

平成 23 年 12 月 20 日 (火) 17 : 00 ~  
於 : 10 号館 2 階 21 教室

## プログラム

開会の辞 (17 : 00 ~ 17 : 05) 研究部長 雨 貝 孝

### 発 表 (各 10 分間発表・各 5 分間討論)

17 : 05 ~ 17 : 20

1. 運動誘発性酸化ストレスとその性差

[医学教育研究センター 生理学ユニット] 林 知也

17 : 20 ~ 17 : 35

2. 運動器系鍼灸研究の現在, そして今後

[鍼灸学部 臨床鍼灸学ユニット] 井上 基浩

17 : 35 ~ 17 : 50

3. 超音波診断装置による筋・軟部組織損傷の治癒過程の定量評価の検討

[保健医療学部 基礎柔道整復学 I ユニット] 川村 茂

17 : 50 ~ 18 : 05

4. リハビリテーション看護の役割と課題

[看護学部 リハビリテーション看護学ユニット] 清野たか枝

18 : 05 ~ 18 : 20

5. 疾患から人を治す治療へ “リハビリテーションの立場から”

[医学教育研究センター リハビリテーション科学ユニット] 松本 和久

閉会の辞 (18 : 20 ~ 18 : 25)

[医学教育研究センター 整形外科学ユニット] 大橋 鈴世

## 運動誘発性酸化ストレスとその性差

林 知也<sup>1</sup>, 煙山奨也<sup>2</sup>, 中山登稔<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>明治国際医療大学生理学ユニット,<sup>2</sup>明治国際医療大学応用柔道整復学Ⅱユニット)

我々は、これまでに運動誘発性酸化ストレスの性差に関して研究を行っており、いくつかの知見を見出してきた。本シンポジウムでは、運動誘発性酸化ストレスと、我々が用いている血漿中酸化ストレスマーカーであるアルブミンの酸化・還元状態について説明した上で、我々が行った運動誘発性酸化ストレスの性差の研究に関して、主要な知見を述べる。

### 【酸化ストレスと運動】

活性酸素とは反応性が非常に高く、反応した物質を酸化させる酸素種のことであり、生体内では、細胞膜の脂質二重層の過酸化、タンパク質から成る酵素・受容体の変性、DNA鎖の切断などを生じさせる。生体内には活性酸素によるそのような障害を防ぐために、抗酸化物質が存在し、発生した活性酸素を速やかに消去してくれている。通常は活性酸素の発生系と抗酸化物質による消去系のバランスがとれているが、何らかの原因で、前者が後者を上回ることがある。この状態が酸化ストレスと呼ばれ、これが長く続くと細胞障害が起き、やがては疾病を導く。

日常生活の中で運動を行なうことは非常に有益であるが、過度の運動は酸化ストレスを誘発させることになる。運動中は骨格筋の酸素消費量が安静時に比し約100倍以上になり、ATP産生時のミトコンドリア内で多量の活性酸素が発生することが考えられる。既に述べたように、生体内では活性酸素の消去系が多量に存在するので、軽度の運動では酸化ストレスはほとんど誘発されず、されても軽度である。それに対し、疲労困憊運動を行なわせたラットでは、その運動を行なっていないコントロール群に比し、骨格筋や肝臓などで活性酸素が多量に発生していることが明らかになっている<sup>1)</sup>。すなわち、高強度の運動では、活性酸素の発生系が消去系を上回るので、強度の酸化ストレスが誘発されることになる。

### 【血漿中酸化ストレスマーカーとしてのアルブミンの酸化・還元状態】

生体内における活性酸素は直接測定が難しいため、酸化ストレスの測定法の多くは酸化物の測定である。その酸化物には数多くの種類があり、酸化ストレスの状態を示すには酸化物ごとに一長一短があるため、目的によって使い分けられることが多い。細胞外液中の酸化物の一つとして、血漿アルブミンが挙げられる。このタンパク質は、血漿中に豊富に存在し、構造的な特徴の一つとして反応性の高いSH基を一つだけ有することが挙げられる。生体内においては、このSH基がフリーなアルブミン（還元型アルブミン）と、活性酸素の間接・直接的な反応によりSH基が酸化されたアルブミン（酸化型アルブミン）とが混在して

