（Zen Iryoki 社製）（図 5 - 9）を用いた．低周波鍼通電の方法は，宮本らが報告した治療方法<sup>150)</sup>を参考に，膝蓋腱に刺入した 2 本の鍼に電極をつなぎ，間歇的な低周波鍼通電を 15 分間行った．刺激内容は，周波数を 100Hz とし，電流量は対象者が通電刺激をジーンと感じる程度とし，痛みを感じることがないようにした．

また，低周波鍼通電は，C 群は両側に実施し，J 群は疼痛側のみに実施

した.

### 5 - 2 - 3 - 3 その他

本研究で使用した鍼は、直径 0.18 mm、長さ 50 mm の滅菌されたディスポ  
ーザブルステンレス鍼（セイリン社製）（図 5 - 10）であった。すべての  
低周波鍼通電は、はり師免許の国家資格を持つ臨床経験 9 年のはり師 1  
名によって行われた。

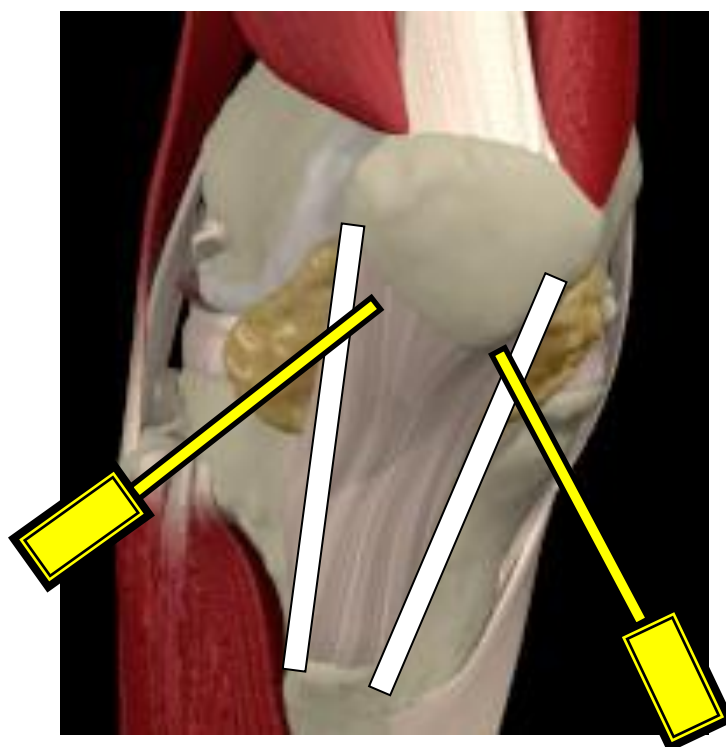


図 5 - 7 刺入部位

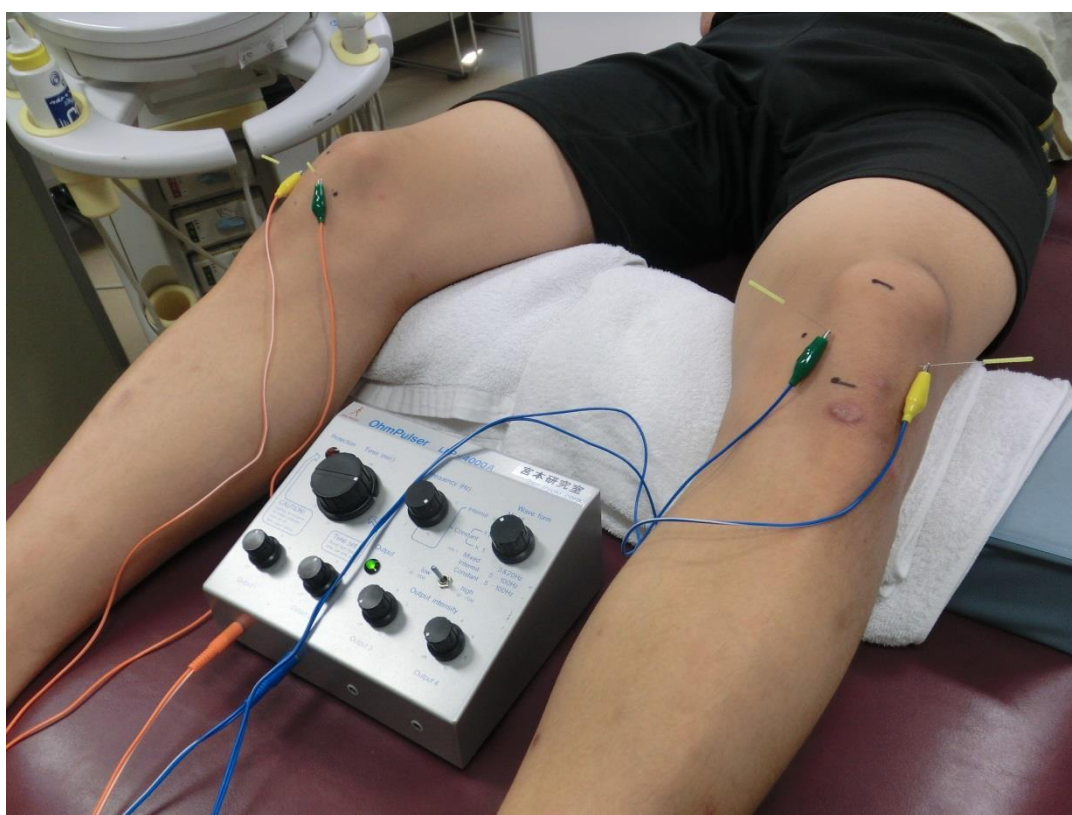


図 5 - 8 低周波鍼通電時の対象者の肢位



図 5 - 9 低周波鍼通電刺激装置

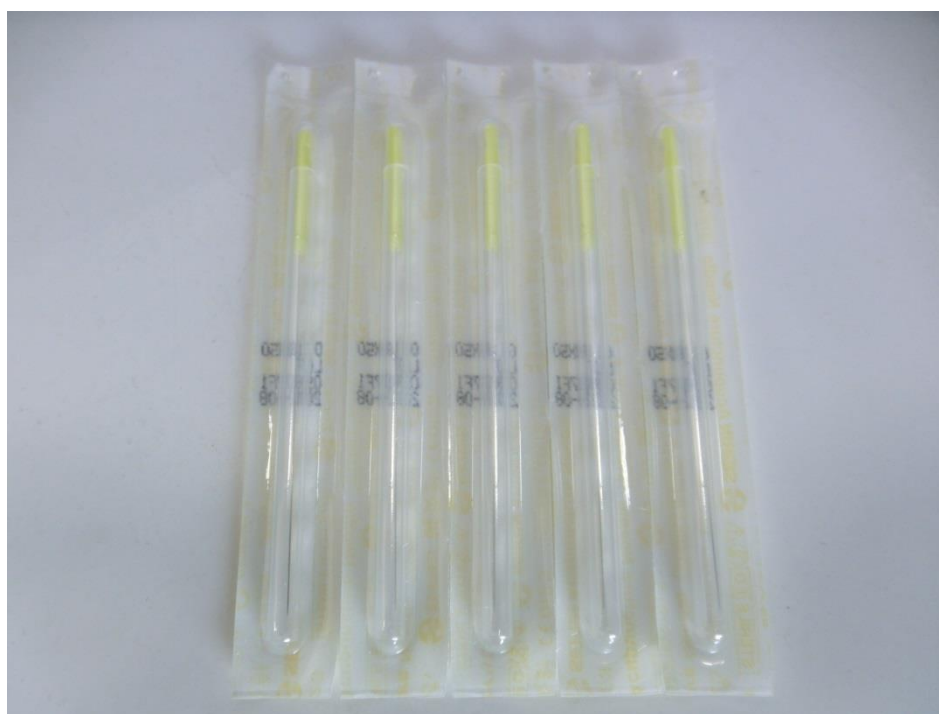


図 5 - 10 ディスポーザブルステンレス鍼

#### 5 - 2 - 4 測定環境

日本サーモロジー学会の基準案<sup>154)</sup>に従って測定環境を設定した。測定環境は、室温  $25.2 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 、湿度  $53.4 \pm 1.9\%$ であった。測定中は対象者の周囲をパーティションで囲み、風が当たらないようにした（図 5 - 5）。

#### 5 - 2 - 5 実験プロトコル

測定室に入室後、半袖短パンに着替えて 20 分間の室温順化を経た後に、STTP、超音波画像、圧痛、VISA score、SLDS の順で 1 回目の測定を行い、その後 15 分間の低周波鍼通電を実施した。低周波鍼通電終了後には、1 回目の測定と同様の手順で VISA score を除く 4 項目の測定を実施した（図 5 - 11）。

測定前の注意事項として、対象者には測定日には激しい運動や入浴をしないように指示し、測定の前 2 時間は食事を控えさせた。また、測定に関する手順は、日本サーモロジー学会の基準案<sup>154)</sup>に従った。

#### 5 - 2 - 6 統計処理

測定結果はすべて平均値±標準偏差で表した。低周波鍼通電前後の各測定項目の比較には、反復測定による二元配置分散分析を用いて、交互作用の有無を検討した。また、低周波鍼通電前後の群内および群間比較として、それぞれ対応のある t 検定、対応のない t 検定を用いた。また、各測定項目間の相関を Spearman の順位相関係数を用いて検定した。また、Vascularity とその他の測定項目との関係は、Vascularity を従属変数に、その他の測定項目をそれぞれ独立変数とした単回帰分析を用いて検討した。いずれの場合も有意水準は 5%とした。

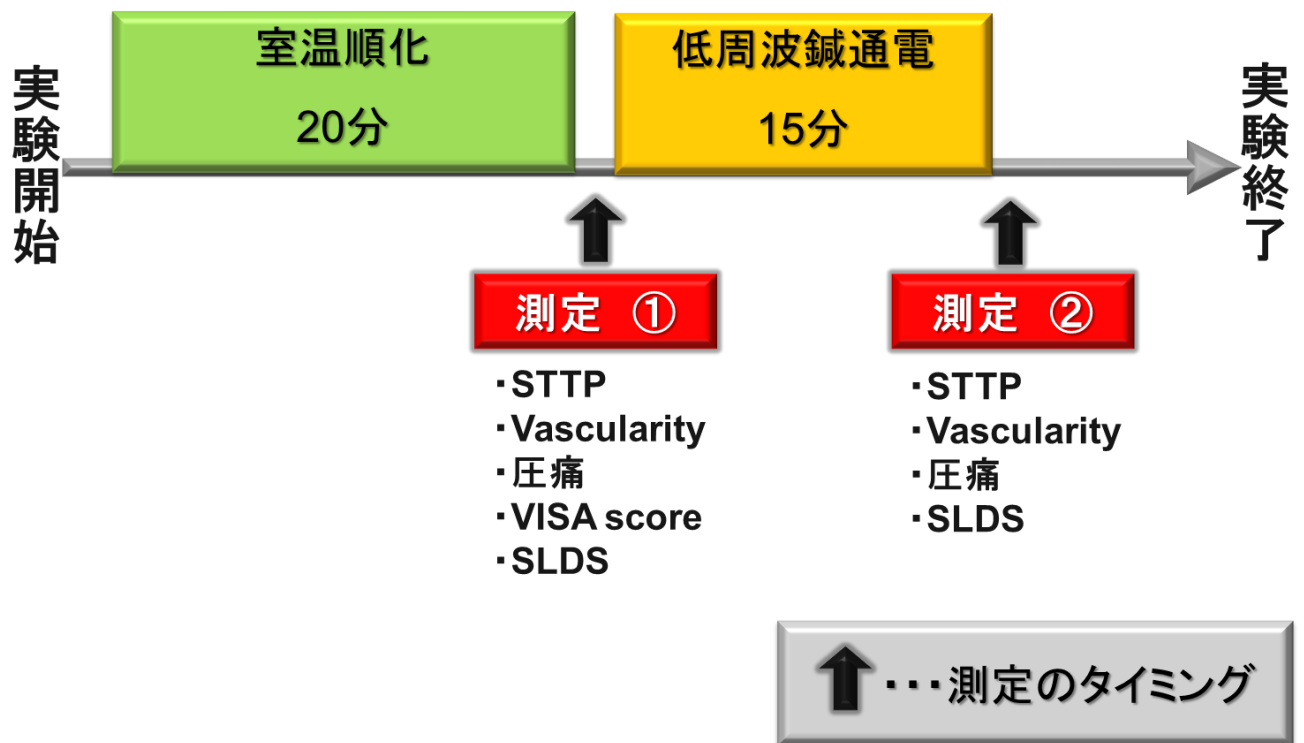


図 5 - 11 実験プロトコル

※室温順化は室温  $25.2 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ，湿度  $53.4 \pm 1.9\%$  の環境で実施した。



### 5 - 3 結果

#### 5 - 3 - 1 各測定項目間の相関

低周波鍼通電前の各測定項目の関係を表 5 - 3 に示す. STTP, 圧痛, SLDS 時の疼痛, Vascularity, VISA score はすべての組み合わせにおいてそれぞれ有意な相関を示した.

STTP と圧痛 ( $r=0.47$ ,  $p<0.05$ ) (図 5 - 12), SLDS ( $r=0.44$ ,  $p<0.05$ ) (図 5 - 13), Vascularity ( $r=0.62$ ,  $p<0.01$ ) (図 5 - 14) は有意な正の相関を示し, VISA score とは有意な負の相関を示した ( $r=-0.53$ ,  $p<0.01$ ) (図 5 - 15). 圧痛と SLDS ( $r=0.89$ ,  $p<0.01$ ) (図 5 - 16), Vascularity ( $r=0.77$ ,  $p<0.01$ ) (図 5 - 17) は有意な正の相関を示し, VISA score とは有意な負の相関を示した ( $r=-0.85$ ,  $p<0.01$ ) (図 5 - 18). SLDS と Vascularity は有意な正の相関を示し ( $r=0.62$ ,  $p<0.01$ ) (図 5 - 19), SLDS と VISA score は有意な負の相関を示した ( $r=-0.88$ ,  $p<0.01$ ) (図 5 - 20). また, Vascularity と VISA score は有意な負の相関を示した ( $r=-0.64$ ,  $p<0.01$ ) (図 5 - 21).

#### 5 - 3 - 2 Vascularity とその他測定項目との単回帰分析

Vascularity を従属変数, その他の測定項目を独立変数とした単回帰分析の結果を表 5 - 4 に示す. それぞれの独立変数において回帰関数, 回帰係数ともに有意であった (STTP;  $p<0.01$ , 圧痛;  $p<0.01$ , SLDS;  $p<0.01$ , VISA score;  $p<0.05$ ) (表 5 - 4). また, 自由度修正済み決定係数 ( $R^2$ ) については, STTP は 0.49, 圧痛は 0.53, SLDS は 0.37, VISA score は 0.28 であった (表 5 - 4).

表 5 - 3 低周波鍼通電前の各測定項目の相関関係一覧

	STTP	圧痛	SLDS	Vascularity	VISA score
STTP		0.47 *	0.44 *	0.62 **	-0.53 **
圧痛	0.47 *		0.89 **	0.77 **	-0.85 **
SLDS	0.44 *	0.89 **		0.62 **	-0.88 **
Vascularity	0.62 **	0.77 **	0.62 **		-0.64 **
VISA score	-0.53 **	-0.85 **	-0.88 **	-0.64 **	

※表の数字は相関係数を表す

\* :  $p < 0.05$

\*\* :  $p < 0.01$

表 5 - 4 Vascularity とその他測定項目との単回帰分析結果一覧

	R <sup>2</sup>	回帰関数P値	回帰係数P値	回帰式
STTP	0.49	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$y = 5.76x - 179.19$
圧痛	0.53	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$y = 0.27x - 0.27$
SLDS	0.37	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$y = 0.22x + 1.78$
VISA score	0.28	$p < 0.05$	$p < 0.05$	$y = -0.28x + 29.82$

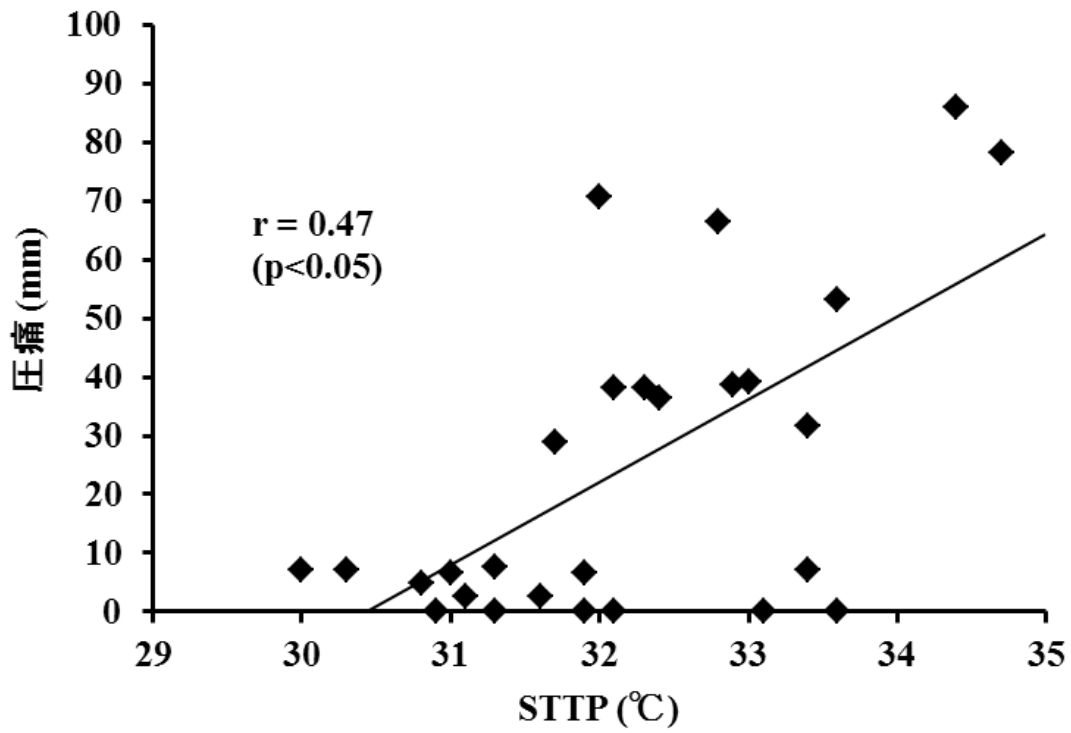


図 5 - 12 低周波鍼通電前の STTP と 圧痛 の 関係

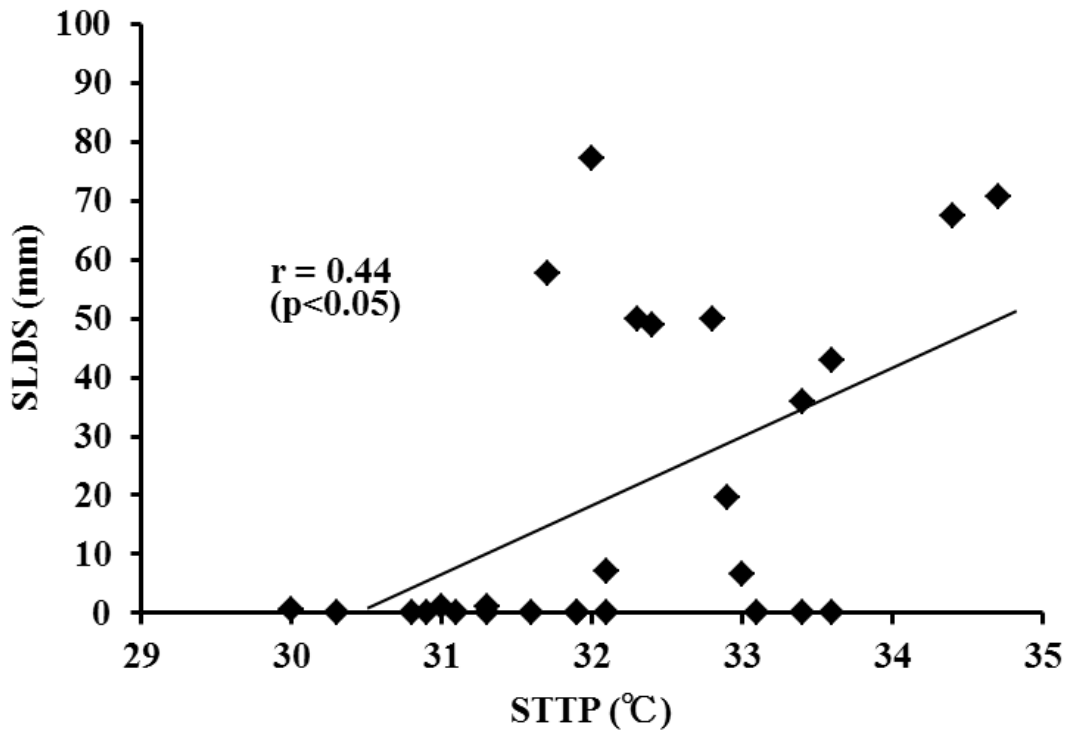


図 5 - 13 低周波鍼通電前の STTP と SLDS の 関係

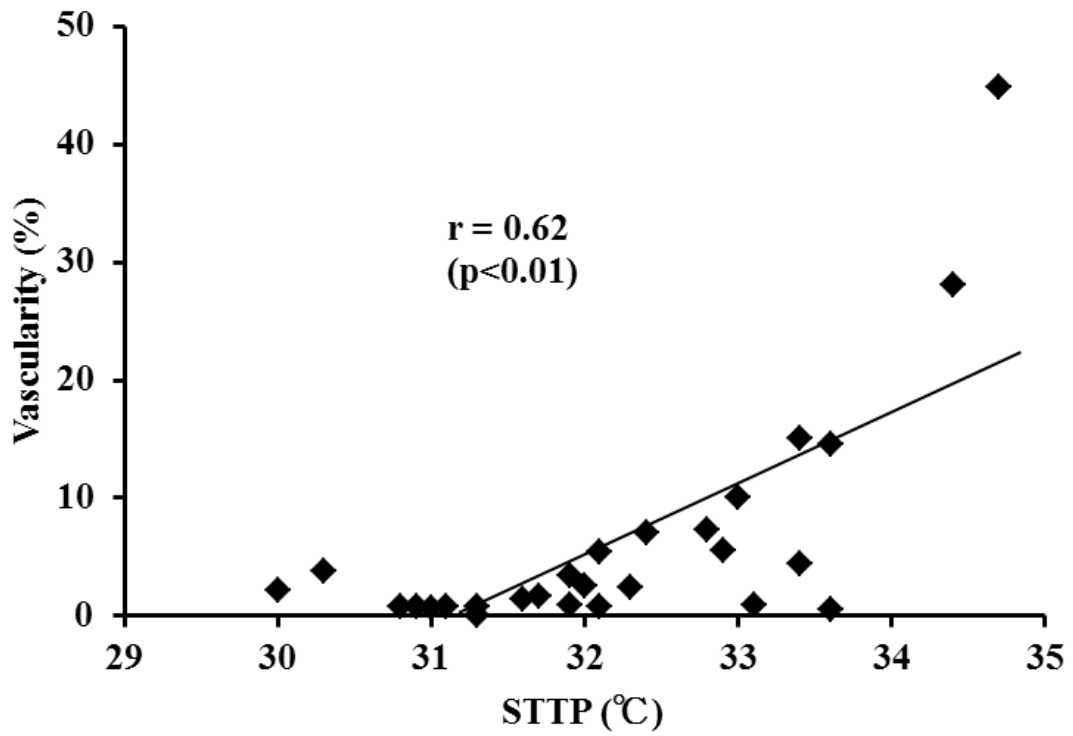


図 5 - 14 低周波鍼通電前の STTP と Vascularity の関係

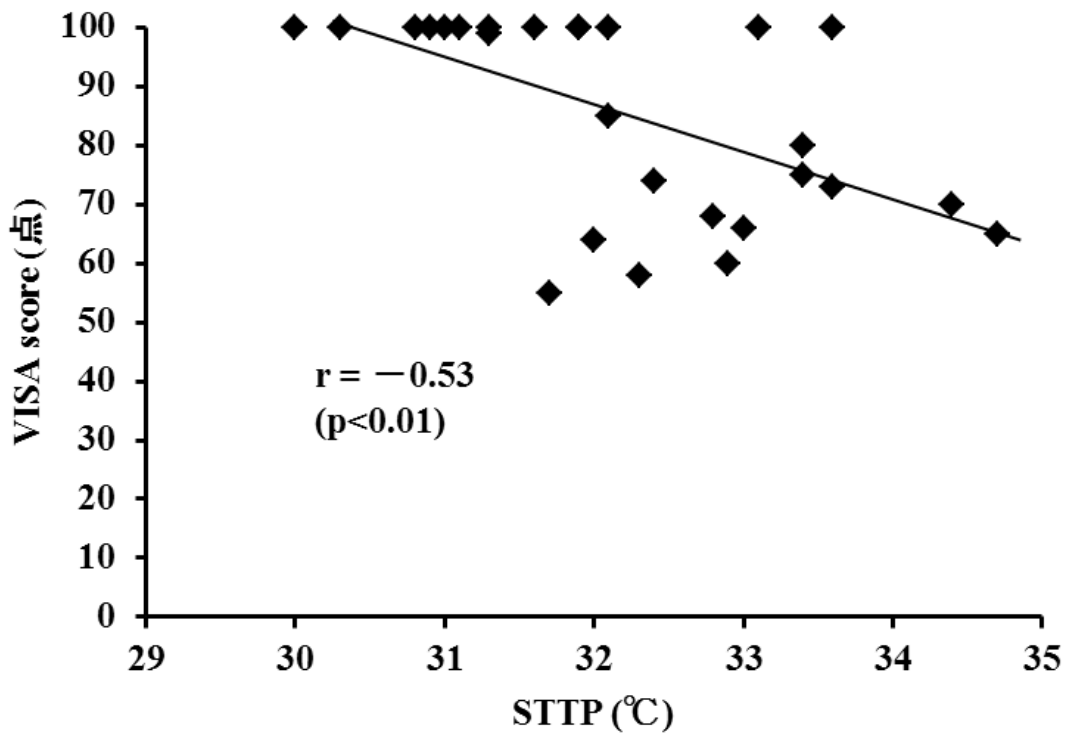


図 5 - 15 低周波鍼通電前の STTP と VISA score の関係

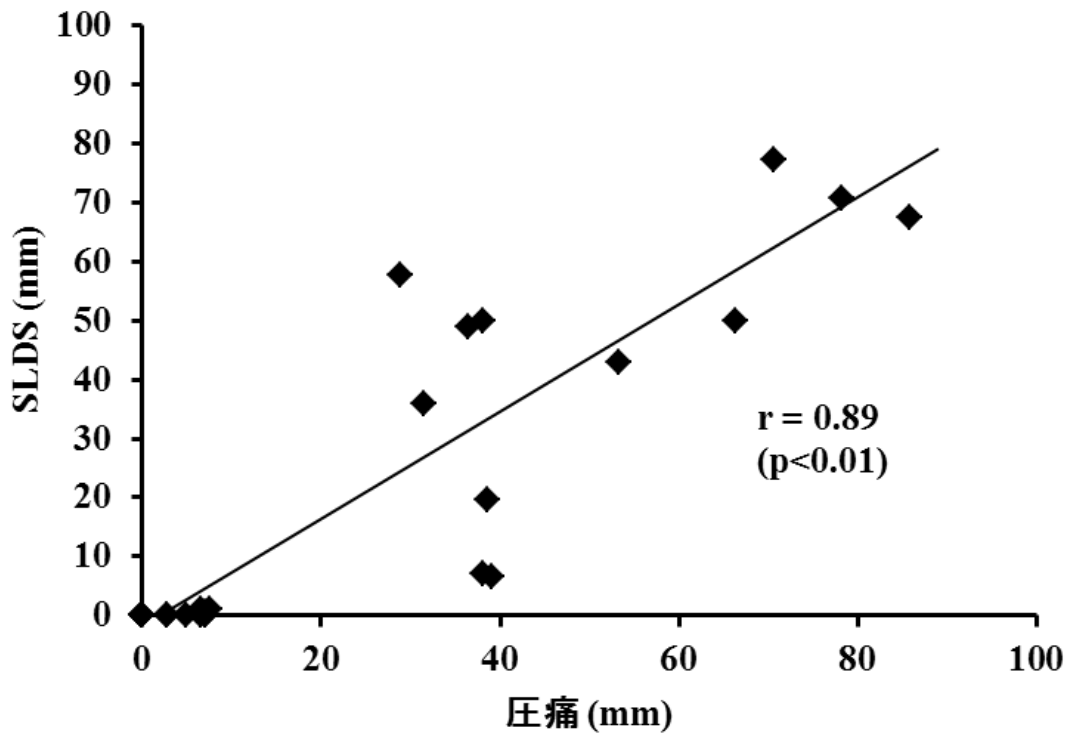


図 5 - 16 低周波鍼通電前の圧痛と SLDS の関係

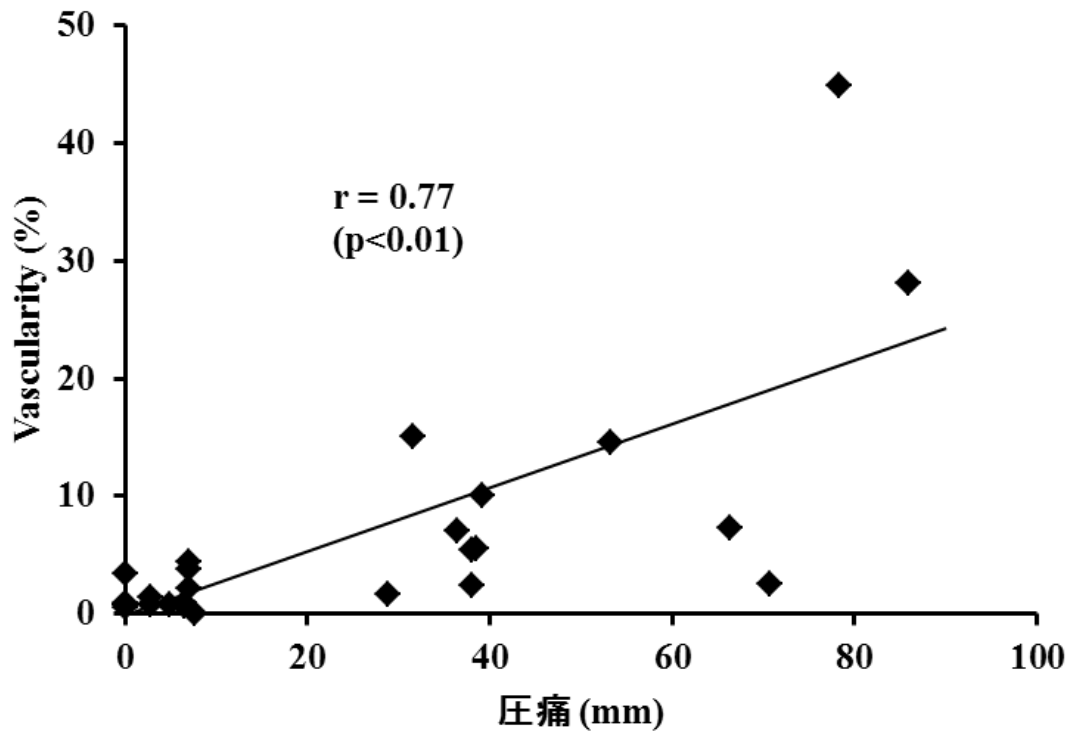


図 5 - 17 低周波鍼通電前の圧痛と Vascularity の関係

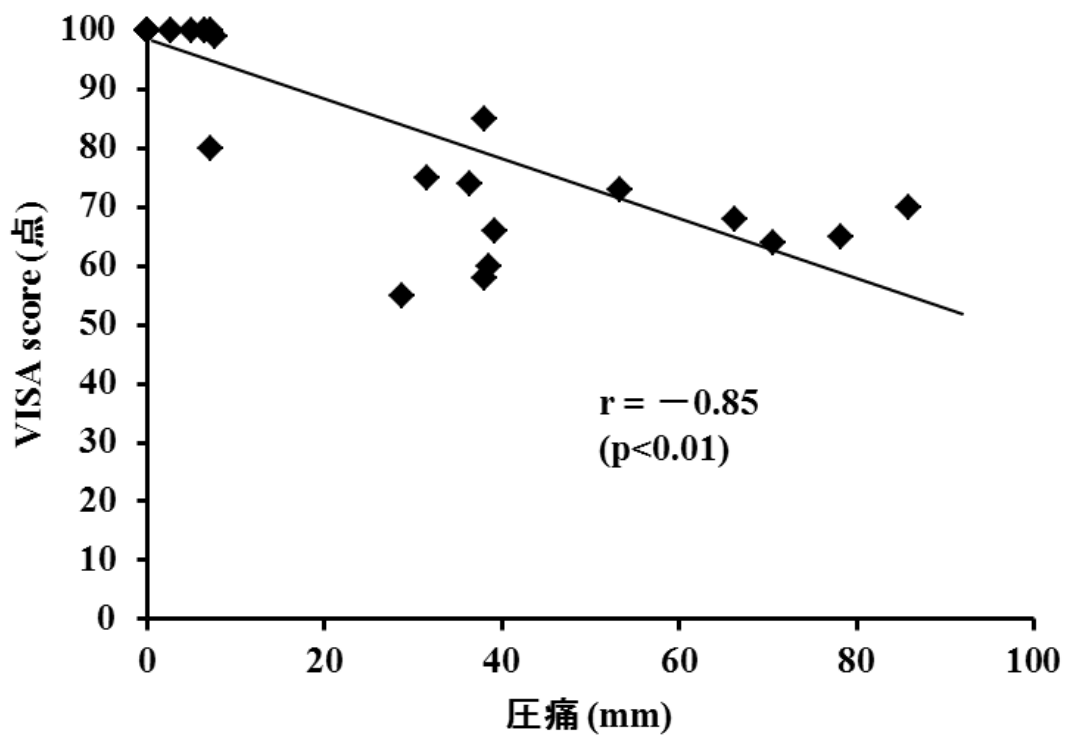


図 5 - 18 低周波鍼通電前の圧痛と VISA score の関係

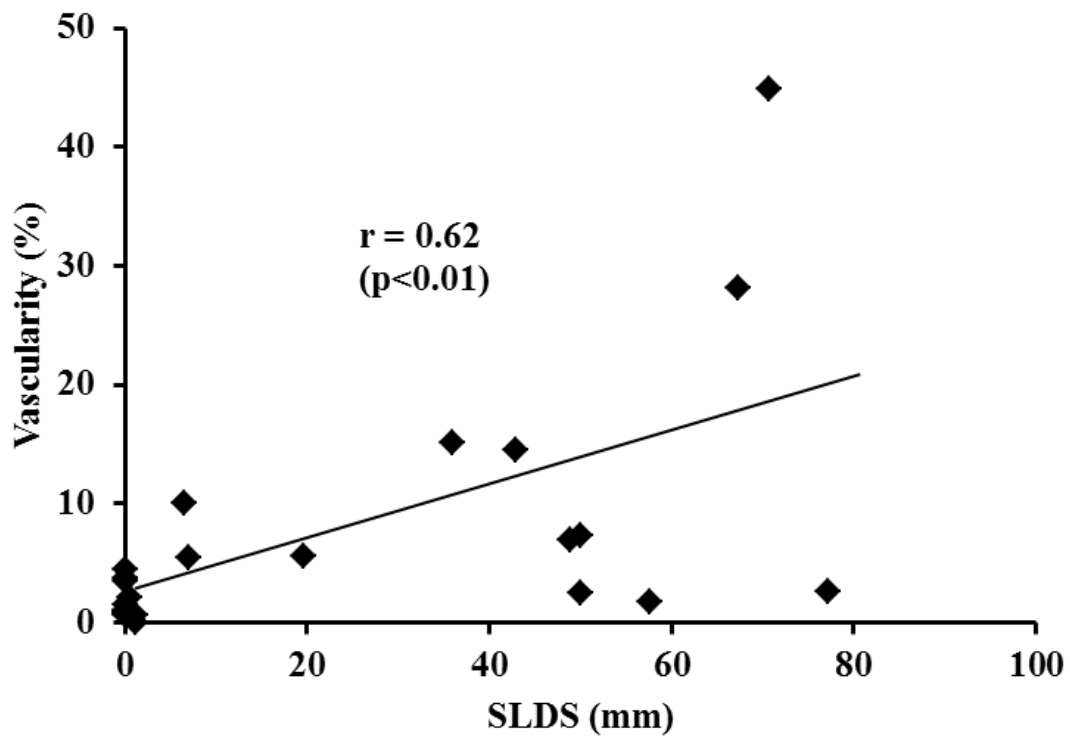


図 5 - 19 低周波鍼通電前の SLDS と Vascularity の関係

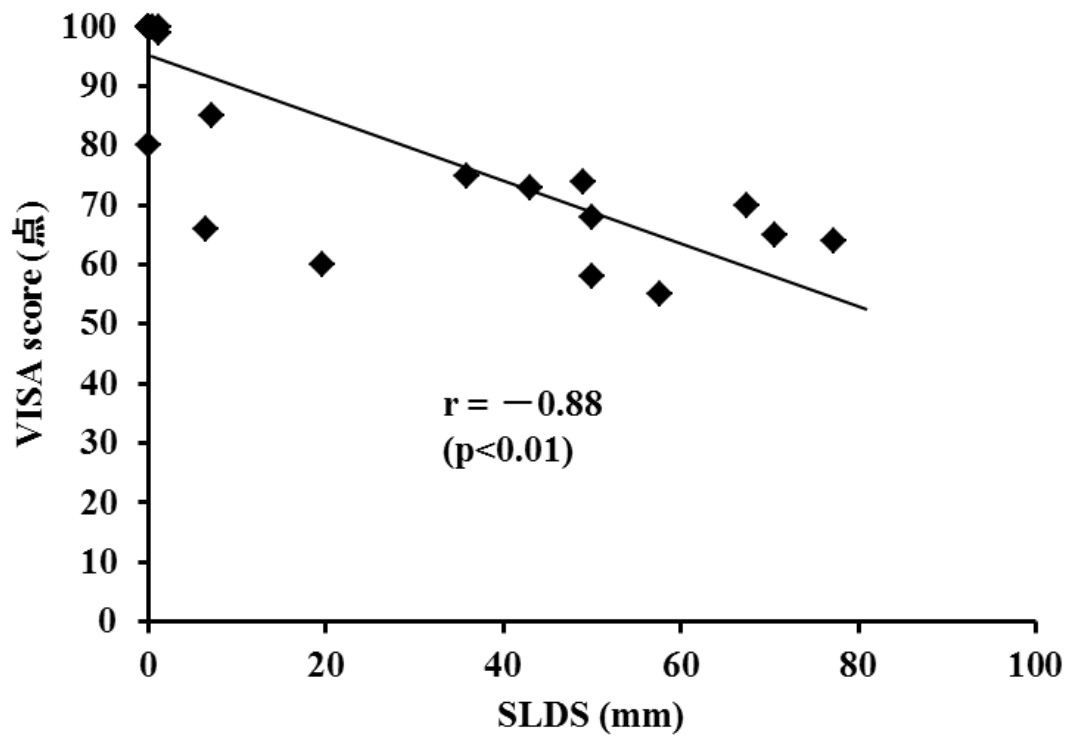


図 5 - 20 低周波鍼通電前の SLDS と VISA score の関係

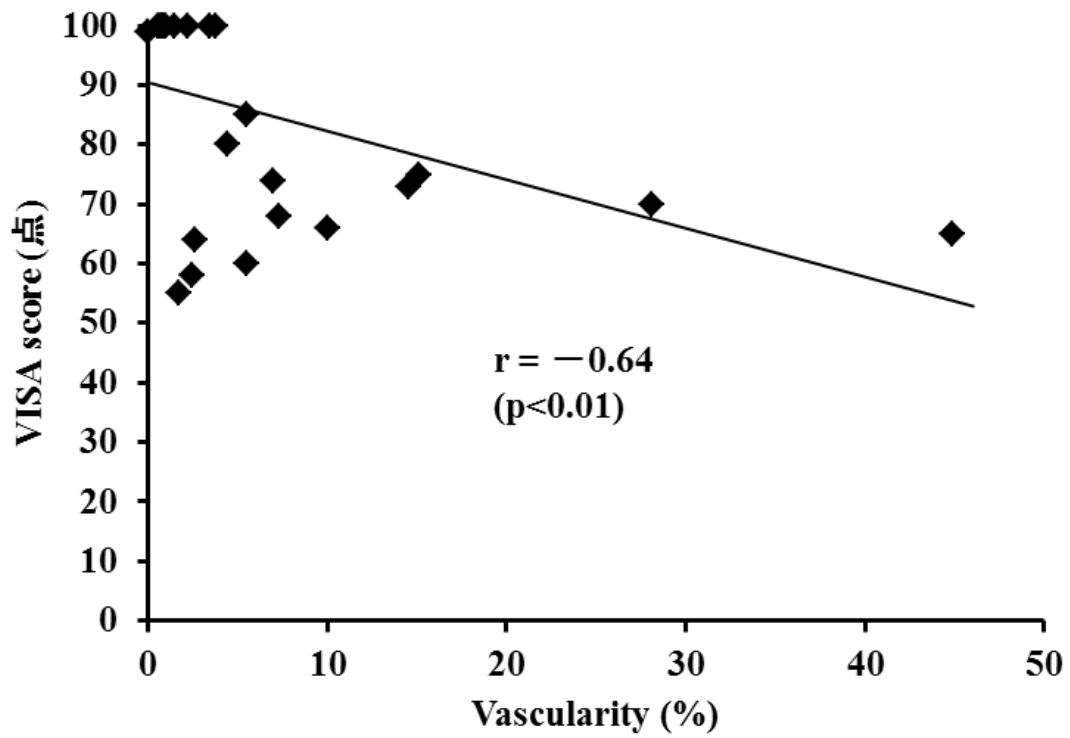


図 5 - 21 低周波鍼通電前の Vascularity と VISA score の関係