おり、これらの比をアルブミンの酸化・還元状態と呼んでいる。アルブミンの持つ、尿中に漏出しにくい、半減期が長い（約21日）等の特性から、この酸化・還元状態が比較的長期の全身的な酸化ストレスの指標になりうる可能性がある。酸化ストレスが増大していると考えられる病態や老化などの生理的状態において、このアルブミンの酸化・還元状態を指標とした研究がなされており、還元型アルブミンが減少し、酸化型が増加していることが報告されている<sup>2,3)</sup>。このことから、アルブミンの酸化・還元状態は、細胞外液中の酸化ストレスマーカーとして有用であることが考えられる。

我々は運動誘発性酸化ストレスについて、アルブミンの酸化・還元状態が有用な指標になりえるかどうか実験を行った。トレッドミル上でラットに疲労困憊運動を行わせ、その直後のアルブミンの酸化・還元状態を測定し、コントロール群と比較した。その結果、疲労困憊運動直後のラットアルブミンの還元型の割合は、コントロール群の $23.8 \pm 1.8\%$ に比し、 $31.0 \pm 3.5\%$ と有意に高かった ( $n=7, p<0.01$ )<sup>4)</sup>。またヒトにおいても、高強度運動を連続して行う剣道の強化合宿前後で、合宿後に酸化型アルブミンが有意に増加していたことを報告している<sup>5)</sup>。これらのことから、アルブミンの酸化・還元状態は運動誘発性酸化ストレスにおいても、有用なマーカーになることが示された。

### 【運動誘発性酸化ストレスの性差】

運動誘発性酸化ストレスに関して、性差が既に報告されており、 $17\beta$ -エストラジオール ( $E_2$ ) が抗酸化特性を持っており、性周期に伴うそれらの増加によって、女性では男性に比し、抗酸化能が高くなることが示されている<sup>6)</sup>。その一方で  $E_2$  が性周期中に最も低値を示す卵胞前期において、酸化ストレス状態の性差に関する報告はほとんどない。また、 $E_2$  以外に性差を示す一般的な生理学的パラメーターとして基礎代謝量があるが、酸化ストレスとの関係は明らかでない。

そこで、男性と、 $E_2$ 濃度が最も低い卵胞前期の女性の各々の被験者グループで、アルブミンの酸化・還元状態を指標とした酸化ストレスと、基礎代謝量との関係を調べることを目的に実験を行った。被験者は男女ともに、週1回程度運動を行っている者を対象とした。酸化ストレスを誘発させるために、3日間連続して自転車エルゴメーターにて最大酸素摂取量の75%の運動を20分間負荷した。運動1日目と3日目の運動負荷前後に得られた血漿を用いて、特殊な高速液体クロマトグラフィーシステム<sup>7)</sup>にて、アルブミンの酸化・還元状態を測定した。運動とは別の日に、基礎代謝量測定時にほぼ近い条件下で安静時代謝量 (REE) の測定を行った。結果として、アルブミ

ンはSH基の状態によって、フリーな状態である還元型、酸化型グルタチオンやシスチンによって間接的に酸化された可逆性酸化型(HNA-1)と、過酸化水素などの活性酸素によって直接酸化された不可逆性酸化型(HNA-2)の3種類に分画された。全アルブミン分画に対するHNA-1分画の比(%)の時系列変化を図1に示す。性別でみると、女性群は男性群に比し、全ての時系列において低値を示したがバラつきが大きい有意差を示さなかった。男女合わせたデータは、運動負荷直前に比し、各々の運動負荷後は1日目、3日目ともに有意に増加しなかったが、3日間全体では増加傾向が見られ、3日目の運動負荷直後は1日目の運動負荷直前に比し有意に増加していた。1日目の運動負荷直前のデータに注目し、REEとHNA-1濃度の相関を見ると、相関係数が $r = 0.79$  ( $p < 0.01$ )と有意に比較的高い正の相関を示し、REEが高いと、HNA-1が高くなる関係が見られた。