### 5 - 3 - 3 STTP

低周波鍼通電前後の J 群および C 群の STTP の結果を表 5 - 5 および図 5 - 22 に示す。反復測定の実験設計分散分析の結果、J 群と C 群は低周波鍼通電前後の STTP において有意に異なる変化パターンを示した（交互作用： $p < 0.01$ ）。また、Pre では J 群は C 群と比較して有意に高い STTP を示したが（ $p < 0.01$ ）、Post では 2 群間に有意な差はみられなかった。また、J 群では Post の STTP が、Pre の STTP と比較して有意に低い値を示した（ $p < 0.01$ ）のに対して、C 群では低周波鍼通電前後の STTP に有意な差はみられなかった。

### 5 - 3 - 4 圧痛

低周波鍼通電前後の J 群および C 群の圧痛の結果を表 5 - 5 および図 5 - 23 に示す。反復測定の実験設計分散分析の結果、J 群と C 群は低周波鍼通電前後の圧痛において有意に異なる変化パターンを示した（交互作用： $p < 0.01$ ）。また、J 群は Pre および Post の圧痛において、いずれも C 群と比較して高い値を示した（ $p < 0.01$ ）。また、J 群および C 群ともに Post の圧痛は Pre と比較して有意に低い値を示した（ $p < 0.01$ ）。

### 5 - 3 - 5 SLDS

低周波鍼通電前後の J 群および C 群の SLDS の結果を表 5 - 5 および図 5 - 24 に示す。反復測定の実験設計分散分析の結果、J 群と C 群は低周波鍼通電前後の SLDS 時の疼痛の程度において有意に異なる変化パターンを示した（交互作用： $p < 0.01$ ）。また、J 群は Pre および Post の SLDS 時の疼痛において、いずれも C 群と比較して有意に高い値を示した（ $p <$



0.01). また, J 群では Post の SLDS 時の疼痛の程度が Pre と比較して有意に低い値を示した ( $p < 0.01$ ) のに対して, C 群では低周波鍼通電前後の SLDS 時の疼痛の程度に有意な差はみられなかった.

### 5 - 3 - 6 Vascularity

低周波鍼通電前後の J 群および C 群の Vascularity の結果を表 5 - 5 および図 5 - 25 に示す. 反復測定二元配置分散分析の結果, J 群と C 群は低周波鍼通電前後の Vascularity において有意に異なる変化パターンを示した (交互作用:  $p < 0.01$ ). J 群は Pre および Post の Vascularity において, いずれも C 群と比較して有意に高い値を示した (Pre:  $p < 0.01$ , Post:  $p < 0.05$ ). また, J 群では Post の Vascularity が Pre と比較して有意に低い値を示した ( $p < 0.01$ ) のに対して, C 群では低周波鍼通電前後の Vascularity に有意な差はみられなかった.

### 5 - 3 - 7 VISA score

J 群および C 群の VISA score の結果を表 5 - 5 および図 5 - 26 に示す. J 群は C 群と比較して, VISA score が有意に低い値を示した ( $p < 0.01$ ).

表 5 - 5 低周波鍼通電前後の各測定項目の結果一覧

	J群		C群	
	Pre	Post	Pre	Post
STTP (°C)	33.0±0.9	32.0±1.2	31.5±1.0	31.6±1.3
圧痛 (mm)	47.1±22.4	29.5±16.1	3.2±3.2	0.7±1.8
SLDS (mm)	41.1±25.7	26.8±14.4	0.2±0.4	0.1±0.3
Vascularity (%)	11.5±12.3	6.2±7.3	1.3±1.1	1.4±0.7
VISA score (点)	68.7±8.7	—	99.9±0.3	—

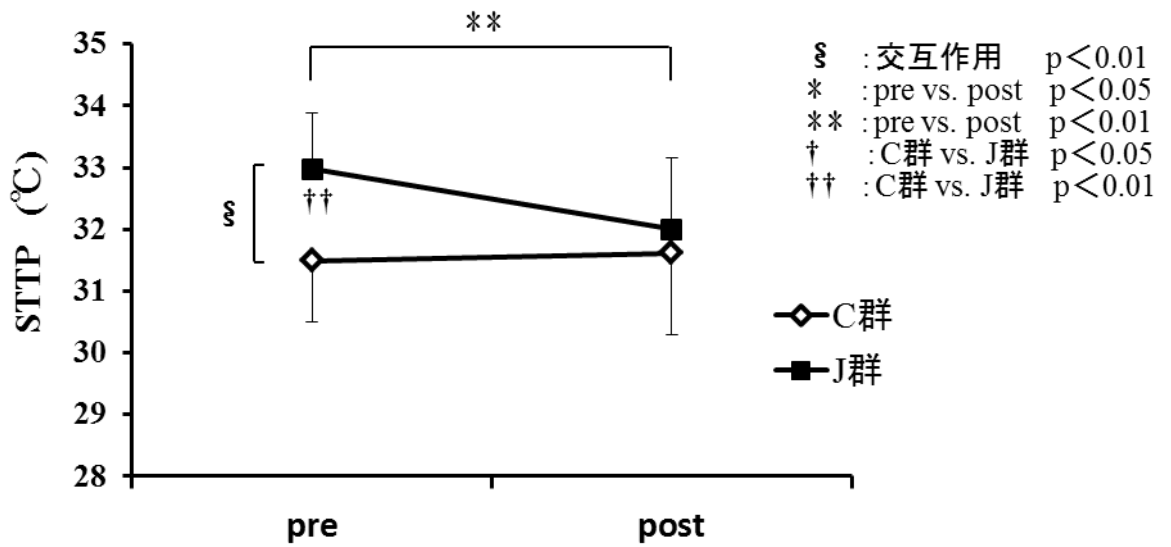


図 5 - 22 低周波鍼通電前後の STTP

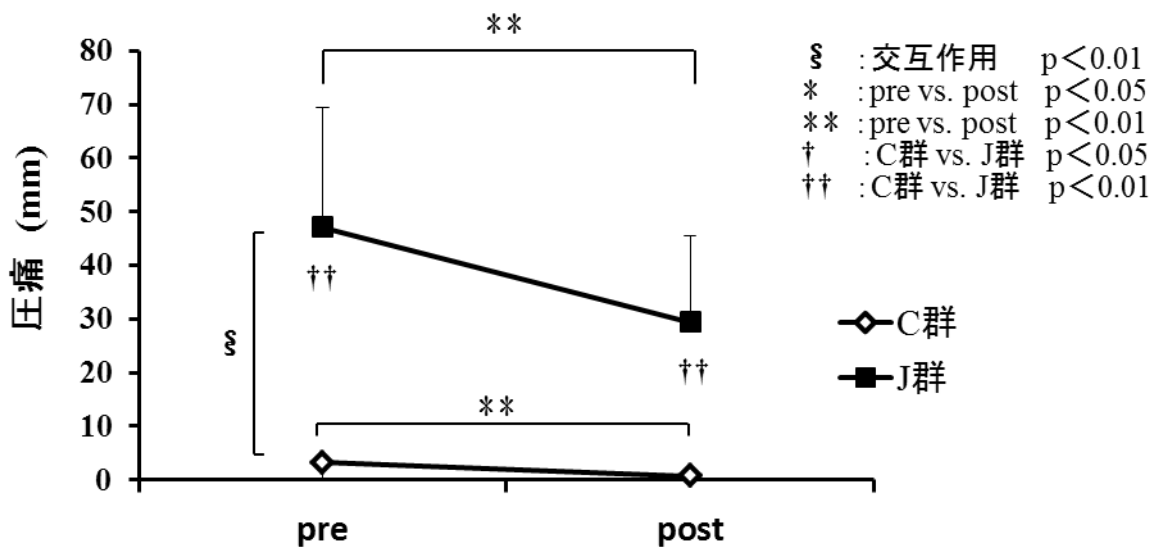


図 5 - 23 低周波鍼通電前後の圧痛

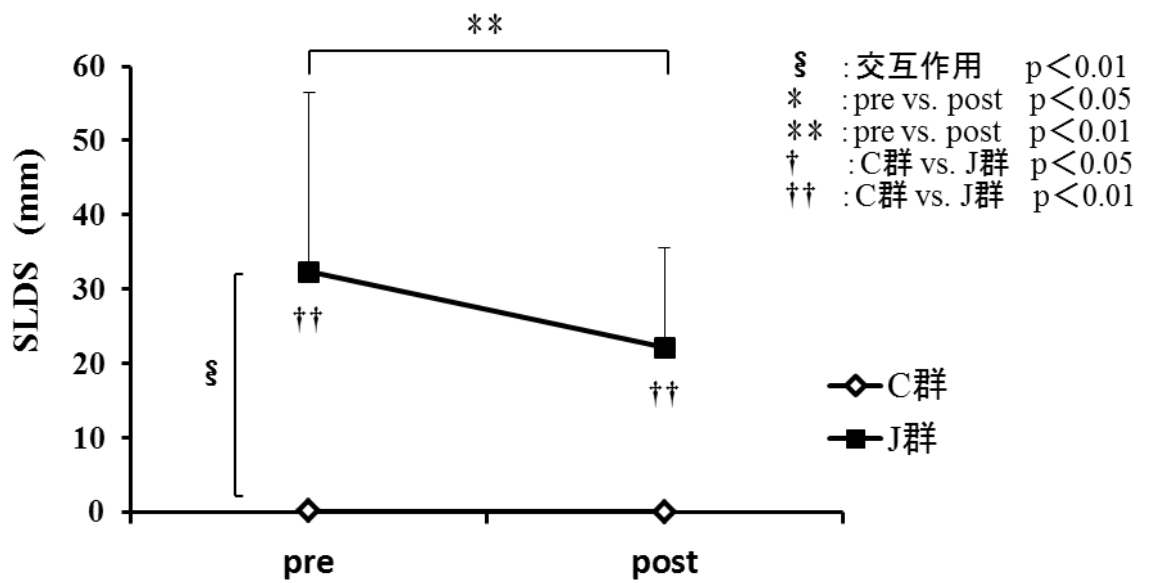


図 5 - 24 低周波鍼通電前後の SLDS 時の疼痛

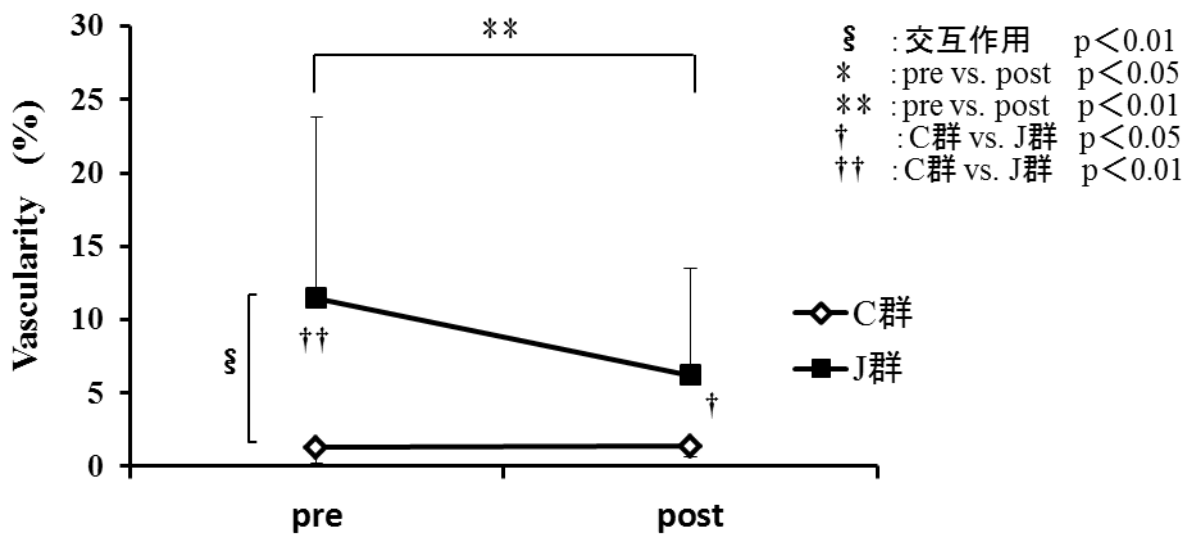


図 5 - 25 低周波鍼通電前後の Vascularity

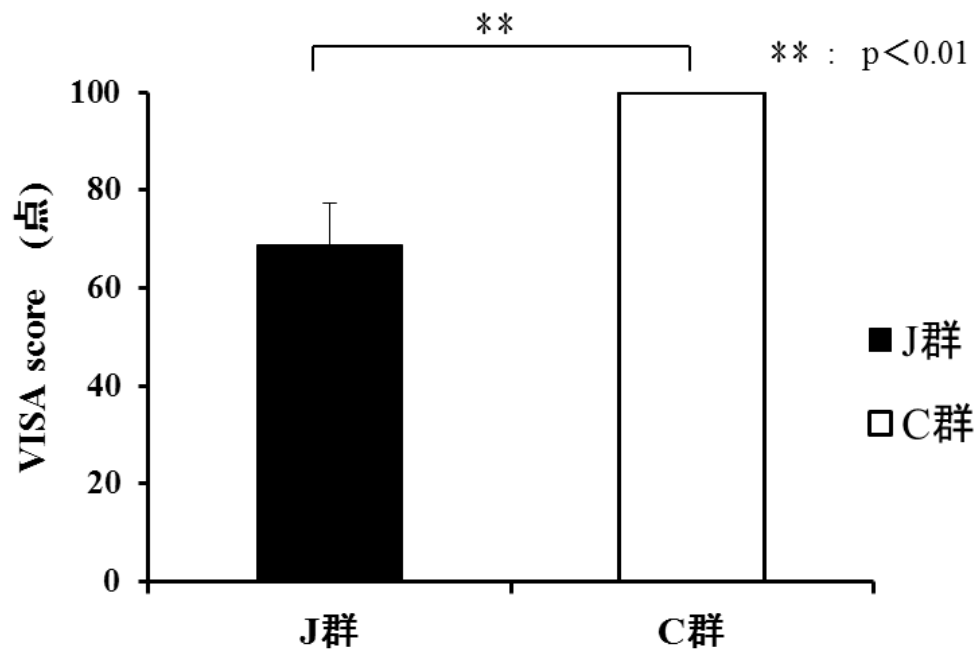


図 5 - 26 VISA score の比較

## 5 - 4 考察

### 5 - 4 - 1 各測定項目間の相関および Vascularity とその他測定項目との単回帰分析について

低周波鍼通電前の各測定項目の関係を検討した結果, STTP, 圧痛, SLDS, Vascularity, VISA score それぞれの間に有意な相関がみられた. STTP との関係に着目すると, 最も強い相関を示したのは Vascularity ( $r=0.62$ ,  $p<0.01$ ) であり, ジャンパー膝の STTP が特異的に高温を示すメカニズムは, 膝蓋腱内の Vascularity によるものであることが示唆された.

また, Vascularity に着目すると, 最も強い相関を示したのは圧痛 ( $r=0.77$ ,  $p<0.01$ ) であり, ジャンパー膝の疼痛の原因が膝蓋腱内の新生血管の増殖にともなう Neurovascular ingrowth であるという説<sup>8,50)</sup>を支持する結果であった. Vascularity とその他の項目の相関係数は, 圧痛に次いで VISA score ( $r=-0.64$ ,  $p<0.01$ ), STTP ( $r=0.62$ ,  $p<0.01$ ), SLDS ( $r=0.62$ ,  $p<0.01$ ) の順で大きかった.

Vascularity と VISA score の関係については, Cook ら<sup>7)</sup>, Hoksrud ら<sup>161)</sup>が, ジャンパー膝の症状を訴える者では, Vascularity を有する者の方が Vascularity を有さない者と比較して, VISA score が低値を示すことを報告している. 本研究では Vascularity と VISA score の関係を検討した結果, 負の相関がみられたことから, 先行研究同様に, Vascularity はジャンパー膝の重症度を示す評価指標であることが示唆される.

また, SLDS については, VISA score 同様にジャンパー膝の疼痛を再現する動作であることから, Vascularity 減少の影響を受け, VISA score と同様の結果を示したものと考えられる.

以上より, ジャンパー膝の重症度の評価には, 先行研究と同様に本研

究でもその評価指標としての有用性が示唆される Vascularity を用いることが重要であると考えられる。Vascularity は客観性を持つという点からからもその利用価値は高いといえるが、超音波検査装置がなくては検査ができないことを考えると、Vascularity を表し、簡便に評価できる指標が明らかになれば、臨床応用する際に有用であると考え、Vascularity と有意な相関関係を示した、STTP、圧痛、SLDS および VISA score のすべての項目について、Vascularity を従属変数、その他の項目を独立変数として、それぞれ単回帰分析を行った。その結果、すべての項目に関して、回帰関数および回帰係数ともに有意な値を示したが、自由度修正済み決定係数 ( $R^2$ ) に着目すると、SLDS ( $R^2=0.37$ ) および VISA score ( $R^2=0.28$ ) はその値が低く、Vascularity を予測する回帰式のあてはまりがよくないため、Vascularity を予測する指標としては適さない可能性が示唆された。

一方、圧痛の自由度修正済み決定係数 ( $R^2$ ) は 0.53 と最も高い値を示し、STTP は 0.49 で次に高い値を示した。本研究で用いた評価指標のなかでは、圧痛および STTP が Vascularity の予測には有用な評価指標であることが示唆されるが、圧痛は自覚的な評価指標であるのに対して、STTP は客観的な評価指標であることから、臨床の場では Vascularity の予測に STTP を用いることの有用性が考えられる。

また、本研究では STTP の測定を赤外線サーモグラフィではなく、熱電対温度計を用いたが、本論文の研究課題 2 と同様に STTP は圧痛および VISA score と有意な相関を示したことから、赤外線サーモグラフィおよび熱電対温度計は、超音波検査装置と同様にジャンパー膝の評価に利用できる測定機器であると考えられる。

また、ジャンパー膝の自覚的な評価指標として用いた、圧痛、SLDS、

VISA score は、圧痛と SLDS は  $r=0.89$ 、圧痛と VISA score は  $r=-0.85$ 、SLDS と VISA は  $r=-0.88$ 、とそれぞれ強い相関を示した。これらの中でも、VISA score は、自覚的な評価方法ではあるが、ジャンパー膝の重症度評価としての有用性が示された評価指標<sup>6,79)</sup>である。また、SLDS は、膝伸展機構に特異的に負荷をかける動作<sup>158)</sup>と考えられており、これら二つの指標および Vascularity とも強い相関を示し、Vascularity との単回帰分析の結果から、Vascularity を予測する指標としての有用性が示唆された圧痛も、ジャンパー膝の評価指標として高い有用性があるといえる。

#### 5 - 4 - 2 Vascularity について

低周波鍼通電前後の Vascularity の変化において、有意な交互作用がみられたことから、本研究で用いた、100Hz、15 分間の低周波鍼通電の影響は、J 群と C 群の間で異なることが示された。低周波鍼通電前後の比較では、C 群では Vascularity に変化がみられなかったのに対して、J 群においては、Pre と比較して Post の Vascularity が有意に低い値を示したことから、今回用いた低周波鍼通電は、J 群のみに影響を与える刺激であったことが示唆される。これは、本研究において C 群では Pre の Vascularity が平均  $1.3 \pm 1.1\%$ であったのに対して、J 群では Pre の Vascularity が平均  $11.5\%$ であった結果が示すように、ジャンパー膝の膝蓋腱の末梢循環特性が健常者と異なることが影響したと考えられる。

井上ら<sup>147)</sup>はラットの膝蓋腱に 10Hz の低周波鍼通電を 30 秒間行った結果、腱血流は通電開始直後より有意に減少し始め、刺激終了時を最下点に平均  $42.1\%$ の減少を示し、通電終了と同時に増加に転じ、通電終了後 105 秒をピークに平均  $19.1\%$ の増加を示したと報告した。また、この鍼通



電刺激中の血流減少は、心拍数や血圧の変化を検討した結果、全身性の反応の可能性は低いことを示した。さらに、同様の低周波鍼通電を大腿神経に実施しても同様の結果を得たことから、これらの反応は膝蓋腱組織内の血管に分布する交感神経の興奮作用が原因であると考察している。

この先行研究の結果から考えると、本研究において、J群においてのみ低周波鍼通電による Vascularity の減少がみられたのは、J群が膝蓋腱内に豊富な血管分布を持つことが影響している可能性が示唆される。しかし、本研究は、その作用機序を検討し得る研究デザインではないため、その作用機序は分からず、今後の検討課題である。また、本研究の結果が、低周波鍼通電直後のみにみられるものかどうかは分からないため、今後は低周波鍼通電後の経時的変化の観察および、治療法としての低周波鍼通電の継続効果を検討する必要がある。