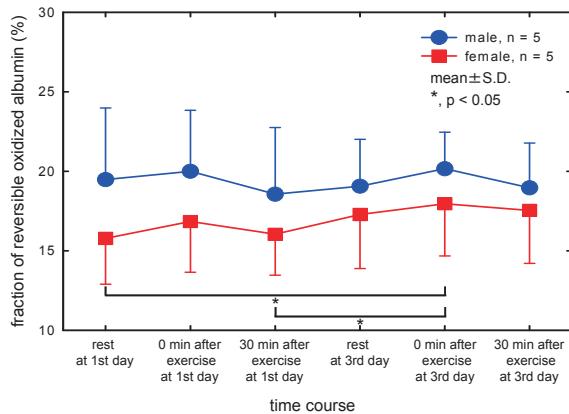


図1: 高強度の運動による可逆性酸化型アルブミン(HNA-1)分画比(%)の変化

これらの結果は、運動誘発性酸化ストレスが血漿中のアルブミンを直接酸化するよりも、バッファリング作用によってアルブミンを間接的に酸化することが多いことを示しており、かつ酸化ストレスが蓄積する可能性を示唆している。性差においては、統計的な有意差は認められなかったものの、女性の方が常に酸化ストレスが低い傾向であることが示された。この理由として、 $E_2$ 以外に、全身的代謝状態を予想し、基礎代謝量の指標としてのREEと酸化ストレス状態との関係を調べたところ、両者は比較的高い相関関係が示された。一般的に基礎代謝量は男性に比し、女性の方が低いため、女性の低い酸化ストレスの状態には、 $E_2$ 以外に、基礎代謝量が反映していることが示唆された。

#### 【運動誘発性酸化ストレスに対する持久トレーニングの影響とその性差】

一般的に持久トレーニングは、最大酸素摂取量の増加など、エネルギー代謝機能を亢進させ、その一方で抗酸化系能力の増強によって酸化ストレスを軽減させることが示されている。しかし、その性差に関して明らかでない部分が多い。そこでトレーニングによる酸化ストレス軽減の性差に関して、週1回程度運動を行っている男女それぞれに4週間の比較的短期の持久トレーニングを

行わせ、その前後に運動による酸化ストレスを誘発させ、アルブミンの酸化・還元状態を測定するとともに、エネルギー代謝量などについても測定を行った。女性のトレーニング期間は、卵胞前期から次の卵胞前期までとした。トレーニングは最大酸素摂取量の60%での1時間の自転車エルゴメーター運動とし、これを週3回、4週間に亘って行わせた。トレーニング期間の直前、直後に最大酸素摂取量の75%の定常運動を自転車エルゴメーター上にて20分間負荷した。結果として、男女各々のトレーニング前後でのREEは、ほぼ同じであり有意な変動は見られなかった。最大酸素摂取量/除脂肪量は、男性ではトレーニング後に有意に増加した( $p < 0.05$ )が、女性ではトレーニング前後でほぼ同じ値であり有意差が認められなかった。HNA-1分画値は、男性ではトレーニング前後ともに、安静時の値に比し、定常運動直後の値が有意に増加した( $p < 0.05$ )。またこの値は、トレーニング前に比し、トレーニング後に有意に低下した( $P < 0.05$ )。女性ではトレーニング前後ともに、安静時の値に比し、定常運動直後にやや増加する傾向であったが有意差はなく、トレーニングによる有意な変動も認められなかった。

本研究での男性におけるトレーニング前に対するトレーニング後のHNA-1分画値の有意な低下は、生体内の酸化ストレスが持久トレーニングによって抑えられたことを示している。これはエアロビクな持久トレーニングに伴う抗酸化酵素活性の増大によるものと考えられた。また、本研究では、女性はトレーニング前でも酸化ストレスの影響を受けにくく、トレーニング後でも大きな変化は認められなかったことが示された。このことから、女性では、比較的短期の持久トレーニングによる抗酸化能の変動が生じにくいことが示唆された。

これらの領域での性差をより明らかにするために、今後はトレーニングの種類の変更や期間の延長、各種抗酸化物質の測定などを行う必要がある。また、卵胞後期、黄体期などで運動誘発性酸化ストレス状態を測定することによって、 $E_2$ の関与をより明らかにする必要がある。

#### 【文献】

- 1) Davies KJ, Quintanilha AT, Brooks GA, Packer L, Biochem Biophys Res Commun, 107(4):1198-1205, 1982.
- 2) Era S, Hamaguchi T, Sogami M, et al, Int J Pept Protein Res, 31(5):435-442, 1988.
- 3) Era S, Kuwata K, Imai H, et al, Biochim Biophys Acta, 1247(1):12-16, 1995.
- 4) Hayashi T, Suda K, Imai H, et al, J Chromatogr B, 772(1): 139-146, 2002.
- 5) Imai H, Hayashi T, Negawa T, et al, Jpn J Physiol, 52 (2): 135-140, 2002.
- 6) Kerksick C, Taylor L IV, Harvey A, Willoughby D, Med Sci Sports Exerc, 40(10):1772-1780, 2008.
- 7) Hayashi T, Era S, Kawai K, et al, Pathophysiology, 6(4):237-243, 2000.

## 運動器系鍼灸研究の現在、そして今後

井上基浩 (明治国際医療大学 鍼灸学部 臨床鍼灸学教室)

## 【はじめに】

運動器系鍼灸学を担う立場として、現在そして未来における運動器系疾患・症状に対する鍼灸治療のあるべき姿を模索し、幾つかの категория に分類して研究を行ってきた。「全学的に運動器疾患を考える」と題し、そして運動器鍼灸研究の未来展望について述べるのが課題である本シンポジウムでは、先ずは近年に行ってきた主な運動器系鍼灸研究の現状を説明し、その後、それらを踏まえて今後行うべき研究の内容について述べる。

## 【近年の研究】

現在まで行ってきた研究の category は、「既存の鍼灸治療法の検証」、「新たな鍼灸治療法の開発」、「新たな領域への応用:再生医学と鍼灸治療」、「バイオメカニクスの鍼治療:視点を変えた応用」、「予防医学と鍼灸治療」、「他の治療法との併用効果」であり、それぞれの基礎実験や臨床研究について一部のデータを交えて概説する。

## ・既存の鍼灸治療法の検証

「既存の鍼灸治療法の検証」は日本、そして各国でよく行われる研究項目である。我々も過去、あるいは現行の治療法の有意性の検証は必要な項目と認識し、この分野での研究も幾つか行ってきた。その中で、本シンポジウムでは、「局所注射と一般的な鍼治療」の RCT 研究について概説する。局所注射はトリガーポイント注射とも呼ばれ、自覚的痛み部位や圧痛・硬結部に局所麻酔薬を注射する治療法であり、有効な治療法として頻用されている。この比較研究は同一部位に鍼、あるいは局所注射をした場合の有意差を検証した。腰痛、頸肩部痛に対して行った結果、いずれも鍼の方が高い有効性を示した。局所注射も鍼もハリを刺入する。基本的な両者の違いは局所麻酔薬を注射するか否かである。有効性の相違は、純粋な刺激療法である鍼に対し、局所注射では、針の刺入で出現する刺激による痛みの抑制効果を、麻酔薬によってマスクすることで出現した可能性を考えている。詳しくは論文を参照されたい<sup>1,2)</sup>。