#### 5 - 4 - 3 STTP について

Pre の STTP は、J群は C群と比較して有意に高い値を示した。これは、本論文の研究課題 1、研究課題 2、および過去の先行研究<sup>74,77)</sup>の結果と一致し、ジャンパー膝は圧痛部において特異的に皮膚表面温度が高値を示すという内容を支持する結果であった。

低周波鍼通電前後の STTP の変化において、有意な交互作用がみられたことから、本研究で用いた 100Hz、15 分間の低周波鍼通電の影響は、J群と C群の間で異なることが示された。C群では、低周波鍼通電前後の STTP の値に変化はみられなかったのに対して、J群においては Pre の STTP と比較して Post の STTP は有意に低い値を示したことから、今回用いた低周波鍼通電は、J群のみに影響を与える刺激であったことが示唆さ

れる。

本研究の測定環境では、ヒトの皮膚表面温度は外気と熱的に平衡状態であり、この環境で測定した皮膚表面温度は皮膚に供給される血流量を表す<sup>116)</sup>ことから、低周波鍼通電により、J群の膝蓋腱周辺の血流量の低下が起こったことが示唆される。このSTTPの結果は、Vascularityの結果と類似していることから、J群におけるSTTPの減少は、低周波鍼通電によるVascularity減少が影響したものと考えられる。

#### 5-4-4 圧痛について

低周波鍼通電前後の比較では、C群ではPreに対してPostにおいて有意に低い値を示し、J群においても同様にPreに対してPostにおいて有意に低い値を示したが、両群の低周波鍼通電前後の圧痛の変化において、有意な交互作用がみられたことから、本研究で用いた100Hz、15分間の低周波鍼通電の影響は、J群とC群の間で異なり、J群はC群よりも低周波鍼通電による疼痛緩和の影響を大きく受けることが示された。

ジャンパー膝の疼痛の原因は、Alfredsonら<sup>38)</sup>やForsgren<sup>40)</sup>の報告から、炎症反応ではなく、新生血管の増殖に伴うNeurovascular ingrowthと考えられており<sup>8,50)</sup>、それを裏付けるように、Sclerosing therapyを行うと、直後に血流が途絶するとともに、疼痛の軽減および機能の改善がみられることが報告されている<sup>34,35)</sup>。

本研究の低周波鍼通電によって、J群におけるVascularityが有意に減少し、J群においてPreと比較してPostの圧痛が有意に低下した結果は、先行研究と同様にVascularityと疼痛の関係を示唆するものであり、低周波鍼通電による疼痛緩和の影響をJ群がC群と比較して大きく受けた原因

は、J群のみにみられた Vascularity の減少によるものと考えられる。

低周波鍼通電の効果の一つに疼痛閾値の上昇による鍼鎮痛がある。鍼鎮痛は、オピオイド受容体を介して起こる全身性の反応<sup>139,140)</sup>および、刺鍼した局所での鎮痛効果<sup>141)</sup>も報告されているが、今回の低周波鍼通電においても、J群のみでなくC群においてもPreと比較してPostの圧痛が有意に低下したことから、先行研究同様に鍼鎮痛効果が生じていた可能性がある。J群においては、鍼鎮痛効果とともにVascularity減少効果が組み合わされたことで、低周波鍼通電の疼痛緩和効果がC群と比較して大きかったものと考えられる。

#### 5-4-5 SLDS について

SLDS は、膝伸展機構に特異的に負荷をかける動作<sup>158)</sup>としてジャンパー膝の研究において多く取り入れられている、疼痛を評価する検査方法である<sup>7)</sup>。そのため、膝伸展機構に障害がないC群においては、Pre(平均 $0.2 \pm 0.4\text{mm}$ )、Post(平均 $0.1 \pm 0.3\text{mm}$ )ともに疼痛を感じる対象者はほとんどみられなかった。超音波画像上、異常所見がみられない正常な膝蓋腱124脚を対象としたSLDS時の疼痛をVASを用いて検討した研究<sup>7)</sup>では、疼痛を訴える対象者は一例もみられなかったと報告しており、本研究のC群の結果は、この先行研究とほぼ一致するものであった。

J群においては、低周波鍼通電前後の変化をみると、Preと比較してPostにおいて有意にSLDS時の疼痛の程度が低値を示した。この結果はVascularity、STTP、圧痛の結果と同様の変化を示したことから、低周波鍼通電による鍼鎮痛効果とVascularity減少による疼痛緩和効果が影響したのと考えられる。しかし、低周波鍼通電がSLDS時の疼痛に及ぼす

影響を検討した先行研究は行われておらず、他の研究結果と比較検討することができないため、今後は対象者を増やしてさらに検討する必要がある。

低周波鍼通電前の安静時の SLDS に関しては、本研究の J 群の SLDS 時の疼痛は、Pre の平均が  $41.1 \pm 25.7$ mm であるのに対して、膝蓋腱の超音波画像上の異常所見および Vascularity がみられる 26 脚の膝蓋腱を対象に SLDS 時の疼痛を、本研究と同じく VAS を用いて評価した研究<sup>7)</sup>では、平均が 19mm であったと報告しており、本研究の結果は、この先行研究よりも大きな値を示したことから、本研究の J 群の方がジャンパー膝の重症度が高かったと考えられる。SLDS のみでなく、VISA score についても比較検討すると、本研究（平均  $68.7 \pm 8.7$  点）は、この先行研究<sup>7)</sup>（平均 78 点）よりも低い値を示すことから、SLDS はジャンパー膝の重症度を表す指標であると考えられ、VISA score が低いほど SLDS 時の疼痛が強いことが示唆される。

#### 5 - 4 - 6 VISA score について

VISA score は、J 群は C 群と比較して有意に低いスコアであった。この結果は、本論文の研究課題 2 と同様であった。また、その平均値を比較すると、研究課題 2 が  $75.2 \pm 15.1$  点であるのに対して、本研究では  $68.7 \pm 8.7$  点であったことから、研究課題 2 の J 群と比較すると本研究の J 群の方が重症度が高かった可能性がある。

VISA score に関する先行研究<sup>79)</sup>によると、ジャンパー膝の治療のためにスポーツクリニックに紹介された選手の平均スコアは  $55 \pm 12$  点であり、手術療法が必要であった選手の手術前平均スコアは  $22 \pm 17$  点である。こ

の報告と比較すると、本研究の J 群の対象者は高いスコアを示していることから、その重症度は病院を受診して練習を休まなくてはならない状態ではないことが示唆される。実際に本研究で対象となった J 群の選手のなかには、疼痛のため競技レベルを保つことが困難と感じる選手もいたが、練習を休まなくてはならない状態の選手は一人もいなかった。

また、Cook ら<sup>7)</sup>は VISA score と Vascularity の関係を検討し、超音波画像上で異常所見がみられるが、超音波ドップラー法による検査で新生血管が確認されない群では、VISA score の平均が 87 点であるのに対して、超音波画像所見で異常がみられ、さらに新生血管も確認される群の平均は 78 点であることから、VISA score は新生血管の影響を受けることを報告した。本研究の J 群の平均スコアは  $68.7 \pm 8.7$  点であり、Cook ら<sup>7)</sup>が報告した新生血管を伴う群の平均値よりも低い値を示した。実際に本研究の J 群の Vascularity は平均で  $11.5 \pm 12.3\%$  であり、全例において Vascularity を認めた。

#### 5 - 4 - 7 本研究の限界と今後の課題

本研究は、ジャンパー膝の機能的評価指標の有用性およびジャンパー膝に対する 100Hz、15 分間の低周波鍼通電の効果を明らかにすることを目的に、J 群 13 名、C 群 14 名を対象に検討したが、対象者の数が少ないため、今後はさらに対象者を増やして検討していくことが必要である。

本研究では、本論文の研究課題 2 の結果から、ジャンパー膝の慢性例においては、圧痛および VISA score で評価された動作時痛の原因は、膝伸展機構全体にあるのではなく、膝伸展機構のなかでも膝蓋腱局所に存在する可能性が示唆されたこと、さらに先行研究においてもジャンパー

膝の疼痛の原因は膝蓋腱局所に存在し、新生血管の増殖にともなう末梢循環の変化が関係することが示唆<sup>8,50)</sup>されていることから、本研究では、局所への刺激が可能で、末梢循環へ影響を及ぼすことが示されている<sup>135,143-145,147,149)</sup>低周波鍼通電を用いて、低周波鍼通電が膝蓋腱の Vascularity およびその他の評価指標へ与える影響を検討するために、膝蓋腱局所を刺鍼部位として選択した。

しかし、鍼治療の際の刺鍼部位については、本研究のように圧痛点、硬結部、および障害部位局所など、解剖生理学的な判断のもと選択するだけでなく、東洋医学の考えに基づいた経穴を選択することもある。本研究では、ジャンパー膝に対する経穴を用いた鍼治療の効果は検討していないため、今後は治療法の比較検討をすることも必要といえる。

また、本研究で用いた低周波鍼通電の周波数は 100Hz であったが、本研究において、その他の周波数との比較をしていないことと、ヒトの膝蓋腱に直接刺鍼して低周波鍼通電を行った研究が過去にないことから、周波数の違いによる影響は分からない。そのため、異なる周波数による低周波鍼通電が膝蓋腱に及ぼす影響を検討することが今後の課題である。

また、ジャンパー膝を有するスポーツ選手に対して低周波鍼通電を臨床応用する際には、その直後効果だけでなく、その後の影響を理解することで、運動療法などのその他の治療法を効果的に併用することが可能になると考えられるが、本研究では、低周波鍼通電の直後効果のみの検討であったため、Vascularity やその他の評価指標の経時的変化は観察していない。そのため、Vascularity や STTP が示した反応が一時的なものかどうかは分からない。今後は低周波鍼通電後の経時的変化の観察および、治療法としての低周波鍼通電の継続効果を検討することで、臨床応用す

る際の有用な知見が得られると考えられるため、さらなる研究が必要である。

本研究は、臨床上よく用いられるジャンパー膝の低周波鍼通電の効果を臨床の場で評価する指標をもとに検討する実験デザインであったため、その効果のメカニズムを解明するには至っていない。そのため、今後は、ジャンパー膝の膝蓋腱に直接刺鍼した際の全身反応の観察や、実験動物などを用いた検討が必要である。

## 5 - 5 結論

本研究では，J 群と C 群を対象に，超音波ドップラー法を用いて Vascularity を計測し，Vascularity がジャンパー膝の重症度を表す機能的評価指標となり得るかどうかを明らかにすること，また Vascularity を表し得る評価指標を明らかにすることを目的に，Vascularity と STTP，圧痛，SLDS，VISA score の関係を検討した．さらに，ジャンパー膝に対する鍼治療の効果を明らかにすることを目的に，膝蓋腱への低周波鍼通電が膝蓋腱の STTP，Vascularity，圧痛および SLDS に与える影響について検討した結果，以下の結論を得た．

- 1) 低周波鍼通電前の STTP と Vascularity，圧痛，SLDS，VISA score の間には，それぞれ有意な相関がみられた．
- 2) 自覚的な評価指標として用いた，圧痛，SLDS，VISA score の間には，圧痛と SLDS ( $r=0.89$ ,  $p<0.01$ ), 圧痛と VISA score ( $r=-0.85$ ,  $p<0.01$ ), SLDS と VISA ( $r=-0.88$ ,  $p<0.01$ ) とそれぞれ有意な相関がみられた．
- 3) Vascularity を従属変数，その他の評価指標を独立変数とした単回帰分析を行った結果，自由度修正済み決定係数 ( $R^2$ ) が最も大きな値を示したのは，圧痛であり ( $R^2=0.53$ )，次いで STTP ( $R^2=0.49$ )，SLDS ( $R^2=0.37$ )，VISA score ( $R^2=0.28$ ) であった．
- 4) Vascularity，STTP，圧痛，SLDS では，低周波鍼通電前後の変化パターンが J 群と C 群において有意に異なった (交互作用： $p<0.01$ )．
- 5) J 群における Vascularity，STTP，圧痛，SLDS は，Pre と比較して Post において有意に低い値を示した ( $p<0.01$ )．
- 6) C 群における Vascularity，STTP，SLDS は，低周波鍼通電前後の比較



で有意な差はみられなかったが、圧痛のみ Pre と比較して Post において有意に低い値を示した ( $p < 0.01$ ).

本論文の研究課題 1 および 2 において、ジャンパー膝の重症度を評価する指標としてその有用性が示唆された、STTP、圧痛、VISA score に加えて、本研究では Vascularity および SLDS を評価指標として検討した結果、いずれの指標もそれぞれ有意な相関関係を示し、ジャンパー膝の評価指標としての有用性が示唆された。

また、Vascularity を予測し得る評価指標を明らかにするために、単回帰分析を行った結果、Vascularity の予測には圧痛および STTP を用いることの有用性が示された。なかでも STTP は客観的な評価指標であることからその有用性は高いと考えられた。

低周波鍼通電に関しては、STTP、Vascularity、圧痛、SLDS において、J 群は C 群と比較して低周波鍼通電前後の変化パターンが有意に異なり、低周波鍼通電が与える影響は両群間において異なることが示された。なかでも STTP、Vascularity、SLDS では、J 群のみ Pre に対して Post が有意に低い値を示した結果は、本研究で用いた 15 分間の 100Hz の低周波鍼通電が、ジャンパー膝の疼痛の原因と考えられている Vascularity を減少させたことによる反応であると考えられた。

また、圧痛については J 群のみでなく C 群においても Pre と比較して Post において有意に低い値を示したが、2 群間の変化パターンは有意に異なり、J 群において圧痛の程度が大きく低下した原因は、C 群では鍼鎮痛効果のみであったのに対して、J 群では、鍼鎮痛効果に加えて Vascularity 減少効果が組み合わされた結果であると考えられた。

## 第 6 章 総合討論

### 6-1 本研究の目的

ジャンパー膝の病態は、連続性を持ついくつかのステージに分類されると考えられていることから、それぞれの病態に応じた適切な治療法を選択することが重要である。超音波画像や MRI 画像のみでは、その病態を適切に判断することができないため、近年では膝蓋腱内の Vascularity の評価が重要視されている。この Vascularity を臨床の場で正確に評価することができれば、ジャンパー膝の重症度に応じた適切な対応をとることができ、その病態の進行を防ぐことが期待できる。また、Vascularity の他にも、ジャンパー膝発症の危険因子と考えられる大腿四頭筋の筋柔軟性や筋硬度とその重症度の関係が明らかになれば、ジャンパー膝に対する治療法の選択に有用な知見が得られると考えられる。

また、低周波鍼通電はスポーツ外傷・障害の治療法として、スポーツ選手に取り入れられている。低周波鍼通電が生体に与える影響を検討した研究の多くは、筋を対象としており、腱への影響を検討した研究は少ない。しかし、ジャンパー膝に対する鍼治療は臨床でよく行われることから、腱への低周波鍼通電の影響を検討することが今後の課題である。

そこで、本研究は STTP, Vascularity, 圧痛, VISAscore, SLDS, 大腿四頭筋筋柔軟性, 大腿四頭筋筋硬度の機能的評価指標が、ジャンパー膝の重症度評価に有用であるかどうかを明らかにすること、また、ジャンパー膝に対する鍼治療の効果を明らかにすることを目的とした。

そして、本論文の目的を達成するにあたり、以下の課題を設定した。

研究課題 1 寒冷負荷試験によるジャンパー膝の評価

研究課題 2 ジャンパー膝の膝伸展機構特性と STTP, 圧痛および  
VISA score に関する研究

研究課題 3 ジャンパー膝の Vascularity, STTP, 疼痛の関係および  
ジャンパー膝に対する低周波鍼通電の効果に関する研究

## 6-2 本研究で得られた成果

### 6-2-1 研究課題1：寒冷負荷試験によるジャンパー膝の評価

研究課題1では、ジャンパー膝群およびコントロール群を対象に、STTPがジャンパー膝の機能的評価指標として有用であるかどうかを明らかにすることを目的に、①寒冷負荷試験がSTTPに及ぼす影響、②圧痛と寒冷負荷前および寒冷負荷終了後のSTTPとの関係を検討した。