## ・新たな治療法の開発

既存の鍼灸治療法の検証は重要な項目であるが、そのみでは鍼灸医学の発展は望めない。このことから、我々は従来の鍼灸治療法では効果を示さない症例・症状・疾患に対して、より効果的な新しい治療法の開発が必要であり、また、それらの治療法の効果やリスク等を考慮した治療法の選択順位の確立も重要と考えている。脊柱管狭窄、根性坐骨神経痛を題材に新たに開発した治療法について概説する。上記疾患、症候による下肢症状は、馬尾や神経根を含めた坐骨神経血流の低下が密接に関わっており、基本的な治療方針は坐骨神経の循環改善となる。新たな治療法開発の手法は、坐骨神経血流に変化を与える刺激部位、刺激方法を考察し、まずは動物実験でその方法を検証する。そして好結果を得れば臨床試験を試みる。「傍脊柱部刺鍼」は障害高位に関連した棘突起列の外方筋部に刺鍼する治療法で、刺鍼筋部を支配する脊髄神経後枝を介した反射性的影響を脊髄洞神経、脊髄神経前枝に与える方法である。動物実験では 60%程度に坐骨神経血流増加反応を確認し、臨床試験でも好結果を

得ている。「陰部神経鍼通電療法」は殿部に存在する陰部神経に鍼通電刺激を与える治療法で、動物実験では副交感性の安定した坐骨神経血流増加反応を確認し、臨床試験でも「傍脊柱部刺鍼」に併せて障害神経走行部、障害神経支配筋への刺鍼で効果を示さない症例に対して良好な結果を得ている。「責任神経根鍼通電療法」は X 線透視下に障害神経根まで鍼を刺入し、鍼通電刺激を与える治療法で、動物実験では、副交感・軸索反射性の安定した坐骨神経血流増加反応を確認し、臨床試験でも「傍脊柱部刺鍼」、「陰部神経鍼通電療法」、あるいは硬膜外・神経根ブロックで効果を示さない高度障害例に高い効果を示す。これらの治療法は、効果、リスク、患者の受ける感覚等から選択順位が存在し、第一選択は、「傍脊柱部刺鍼」「障害神経走行部」「障害神経支配筋反応部(硬結・圧痛)」であり、無効の場合には、状況に応じて「陰部神経鍼通電療法」、「責任神経根鍼通電療法」を選択する<sup>3,4,5,6,7)</sup>。

## ・新たな領域への応用:再生医学と鍼灸治療

新たな領域への応用では、主に「再生医学と鍼灸治療」に関して研究を行ってきた。「末梢神経の再生促進」では axonotmesis 以上の高度障害に対し、神経損傷部より末梢の神経走行部を陰極、中枢を陽極とした間欠的直流鍼通電刺激により軸索再生が促進することを動物実験により見出した。この治療法は既に臨床研究へと進めており、効果や有害事象の確認を遂行している。幾つかの有害事象は存在するが、高い効果を得ており、有害事象の少ない、より効果的な施術方法の確立に向けて研究を展開している。「骨癒合能の促進」、「腱癒合能の促進」の研究は、「末梢神経の再生促進」の研究から派生した研究である。「骨癒合能の促進」に関しては骨折部(接合部)を陰極とした直流鍼通電刺激が骨癒合を促進することを動物実験にて確認しており、また現在は骨延長への応用を考え研究を進めている。「腱癒合能の促進」では腱断裂部(接着部)への直流鍼通電刺激が腱癒合を促進する結果を得ており、現在の機序に関わる研究を遂行している<sup>8,9,10,11)</sup>。