その結果、J群とC群の寒冷負荷前および寒冷負荷終了後におけるSTTPの経時的変化は有意に異なることが明らかになった。

寒冷負荷終了後のSTTPの経時的変化において、J群では寒冷負荷前の安静時のSTTPの値に回復したのはPost 5分であったのに対して、C群ではPost 8分であり、J群の方が寒冷負荷終了後のSTTPの回復が早かった。この寒冷負荷終了後のSTTPの変化はJ群に特異的な反応であると考えられ、ジャンパー膝の機能的評価法として寒冷負荷試験を用いることの有用性が示唆された。

圧痛に関しては、J群はC群と比較して有意に高い値を示すこと、また、圧痛とSTTP、STTP回復率、STTP変化率の関係を検討した結果、圧痛との相関係数が最も大きかったのは、STTP変化率であることから、寒冷負荷試験の評価指標としてSTTP変化率を用いることが有用であると考えられた。また、STTP変化率の中でもPost 10分において圧痛と最も強い相関を示したことから、寒冷負荷終了後のSTTPの観察は10分が適切であると考えられた。

また、寒冷負荷試験前の安静時のSTTPにおいてもJ群はC群と比較して有意に高い値を示すことと、安静時のSTTPも圧痛と有意な相関を示すことから、寒冷負荷試験を実施することなく検査できるという簡便

性から考えると、安静時の STTP をジャンパー膝の機能的評価指標として用いることの臨床的意義が示唆された。

### **6-2-2 研究課題 2：ジャンパー膝の膝伸展機構特性と STTP，圧痛 および VISA score に関する研究**

研究課題 2 では、ジャンパー膝の重症度を表す機能的評価指標としての膝伸展機構特性の有用性を明らかにすることを目的に、大腿四頭筋の筋柔軟性、筋弾性、STTP、圧痛、VISA score との関係を検討した。

その結果、安静時の STTP は、ジャンパー膝の重症度を点数で表す VISA score や圧痛と有意な相関を示し、これまで重要視されてきた大腿四頭筋の柔軟性の指標となる踵殿距離や、筋緊張度の指標となる筋弾性は、STTP、VISA score、圧痛とは相関関係を示さないことが明らかになった。

これらのことから、ジャンパー膝の慢性例においては、圧痛および VISA score で評価された動作時痛の原因は、膝伸展機構全体にあるのではなく、膝伸展機構のなかでも膝蓋腱局所に存在する可能性が示唆された。

以上より、ジャンパー膝の重症度を評価する機能的評価指標としては、大腿四頭筋の筋柔軟性、筋弾性のみでなく、膝蓋腱局所の評価指標である STTP をあわせて用いることの有用性が示唆された。

### **6-2-3 研究課題 3：ジャンパー膝の Vascularity，STTP，疼痛の関係 およびジャンパー膝に対する低周波鍼通電の効果に関する研究**

研究課題 3 では、超音波ドップラー法を用いて Vascularity を計測し、Vascularity がジャンパー膝の重症度を表す機能的評価指標となり得るか

どうかを明らかにすること、また Vascularity を表し得る評価指標を明らかにすることを目的に、Vascularity と STTP、圧痛、SLDS、VISA score の関係を検討した。さらに、ジャンパー膝に対する鍼治療の効果を明らかにするために、膝蓋腱への低周波鍼通電が膝蓋腱の STTP、Vascularity、圧痛および SLDS に与える影響について検討した。

その結果、低周波鍼通電前の STTP と Vascularity には、有意な正の相関がみられたこと、また単回帰分析の結果から、STTP は Vascularity を予測する指標として有意な回帰関数および回帰係数を示し、その回帰式の自由度修正済み決定係数 ( $R^2$ ) も圧痛に次いで高い値を示したことから、STTP は Vascularity を表す指標となり得ることが示唆された。

また、Vascularity と圧痛、SLDS、VISA score との関係を検討した結果、それぞれに有意な相関がみられたことから、Vascularity はジャンパー膝の重症度を表す機能的評価指標であると考えられた。

低周波鍼通電が Vascularity、STTP、圧痛、SLDS に及ぼす影響を検討した結果、低周波鍼通電前後の変化パターンが J 群と C 群において有意に異なり、J 群では、Vascularity、STTP、圧痛、SLDS において Pre と比較して Post の方が有意に低い値を示した。また、C 群では、Vascularity、STTP、SLDS は、低周波鍼通電前後の比較で有意な差はみられなかったが、圧痛のみ、Pre と比較して Post の方が有意に低い値を示したことから、本研究で用いた 100Hz の低周波鍼通電は圧痛を除いた、Vascularity、STTP、SLDS に対しては、J 群のみに影響を与える刺激であったことが示された。

低周波鍼通電前後の比較において、J 群では、Vascularity、STTP、圧痛、SLDS において Pre と比較して Post の方が有意に低い値を示した結果は、低周波鍼通電による Vascularity の減少が影響していると示唆された。す

なわち、Vascularity の減少が STTP の低下を生じさせ、また疼痛の原因と考えられている Vascularity<sup>8,50)</sup>が減少したことが、圧痛および SLDS の疼痛緩和に影響したと考えられた。

圧痛のみ C 群も低周波鍼通電前後の比較において、Pre と比較して Post の値が有意に低下した結果は、低周波鍼通電による鍼鎮痛効果が考えられた。鍼刺激による生体反応として、全身性<sup>139,140)</sup>にも局所性<sup>141,142)</sup>にも鍼鎮痛効果が起こることが報告されていることから、本研究で用いた低周波鍼通電でも同様の効果が得られた可能性がある。低周波鍼通電前後の J 群および C 群の圧痛は、有意に異なる変化パターンを示したことから、J 群においては、この鍼鎮痛以外の影響を受けたことが示唆され、その影響は前述の通り、J 群においてのみ観察された Vascularity の減少であることが考えられた。

### 6-3 本研究で得られた成果の意義および今後の課題

本研究の目的の一つである，ジャンパー膝の機能的評価指標に関する検討の結果，先行研究においてその有用性が示されている，VISA score, SLDS, Vascularity, 圧痛については，本研究でも同様の結果であった．本研究の特徴である STTP と，VISA score, SLDS, Vascularity, 圧痛との関係を検討した結果，STTP はこれらの項目と有意な相関関係を示したことから，STTP をジャンパー膝の機能的評価指標として用いることの有用性が示唆された．また，これらの評価指標の中でも，STTP と Vascularity は客観的であることから，評価指標としての重要性は高いといえる．

ジャンパー膝の病態は，連続性を持ついくつかのステージに分類されると考えられており，それぞれの病態に応じた適切な治療法を選択することが，その病態の進行を防ぐために重要である．超音波画像や MRI 画像のみでは，その病態を適切に判断することができないため，近年では膝蓋腱内の Vascularity の評価が重要視されているが，この Vascularity は環境の制限から，多くの臨床の場で利用できるとは限らない．しかし，本研究で示唆された，STTP と Vascularity の関係から，簡便かつ客観的にジャンパー膝の機能評価をし得る STTP を用いることで，多くの臨床の場でジャンパー膝の重症度に応じた適切な対応をとることができる可能性があり，ジャンパー膝の病態の進行を防ぐことが期待できる．

しかし，本研究では病態分類に関する検討をしておらず，どの程度の Vascularity あるいは，STTP ならば，どのステージの病態に分類される可能性があるかは分からないため，今後は本研究で検討した機能的評価指標とジャンパー膝の病態ステージとの関係を検討する必要がある．この関係を明らかにすることで，スポーツ現場で活用できる有益な知見が得



られると考えられる。

本研究は対象者の数が少ないため、今後は対象者の数を増やしてさらに検討することが今後の課題である。また、本研究では J 群および C 群の選択基準として、利き脚または非利き脚の基準を設けていない。そのため、両側にジャンパー膝を有する選手は両側の測定を行った。同様に C 群においても両側測定する対象者がいたため、本研究で用いた圧痛や SLDS および VISA score などの自覚的な評価指標については、測定データの偏りが生じる可能性も考えられ、今後は測定脚を統一するなどの選択基準が必要といえる。

ジャンパー膝の主な症状は、膝蓋骨下端の膝蓋腱附着部の疼痛であるが、膝蓋骨上端の疼痛もジャンパー膝の定義には含まれる。本研究では、膝蓋骨上端の疼痛を訴えるジャンパー膝を選択基準としておらず、膝蓋骨上端の疼痛を訴える症例においても、本研究と同様の結果が得られるかは分からないため、膝蓋骨上端の疼痛を訴えるジャンパー膝に対する検討を加えることも今後の課題である。

また、本研究のもう一つの目的である、ジャンパー膝に対する低周波鍼通電の効果については、奏効機序を解明するには至っていないが、臨床の場で通常用いられる、100Hz の低周波鍼通電を 15 分間行った結果、J 群において、Vascularity, STTP, SLDS, 圧痛が減少することを明らかにした。ジャンパー膝の疼痛は、その Vascularity の増加が原因であると考えられているため、Vascularity の減少が圧痛や SLDS などの疼痛緩和に関与した可能性が考えられる。

実際にジャンパー膝の症状を有する対象者に対して、低周波鍼通電の効果を検討した研究は本研究がはじめてであることから、その影響を先

行研究と比較することができなかつたため、今後検討すべき課題がいくつか残されている。

低周波鍼通電の周波数の違いは、筋血流については異なる反応を示すことが明らかにされているため、今後は 100Hz 以外の周波数が膝蓋腱の Vascularity に及ぼす影響について検討する必要がある。

また、本研究で用いた低周波鍼通電の影響は、通電直後のみに起こる一過性の生体反応か、持続性があるものかは本研究の実験デザインでは検討し得ないため、今後は経時的な影響を検討する必要がある。

本研究における低周波鍼通電の刺鍼部位は、膝蓋腱局所のみであり、その刺鍼部位の選択は、解剖生理学的な判断によるものであった。しかし、実際の鍼治療は東洋医学の考えに基づいた経穴を選択することもある。本研究では、ジャンパー膝に対する経穴を用いた鍼治療の効果は検討していないため、今後は治療法の比較検討をすることも必要といえる。

さらに、通常の鍼治療としての低周波鍼通電の継続的効果を検討することも重要である。低周波鍼通電の短期効果のみでなく、長期効果を明らかにすることで、スポーツ選手を支援するスポーツ医科学スタッフにおいては、運動療法、物理療法、薬物療法など、その全体の治療計画の中にどのように鍼治療を取り入れるべきかを判断することができるため、スポーツ医学の分野において、有用な知見が得られると考えられる。

## 謝辞

本研究の遂行と本博士論文の作成にあたり，懇切丁寧なご指導，ご助言を賜りました，筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻，宮本俊和 教授に深く感謝申し上げます。

筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻，宮川俊平 教授には，副指導教員として多くの貴重なご意見，ご指導を賜りました。ここに深謝の意を申し上げます。

筑波大学人間総合科学研究科スポーツ医学専攻，白木 仁 教授には，論文指導のみならず，同じアスレティックトレーナーとしての立場から，貴重なご助言をいただきました。深く御礼申し上げます。

また，筑波技術大学保健科学部保健学科，木下裕光 教授には，論文校正など細部にわたるご指導をいただきました。深く感謝いたします。

筑波大学人間総合科学研究科スポーツ医学専攻，和田恒彦 准教授には，多くのご助言と多大なるご協力を賜りました。心から御礼申し上げます。

久留米大学健康・スポーツ科学センター，満園良一 教授，辻本尚弥 教授，右田孝志 准教授をはじめ多くの先生方には，仕事と論文作成との両立をしていく上で，深いご理解をいただき，多くのお気遣いをいただきました。ここに深謝の意を申し上げます。

また，測定にご協力いただきました皆様，日頃より研究を進めるにあたり，多大なご支援をいただきました，宮本研究室の皆様，筑波大学人間総合科学研究科スポーツ医学専攻の皆様は深く感謝いたします。

最後に，私の仕事だけでなく学生生活についても，いつも温かい笑顔で支え続けてくれた妻 亜紀子に感謝の意を捧げます。

## 参考文献

1. Blazina ME, Kerlan RK, Jobe FW, Carter VS, Carlson GJ : Jumper's knee. *The Orthopedic Clinics of North America*, 4 ; 665 - 678, 1973.
2. Lian O, Holen KJ, Engebretsen L, Bahr R : Relationship between symptoms of jumper's knee and the ultrasound characteristics of the patellar tendon among high level male volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 6 ; 291 - 296, 1996.
3. Khan KM, Bonar F, Desmond PM, Cook JL, Young DA, Visentini PJ, Fehrmann MW, Kiss ZS, O'Brien PA, Harcourt PR, Dowling RJ, O'Sullivan RM, Crichton KJ, Tress BM, Wark JD : Patellar tendinosis (jumper's knee) : findings at histopathologic examination, US, and MR imaging. *Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. Radiology*. 200 ; 821 - 827, 1996.
4. Yu JS, Popp JE, Kaeding CC, Lucas J : Correlation of MR imaging and pathologic findings in athletes undergoing surgery for chronic patellar tendinitis. *American Journal of Roentgenology*. 165 ; 115 - 118, 1995.
5. 東山一郎, 熊井 司 : ジャンパー膝の病態－骨梁構造, 組織学的検討－. *臨床スポーツ医学*. 27 ; 1063 - 1071, 2010.

6. Peers Koen HE, Lysens Roeland JJ : Patellar tendinopathy in athletes : current diagnostic and therapeutic recommendations. *Sports Medicine.* 35 ; 71 - 87, 2005.
7. Cook JL, Malliaras P, De Luca J, Ptasznik R, Morris ME, Goldie P : Neovascularization and pain in abnormal patellar tendons of active jumping athletes. *Clinical journal of sport medicine.* 14 ; 296 - 299, 2004.
8. Malliaras P, Purdam C, Maffulli N, Cook J : Temporal sequence of greyscale ultrasound changes and their relationship with neovascularity and pain in the patellar tendon. *British Journal of Sports Medicine.* 44 ; 944 - 947, 2010.
9. Lian OB, Engebretsen L, Bahr Roald : Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports : a cross-sectional study. *The American Journal of Sports Medicine.* 33 ; 561 - 567, 2005.
10. Cook JL, Khan KM, Kiss ZS, Griffiths L : Patellar tendinopathy in junior basketball players : a controlled clinical and ultrasonographic study of 268 patellar tendons in players aged 14-18 years. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 10 ; 216 - 220, 2000.

11. Gisslèn K, Gyulai C, Söderman K, Alfredson H : High prevalence of jumper's knee and sonographic changes in Swedish elite junior volleyball players compared to matched controls. *British Journal of Sports Medicine.* 39 ; 298 - 301, 2005.
12. Ferretti A, Ippolito E, Mariani P, Puddu G : Jumper's knee. *The American Journal of Sports Medicine.* 11 ; 58 - 62, 1983.
13. Ferretti A, Papandrea P, Conteduca F : Knee injuries in volleyball. *Sports Medicine.* 10 ; 132 - 138, 1990.
14. Linenger JM, West LA : Epidemiology of soft-tissue/musculoskeletal injury among U. S. Marine recruits undergoing basic training. *Military Medicine.* 157 ; 491 - 493, 1992.
15. 森雄二郎, 福井 勉 : ジャンパー膝. *Orthopaedics.* 9 ; 123 - 129, 1996.
16. Roels J, Martens M, Mulier JC, Burssens A : Patellar tendinitis (jumper's knee). *The American Journal of Sports Medicine.* 6 ; 362 - 368, 1978.
17. Ferretti A, Puddu G, Mariani PP, Neri M : The natural history of jumper's knee. Patellar or quadriceps tendonitis. *International Orthopaedics.* 8 ; 239 - 242, 1985.

18. Lian O, Engebretsen L, Ovrebo RV, Bahr R : Characteristics of the leg extensors in male volleyball players with jumper's knee. The American Journal of Sports Medicine. 24 ; 380 - 385, 1996.
19. Kujala UM, Aalto T, Osterman K, Dahlström S : The effect of volleyball playing on the knee extensor mechanism. The American Journal of Sports Medicine. 17 ; 766 - 799, 1989.
20. Khan KM, Maffulli N, Coleman BD, Cook JL, Taunton JE. Patellar tendinopathy : some aspects of basic science and clinical management. British Journal of Sports Medicine. 32 ; 346 - 355, 1998.
21. Ferretti A : Epidemiology of jumper's knee. Sports Medicine. 3 ; 289 - 295, 1986.
22. Skutek Michael, van Griensven Martijn, Zeichen Johannes, Brauer Nicole, Bosch Ulrich : Cyclic mechanical stretching of human patellar tendon fibroblasts: activation of JNK and modulation of apoptosis. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 11 ; 122 - 129, 2003.
23. Richards DP, Ajemian SV, Wiley JP, Zernicke RF : Knee joint dynamics predict patellar tendinitis in elite volleyball players. The American Journal of Sports Medicine. 24 ; 676 - 683, 1996.

24. Cook J, Kiss ZS, Khan KM, Purdam CR, Webster KE : Anthropometry, physical performance, and ultrasound patellar tendon abnormality in elite junior basketball players : a cross-sectional study. *British Journal of Sports Medicine*. 38 ; 206 - 209, 2004.
25. Witvrouw E, Bellemans J, Lysens R, Danneels L, Cambier D : Intrinsic risk factors for the development of patellar tendinitis in an athletic population. A two-year prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*. 29 ; 190 - 195, 2001.
26. 中瀬順介, 虎谷達洋, 小坂正裕, 大橋義徳, 北岡克彦, 土屋弘行 : ジャンパー膝の危険因子－高校女子スポーツ選手の前向き研究－. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 21 ; 17 - 19, 2013.
27. 甲斐健悟, 越智英輔, 森田淳悟, 平沼憲治 : 大学男子バレーボール選手におけるジャンパー膝の発症因子に関する研究. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 17 ; 522 - 530, 2009.
28. Myllymäki T, Bondestam S, Suramo I, Cederberg A, Peltokallio P : Ultrasonography of jumper's knee. *Acta Radiologica*. 31 ; 147 - 149, 1990.



29. Ferretti A, Conteduca F, Camerucci E, Morelli F : Patellar tendinosis : a follow-up study of surgical treatment. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume.* 84 ; 2179 - 2185, 2002.
30. Van der Worp H, Van Ark M, Zwerver J, Van den Akker-Scheek I : Risk factors for patellar tendinopathy in basketball and volleyball players : a cross-sectional study. *British Journal of Sports Medicine.* 45 ; 446 - 452, 2011.
31. Tiemessen IJ, Kuijer PP, Hulshof CT, Frings-Dresen MH : Risk factors for developing jumper's knee in sport and occupation : A review. *BMC research notes.* 2 ; 127, 2009.
32. Khan KM, Cook JL, Bonar F, Harcourt P, Astrom M : Histopathology of common tendinopathies . Update and implications for clinical management. *Sports Medicine.* 27 ; 394 - 408, 1999.
33. Colosimo AJ, Bassett FH III : Jumper's knee. Diagnosis and treatment. *Orthopaedic Review.* 19 ; 139 - 149, 1990.
34. Hoksud A, Ohberg L, Alfredson H, Bahr R : Ultrasound-guided sclerosis of neovessels in painful chronic patellar tendinopathy : A randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine.* 34 ; 1738 - 1746, 2006.

35. Alfredson H, Ohberg L : Neovascularisation in chronic painful patellar tendinosis--promising results after sclerosing neovessels outside the tendon challenge the need for surgery . *Knee Surgery , Sports Traumatology, Arthroscopy.* 13 ; 74 - 80, 2005.
36. Alfredson H, Pietilä T, Jonsson P, Lorentzon R : Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *The American Journal of Sports Medicine.* 26 ; 360 - 366, 1998.
37. Fredberg U, Bolvig L : Jumper's knee. Review of the literature. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 9; 66 - 73, 1999.
38. Alfredson H, Forsgren S, Thorsen K, Lorentzon R : In vivo microdialysis and immunohistochemical analyses of tendon tissue demonstrated high amounts of free glutamate and glutamate NMDAR1 receptors, but no signs of inflammation, in Jumper's knee. *Journal of Orthopaedic Research.* 19 ; 881 - 886, 2001.
39. Bjur D, Alfredson H, Forsgren S : The innervation pattern of the human Achilles tendon studies on the normal and tendinosis tendon using markers for general, sensory and sympathetic innervations. *Cell and Tissue Research.* 320 ; 201 - 206, 2005.

40. Forsgren S, Danielsson P, Alfredson H : Vascular NK-1R receptor occurrence in normal and chronic painful Achilles and patellar tendons. Studies on chemically unfixed as well as fixed specimens. *Regulatory Peptides*. 126 ; 173 - 181, 2005.
41. Alfredson H, Lorentzon R : Chronic tendon pain : No signs of chemical inflammation but high concentrations of the neurotransmitter glutamate. Implications for treatment?. *Current Drug Targets*. 3 ; 43 - 54, 2002.
42. Leadbetter WB : Cell-matrix response in tendon injury. *Clinics in Sports Medicine*. 11 ; 533 - 578, 1992.
43. Kannus P : Etiology and pathophysiology of chronic tendon disorders in sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 7 ; 78 - 85, 1997.
44. Mafi N, Lorentzon R, Alfredson H : Superior short-term results with eccentric calf muscle training compared to concentric training in a randomized prospective multicenter study on patients with chronic Achilles tendinosis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 9 ; 42 - 47, 2001.

45. Archambault JM, Wiley JP, Bray RC : Exercise loading of tendons and the development of overuse injuries. A review of current literature. *Sports Medicine*. 20 ; 77 - 89, 1995.
46. Maffulli N, Wong J, Almekinders LC : Types and epidemiology of tendinopathy. *Clinics in Sports Medicine*. 22 ; 675 - 692, 1992.
47. JL Cook, KM Khan, CR Purdam : Conservative treatment of patellar tendinopathy. *Physical Therapy in Sport*. 2 ; 54 - 65, 2001.
48. Nehrer S, Breitensteher M, Brodner W, Kainberger F, Fellingner EJ, Engel A, Imhof F : Clinical and sonographic evaluation of the risk of rupture in the Achilles tendon. *Archives of Orthopaedics and Trauma Surgery*. 116 ; 14 - 18, 1997.
49. Kannus P, Józsa L : Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon. A controlled study of 891 patients. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 73 ; 1507 - 1525, 1991.
50. Cook JL, Purdam CR : Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *British Journal of Sports Medicine*. 43 ; 409 - 416, 2009.

51. Pfirrmann CW, Jost B, Pirkl C, Aitzetmüller G, Lajtai G : Quadriceps tendinosis and patellar tendinosis in professional beach volleyball players : sonographic findings in correlation with clinical symptoms. *European Radiology*. 18 ; 1703 - 1709, 2008.
52. Danielson P, Alfredson H, Forsgren S : Distribution of general (PGP 9.5) and sensory (substance P/CGRP) innervations in the human patellar tendon. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 14 ; 125 - 132, 2006.
53. Lian O, Scott A, Engebretsen L, Bahr R, Duronio V, Khan K : Excessive apoptosis in patellar tendinopathy in athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. 35 ; 605 - 611, 2007.
54. Almekinders LC, Vellema JH, Weinhold PS : Strain patterns in the patellar tendon and the implications for patellar tendinopathy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 10 ; 2 - 5, 2002.
55. Johnson DP, Wakeley CJ, Watt I : Magnetic resonance imaging of patellar tendonitis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 78 ; 452 - 457, 1996.

56. Kettunen JA, Kvist Martti, Alanen Erkki, Kujala UM : Long-term prognosis for jumper's knee in male athletes. A prospective follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*. 30 ; 689-692, 2002.
57. 大久保衛, 日下昌浩, 徳山 満 : 靱帯炎. *臨床スポーツ医学*. 17(臨時増刊号) ; 350 - 357, 2000.
58. 坂西英夫, 川野哲英, 浦辺幸夫 : 膝蓋靱帯炎の大腿四頭筋筋力に及ぼす影響. 1987 年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 日本体育協会スポーツ科学委員会編 日本体育協会 東京. 3 - 7, 1988.
59. Fornage BD, Rifkin MD, Touche DH, Seegal PM : Sonography of the patellar tendon : preliminary observations . *American Journal of Roentgenology*. 143 ; 179 - 182, 1984.
60. Kalebo P, Sward L, Karlsson J, Peterson L : Ultrasonography in the detection of partial patellar ligament ruptures (jumper's knee). *Skeletal Radiology*. 20 ; 285 - 289, 1991.
61. Fritschy D, Gautard R : Jumper's knee and ultrasonography. *The American Journal of Sports Medicine*. 16 ; 637 - 640, 1988.

62. Popp JE, Yu JS, Kaeding CC : Recalcitrant patellar tendinitis. Magnetic resonance imaging, histologic evaluation, and surgical treatment. *The American Journal of Sports Medicine*. 25 ; 218 - 222, 1997.
63. Fredberg U, Bolvig L : Significance of ultrasonographically detected asymptomatic tendinosis in the patellar and achilles tendons of elite soccer players : A longitudinal study. *The American Journal of Sports Medicine*. 30 ; 488 - 491, 2002.
64. Khan KM, Cook JL, Kiss ZS, Visentini PJ, Fehrmann MW, Harcourt PR, Tress BW, Wark JD : Patellar tendon ultrasonography and jumper's knee in female basketball players : A longitudinal study. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 7 ; 199 - 206, 1997.
65. Cook JL, Khan KM, Harcourt PR, Kiss ZS, Fehrmann MW, Griffiths L, Wark JD : Patellar tendon ultrasonography in asymptomatic active athletes reveals hypoechoic regions : A study of 320 tendons. Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 8 ; 73 - 77, 1998.
66. Weinberg EP, Adams MJ, Hollenberg GM : Color Doppler sonography of patellar tendinosis. *American Journal of Roentgenology*. 171 ; 743 - 744, 1998.

67. Terslev L , Qvistgaard E , Torp-Pedersen S , Laetgaard J , Danneskiold-Samsøe B, Bliddal H : Ultrasound and Power Doppler findings in jumper's knee - preliminary observations. *European Journal of Ultrasound.* 13 ; 183 - 189, 2001.
68. Gisslén K, Ohberg L, Alfredson H : Is the chronic painful tendinosis tendon a strong tendon? : A case study involving an Olympic weightlifter with chronic painful Jumper's knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 14 ; 897 - 902, 2006.
69. Gisslén K, Alfredson H : Neovascularisation and pain in jumper's knee : a prospective clinical and sonographic study in elite junior volleyball players. *British Journal of Sports Medicine.* 39 ; 423 - 428, 2005.
70. Cook JL, Kiss ZS, Ptaznik R, Malliaras P : Is vascularity more evident after exercise? Implications for tendon imaging. *American Journal of Roentgenology.* 185 ; 1138 - 1140, 2005.
71. Cook JL, Ptaznik R, Kiss ZS, Malliaras P, Morris ME, De Luca J : High reproducibility of patellar tendon vascularity assessed by colour Doppler ultrasonography : A reliable measurement tool for quantifying tendon pathology. *British Journal of Sports Medicine.* 39 ; 700 - 703, 2005.



72. Koenig MJ, Torp-Pedersen S, Boesen MI, Holm CC, Bliddal H: Doppler ultrasonography of the anterior knee tendons in elite badminton players: Colour fraction before and after match. *British Journal of Sports Medicine*. 44 ; 134 - 139, 2010.
73. Koenig MJ, Torp-Pedersen ST, Christensen R, Boesen MI, Terslev L, Hartkopp A, Bliddal H : Effect of knee position on ultrasound Doppler findings in patients with patellar tendon hyperaemia (jumper's knee). *Ultraschall in der Medizin*. 28 ; 479 - 483, 2007.
74. 原 賢二, 宮本俊和 : 赤外線サーモグラフィによるジャンパー膝の評価日本サーモロジー学会誌. 25 ; 40 - 44, 2005.
75. 宮本俊和, 原 賢二, 西村博志, 矢野健太郎 : サーモグラフィによるスポーツ外傷・障害の評価. *日本赤外線学会誌*. 14; 39 - 43, 2004.
76. 宮本俊和 : スポーツ領域のサーモグラフィの応用. *日本サーモロジー学会誌*. 21 ; 45 - 49, 2001.
77. 原 賢二, 宮川俊平, 宮本俊和 : 皮膚表面温度と圧痛によるジャンパー膝の重症度評価. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 19; 74 - 80, 2011.
78. 原 賢二, 宮本俊和 : 膝関節のサーモグラフィ. *日本サーモロジー学会誌*. 26 ; 94 - 97, 2007.

79. Visentini PJ, Khan KM, Cook JL, Kiss ZS, Harcourt PR, Wark JD : The VISA score: An index of severity of symptoms in patients with jumper's knee (patellar tendinosis). Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *Journal of Science and Medicine In Sport / Sports Medicine Australia*. 1 ; 22 - 28, 1998.
80. Weiler JM : Medical modifiers of sports injury. The use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in sports soft-tissue injury. *Clinics in Sports Medicine*. 11 ; 625 - 644, 1992.
81. Almekinders LC, Temple JD : Etiology, diagnosis, and treatment of tendonitis : An analysis of the literature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 30 ; 1183 - 1190, 1998.
82. Lecomte J, Buyse H, Taymans J, Monti T : Treatment of tendinitis and bursitis : A comparison of nimesulide and naproxen sodium in a double-blind parallel trial. *European Journal of Rheumatology and Inflammation*. 14 ; 29 - 32, 1994.
83. Dreiser RL, Ditisheim A, Charlot J, Lopez A : A double blind, placebo controlled study of niflumic acid gel in the treatment of acute tendinitis. *European Journal of Rheumatology and Inflammation*. 11 ; 38 - 45, 1991.

84. Klaiman MD, Shrader JA, Danoff JV, Hicks JE, Pesce WJ, Ferland J : Phonophoresis versus ultrasound in the treatment of common musculoskeletal conditions . *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 30 ; 1349 - 1355, 1998.
85. Penderghest CE, Kimura IF, Gulick DT : Double-blind clinical efficacy study of pulsed phonophoresis on perceived pain associated with symptomatic tendinitis. *Journal of Sport Rehabilitation*. 7;9 - 19, 1998.
86. Capasso G, Testa V, Maffulli N : Aprotinin, corticosteroids and normosaline in the management of patellar tendinopathy in athletes : A prospective randomized study. *Sports Exercise and Injury*. 3 ; 111 - 115, 1997.
87. Smidt N, van der Windt DA, Assendelft WJ, Devillé WL, Korthals-de Bos IB, Bouter LM : Corticosteroid injections, physiotherapy, or a wait-and-see policy for lateral epicondylitis : A randomised controlled trial. *Lancet*. 359 ; 657 - 662, 2002.
88. Jozsa L, Kannus P : *Human tendons : Anatomy, physiology, and pathology*. Champaign IL : Human Kinetics, 1997.

89. Hoksrud A, Bahr R : Ultrasound-guided sclerosing treatment in patients with patellar tendinopathy (jumper's knee). 44-month follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*. 39 ; 2377 - 2380, 2011.
90. Frohm A, Saartok T, Halvorsen K, Renström P : Eccentric treatment for patellar tendinopathy : A prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation protocols. *British Journal of Sports Medicine*. 41 ; e7, 2007.
91. Cannell LJ, Taunton JE, Clement DB, Smith C, Khan KM : A randomised clinical trial of the efficacy of drop squats or leg extension / leg curl exercises to treat clinically diagnosed jumper's knee in athletes : Pilot study. *British Journal of Sports Medicine*. 35 ; 60 - 64, 2001.
92. Bahr R, Fossan B, Løken S, Engebretsen L : Surgical treatment compared with eccentric training for patellar tendinopathy (Jumper's Knee). A randomized, controlled trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 88 ; 1689 - 1698, 2006.
93. Purdam CR, Jonsson P, Alfredson H, Lorentzon R, Cook JL, Khan KM : A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *British Journal of Sports Medicine*. 38 ; 395 - 397, 2004.

94. Langberg H, Ellingsgaard H, Madsen T, Jansson J, Magnusson SP, Aagaard P, Kjaer M : Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with Achilles tendinosis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 17 ; 61 - 66, 2007.
95. Shalabi A, Kristoffersen-Wilberg M, Svensson L, Aspelin P, Movin T : Eccentric training of the gastrocnemius-soleus complex in chronic Achilles tendinopathy results in decreased tendon volume and intratendinous signal as evaluated by MRI. *The American Journal of Sports Medicine*. 32 ; 1286 - 1296, 2004.
96. Ohberg L, Lorentzon R, Alfredson H : Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis : Normalised tendon structure and decreased thickness at follow up. *British Journal of Sports Medicine*. 38 ; 8 - 11, 2004.
97. Ohberg L, Alfredson H : Effects on neovascularisation behind the good results with eccentric training in chronic mid-portion Achilles tendinosis?. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 12 ; 465 - 470, 2004.
98. 梅村 守 :サーモグラフィと人間工学への応用. *人間工学*. 30 ; 377 - 439, 1994.

99. 黒木勝一：代表的な温度測定．熱物性． 3；94 - 101, 1989.
100. 藤正 巖：サーモグラフィのための病態生理．最新医用サーモグラフィ 日本サーモロジー学会 ネオ・メディク社．愛知；16 - 28, 1999.
101. 檜村修生，上田五雨：上肢運動における皮膚温のサーモグラフィによる観察．体力科学． 35；83 - 92, 1986.
102. 会田美穂，芳住邦雄：運動時における人体四肢末梢皮膚温の過渡的变化に対する環境温の変化． The Annals of physiological anthropology. 13；421 - 427, 1994.
103. 篠原昭二，松本 勅，西牧紀子，鷺見英法：雀啄，鍼通電および SSP 刺激の肩甲上部皮膚・筋血流に及ぼす影響．全日本鍼灸学会雑誌． 32；17 - 23, 1982.
104. 桑木綱一，神谷康司，松崎真弓，南島千恵：正歩行負荷サーモグラフィからみた Subclinical Diabetic Autonomic Neuropathy．日本サーモロジー学会誌． 22；72 - 77, 2002.

105. Bharara M, Cobb JE, Claremont DJ : Thermography and thermometry in the assessment of diabetic neuropathic foot : A case for furthering the role of thermal techniques . The International Journal of Lower Extremity Wounds. 5 ; 250 - 260, 2006.
106. Ohsawa S, Inamori Y, Fukuda K, Hirotsuji M : Lower limb amputation for diabetic foot. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. 121 ; 186 - 190, 2001.
107. 江見吉晴, 小宮山伸之, 中西成元, 関 顕, 三浦純子 : 運動負荷サーモグラフィーによる閉塞性動脈硬化症に対する経皮的血管形成術の効果判定に関する検討. 脈管学. 32 ; 629 - 634, 1992.
108. Takazawa K, Iketani T, Ibukiyama C : Pulse wave velocity, thermography in the diagnosis of arteriosclerosis. Nippon Rinsho. Japanese Journal of Clinical Medicine. 51 ; 2074 - 2079, 1993.
109. 長谷川省一 : 閉塞性動脈硬化症におけるトレッドミル負荷試験の有用性. 日本サーモロジー学会誌. 17 ; 177 - 180, 1998.

110. Foerster J, Wittstock S, Fleischanderl S, Storch A, Riemekasten G, Hochmuth O, Meffert B, Meffert H, Worm M : Infrared-monitored cold response in the assessment of Raynaud's phenomenon. *Clinical and Experimental Dermatology*. 31 ; 6 - 12, 2006.
111. Green SE, Linton SM, Harding JR, Attanoos R : Raynaud's phenomenon associated with Kimura's disease. *Rheumatology*. 44 ; 559 - 561, 2005.
112. Clark Stuart, Dunn Graham, Moore Tonia, Jayson Malcolm 4th, King Terence A, Herrick Ariane L : Comparison of thermography and laser Doppler imaging in the assessment of Raynaud's phenomenon . *Microvascular Research*. 66 ; 73 - 76, 2003.
113. 蟹江良一 : サーモグラフィーからみた変形性膝関節症の病態. 別冊整形外科. 42 ; 90 - 96, 2002.
114. 中村克司 : 変形性膝関節症のサーモグラフィー. 別冊整形外科. 42 ; 97 - 101, 2002.
115. 中村克司, 望月一男, 石井良章 : 変形性膝関節症に対するサーモグラフィーの応用. *理学診療*. 7 ; 266 - 271, 1996.
116. 金井成行, 谷口典正, 薄竜太 : 変形性膝関節症におけるサーモグラフィーの検討. *整形外科と災害外科*. 48 ; 348-350, 1999.



117. Van Holsbeeck M, Van Holsbeeck K, Gevers G, Marchal G, Van Steen A, Favril A, Gielen J, Dequeker J, Baert A : Staging and follow-up of rheumatoid arthritis of the knee . Comparison of sonography , thermography, and clinical assessment. *Journal of Ultrasound in Medicine.* 7 ; 561 - 566, 1988.
118. Rusch D, Follmann M, Boss B, Neeck G : Dynamic thermography of the knee joints in rheumatoid arthritis (RA) in the course of the first therapy of the patient with methylprednisolone. *Zeitschrift Fur Rheumatologie.* 59 ; II 131 - 135, 2000.
119. 三谷英夫, 富士正夫, 横山裕志, 浅井達郎 : サーモグラフィによる膝関節手術の経時的観察日本サーモロジー学会誌. 6;78 - 84, 1986.
120. Vujcic M, Nedeljkovic R : Thermography in the detection and follow up of chondromalacia patellae. *Annals of the rheumatic diseases.* 50;921 - 925, 1991.
121. Devereaux MD, Parr GR, Lachmann SM, Thomas DP, Hazleman BL : Thermographic diagnosis in athletes with patellofemoral arthralgia. *The Journal of Bone And Joint Surgery. British Volume.* 68;42 - 44, 1986.
122. 鹿野昌彦 : 負荷サーモグラフィについて. 日本サーモロジー学会誌. 14 ; 162 - 166, 1994.

123. 桐山勢生, 鹿野昌彦, 都築徹哉: 膠原病患者における冷水負荷サーモグラフィーの臨床的意義. 日本サーモロジー学会誌 6; 127 - 129, 1986.
124. 内海雅雄, 渡辺剛一, 石川栄一: 強皮症患者の冷水負荷サーモグラフィー日本サーモロジー学会誌. 8 ; 119 - 122, 1988.
125. 沢田泰之, 横関博雄, 片山一朗: 冷水負荷サーモグラフィーを用いたレイノー現象に対する薬効評価の臨床的検討—塩酸 diltiazem の臨床的評価との比較を通して—. 日本皮膚科学会雑誌. 107; 949 - 954, 1997.
126. 則 志津, 宮内政博, 高嶋隼二: 冷却負荷サーモグラフィーによる健常者四肢末梢循環機能におよぼす加齢の影響について. 臨床病理 30 ; 115 - 120, 1982.
127. 渡部一郎, 佐川昭, 馬場嘉美: レイノー現象を有する膠原病患者の冷水負荷試験によるサーモグラフィの検討. リウマチ. 31 ; 167 - 174, 1991.
128. 下村建二: 男性冷え症に対する 20°C水 5 分間負荷試験の冬, 夏における差異について. 日本サーモロジー学会誌. 14 ; 26, 1994.

129. 高沢晴夫, 赤松功也, 鞆田幸徳, 中島寛之, 藤巻悦夫, 城所靖郎, 大井淑雄, 小林昭, 鈴木征雄, 土方貞久, 塚本創一郎: 腰部のスポーツ障害—第1次調査報告—. 昭和48年度日本体育協会スポーツ科学報告. 1 - 18, 1973.
130. 中嶋寛之, 小野陽二, 川原 貴, 坂本静男, 塩野潔, 高尾良英, 鳥居 俊, 濱中春吉, 福林 徹, 村田光範, 目崎 登, 塚越克己, 加藤守: 国体選手の健康管理に関する研究-第2報-, 1991年度日本体育協会スポーツ科学報告集 1. 134 - 135, 1992.
131. 日本体育協会公認アスレティックトレーナー連絡会議運営委員会: (財) 日本体育協会 公認アスレティックトレーナー JASA - AT マスタープラン. 日本体育協会公認アスレティックトレーナー連絡会議. 2010.
132. 秋本崇之, 宮本俊和, 河野一郎: 大学スポーツ選手における鍼治療の実態. 臨床スポーツ医学. 15 ; 87 - 93, 1998.
133. Miyamoto T, Kobayashi T, Meguriya S, Yamaguchi S, Fukubayashi T, Hayashi K : The Actual Condition of acupuncture for Athletes Entered the National Athletic Meet at Ibaraki Prefecture. PROCEEDING FISU/CESU Conference The 18th universiade. 74-75, 1995.

134. Orljanski W, Aigner N, Fialka C, Schabus R : Enthesopathy of the patellar ligament in weight lifters : A new therapeutic procedure. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca.* 63 ; 346 - 348, 1996.
135. 片山憲史, 越智秀樹, 池内隆治, 松本 勲, 勝見泰和, 山際哲夫, 李 成中, 立入克敏, 常岡秀行, 平澤泰介. 膝蓋腱炎に対する鍼治療の検討. *関西臨床スポーツ医科学研究会誌.* 3 ; 47 - 49, 1993.
136. 松田啓佑, 片山憲史, 木村啓作, 矢野 忠 : バレーボール選手のジャンパー膝 3 症例に対する鍼治療効果の検討. *全日本鍼灸学会雑誌.* 58 ; 492. 2008.
137. Acupuncture. NIH Consens Statement. 15 ; 1 - 34, 1997.
138. 吉川恵士 : 鍼麻酔から低周波鍼通電療法まで. *日本温泉気候物理医学雑誌.* 57 ; 151 - 166, 1994.
139. Bing Z, Cesselin F, Bourgoin S, Clot AM, Hamon M, Le Bars D : Acupuncture-like stimulation induces a heterosegmental release of Met-enkephalin-like material in the rat spinal cord. *Pain.* 47 ; 71 - 7, 1991.

140. Clement-Jones V, McLoughlin L, Tomlin S, Besser G, Rees LH, Wen HL : Increased beta-endorphin but not met-enkephalin levels in human cerebrospinal fluid after acupuncture for recurrent pain. *Lancet*. 2 ; 946 - 949, 1980.
141. Goldman N, Chen M, Fujita T, Xu Q, Peng W, Liu W, Jensen TK, Pei Y, Wang F, Han X, Chen JF, Schnermann J, Takano T, Bekar L, Tieu K, Nedergaard M : Adenosine A1 receptors mediate local anti-nociceptive effects of acupuncture. *Nature Neuroscience*. 13 ; 883 - 888, 2010.
142. Zylka MJ : Needling adenosine receptors for pain relief. *Nature Neuroscience*. 13 ; 783 - 784, 2010.
143. 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。 *日本サーモロジー学会誌*. 23 ; 147 - 151, 2004.
144. 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*. 20 ; 9 - 16, 2012.

145. 徳竹忠司, 菅原正秋, 徳竹友美, 恒松隆太郎, 濱田 淳, 吉川恵士, 中野秀樹 : 低周波鍼通電刺激の筋肉深部体温に及ぼす影響－1Hz・100Hz・スーパーパルスを用いて. 全日本鍼灸学会雑誌. 47 ; 54, 1997.
146. 坂井友実, 安野富美子, 田和宗徳, 矢野 忠 : 低周波鍼通電療法の臨床的研究－筋刺激（筋パルス）と神経刺激（神経パルス）の検討－. 日本温泉気候物理医学会雑誌. 67 ; 87 - 108, 2004.
147. 井上基浩, 片山憲史, 北條達也, 矢野 忠, 勝見泰和 : ラットの膝蓋腱血流に及ぼす膝蓋腱部鍼通電刺激と大腿神経電気刺激の影響. 体力科学. 50 ; 119 - 128, 2001.
148. De Almeida Mdos S, De Aro AA, Guerra Fda R, Vieira CP, De Campos Vidal B , Rosa Pimentel E : Electroacupuncture increases the concentration and organization of collagen in a tendon healing model in rats. *Connective Tissue Research*. 53 ; 542 - 547, 2012.
149. Kubo K, Yajima H, Takayama M, Ikebukuro T, Mizoguchi H, Takakura N : Effects of acupuncture and heating on blood volume and oxygen saturation of human Achilles tendon in vivo. *European Journal of Applied Physiology*. 109 ; 545 - 550, 2010.

150. 福林 徹，宮本俊和編：スポーツ鍼灸の実際．医道の日本社．横須賀；194 - 196，2008.
151. 福林 徹，宮本俊和編：スポーツ鍼治療マニュアル．南江堂．東京；114 - 118，1998.
152. 福林 徹，宮本俊和編：スポーツ傷害のハリ療法．医道の日本社．横須賀；139 - 142，1996.
153. 山口真二郎，小林智子，小林英雄，駒崎友美，前野利彦，宮本俊和，廻谷 滋：スポーツによる膝障害に対する鍼治療ージャンパー膝とランナー膝ー．医道の日本．52；28 - 35，1993.
154. 藤正 巖，満淵邦彦，鎮西恒雄：赤外線サーモグラフィ撮影基準と標準画像に関する研究．医学・生物学サーモグラフィ．5；33 - 35，1985.
155. 中嶋寛之：スポーツ整形外科的メディカルチェック．臨床スポーツ医学．2；735 - 740，1985.
156. 木下裕光，宮川俊平，向井直樹，河野一郎：筋弾性計を用いた膝伸展機構障害の予防指標開発の試み（第1報）．日本臨床スポーツ医学会誌．12；278 - 282，2004.

157. 有馬義貴, 矢野 忠, 井元俊之 : 鍼灸臨床における軟部組織の緊張度 (硬度) の客観的評価法 生体 (ヒト) 用組織硬度計の開発とその臨床応用について. 東方医学. 13 ; 13 - 21, 1997.
158. Zwerver J, Bredeweg SW, Hof AL : Biomechanical analysis of the single-leg decline squat. British Journal of Sports Medicine. 41 ; 264 - 268, 2007.
159. Cook JL, Khan KM, Kiss ZS, Purdam CR, Griffiths L : Reproducibility and clinical utility of tendon palpation to detect patellar tendinopathy in young basketball players. Victorian Institute of Sport tendon study group. British Journal of Sports Medicine. 35 ; 65 - 69, 2001.
160. Basso O, Johnson DP, Amis AA : The anatomy of the patellar tendon. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 9 ; 2 - 5, 2001.
161. Hoksrud A, Ohberg L, Alfredson H, Bahr R : Color Doppler ultrasound findings in patellar tendinopathy (jumper's knee). The American Journal of Sports Medicine. 36 ; 1813 - 1820, 2008.