## ・バイオメカニクスの鍼治療:視点を変えた応用

バイオメカニクスは生体現象を力学的視点から捉えた学問である。慢性腰痛(変形性腰椎症、脊柱管狭窄等)を例にとると、一般的にこれらの患者は腰椎の生理的前弯は消失し、前傾姿勢となることが多い。この場合、重心は前方に移動することから、頸椎、股関節、膝関節、足関節はその補正のため、代償肢位・姿勢を余儀なくされる。その結果、それら関節に関わる筋等に異常が出現し、その異常は結果的に腰痛を増悪させる。このような症例に対して腰部の治療は必須であるが、腰部障害により出現した頸部、下肢部への治療的処置は、頸部や下肢症状を抑制するだけでなく、結果的に腰部症状にも好影響を与える可能性がある。このような考え方に基づく治療がバイオメカニクスの鍼治療である。これらの治療方法の確立において重要な要素の一つが「鍼による過緊張筋の弛緩作用」の明確化と考えている。従来から、「鍼は筋を弛緩させる」と言われているが、これは臨床経験的なものであり、その作用を明確にした論文は無い。したがって、バイオメカニクスの鍼治療を実現するための第一段階として、過緊張筋モデル動物

を作成し、鍼の過緊張筋に対する弛緩作用に関する研究を行ってきた。結果として、鍼の過緊張筋を弛緩させる作用を示す現象的データを得ており、今後、機序に関わる研究へと進めたい<sup>12)</sup>。

#### ・予防医学と鍼灸治療

予防医学の研究は、医学にとって非常に重要な分野であり、鍼灸医学の発展にとっても必要不可欠と考える。慢性腰痛患者の多くはその経過中に急性増悪(いわゆるぎっくり腰)を繰り返すことが多い。急性増悪が頻繁に、そして高強度に起ると、社会生活において大きな問題となる。この観点から、現在、慢性腰痛患者に対して定期的な鍼治療を行うことで、急性増悪を抑制できるか否かについて研究を行っている。集積した20症例程度の結果では、1年間の鍼治療の継続により、鍼治療を行っていない前年度と比較して急性増悪の頻度、強度ともに低値を示しており、鍼治療は障害に対する治療的処置のみならず、定期的な繰り返しの治療により、予防処置としても有用な治療法となると考えている。

#### ・他の治療法との併用効果

鍼灸治療と整形外科で行われる一般的な治療法との併用効果に関して幾つかの研究を行ってきたが、本シンポジウムでは、少し思考を変えた内容の研究について紹介した。温泉療法は温泉に入浴、温泉を飲用・吸引することで外傷や疾患を治療する医療の一つであり、その効果を証明する論文も比較的多い。この研究では慢性腰痛被験者に対して、温泉入浴のみと温泉入浴に鍼治療を加えた場合の効果を比較した。結果としては、温泉入浴に鍼治療を併用した方が有効性が高かった。鍼灸治療は単独でも高い効果を示す場合も多いが、疾患・症状によっては、何らかの他治療と併用した方がより高い効果を得る可能性がある。また、鍼灸治療単独では明らかな効果を示さない疾患・症状であっても、何らかの治療法と併用することにより、それぞれの治療法の優位点が旨く作用し、想像以上の効果を得ることも考えられる。何れにせよ、対象疾患・症状に対して、それぞれの治療法の効果発現機序を考察し、それらが旨く調和する利用法を考える必要がある。

#### 【今後の展望】

これまでも将来的な運動器系鍼灸の進むべき方向性を考え、上記したカテゴリーに分類して各分野で研究を展開してきたことから、今後それぞれの項目の更なる充実が重要と考えている。

カテゴリー別に概説すると、「既存の鍼灸治療法の検証」では、頸肩部痛、腰痛に対する局所注射と鍼治療のRCT研究を紹介したが、未だ手がけていない疾患・症状に関して、これまでの手法に準じて、現代医学で行われている治療法や偽鍼(Sham 鍼)を対照とした比較研究をRCTレベルで行う必要がある。「新たな鍼灸治療法の開発」では、開発するための基本的な方法論、そして腰下肢症状に対する新たな治療法として、傍脊柱部刺鍼、陰部神経鍼通電、神経根鍼通電について紹介したが、これらの治療法を開発した方法に準じて、他の疾患・症状に対する新たな治療法の開発に取り組む予定である。「新たな領域への応用:再生医学と鍼灸治療」では、末梢神経の再生・骨癒合能・腱癒合能の促進に対する間欠的直流鍼通電刺激について、その進捗状況を概説したが、臨床試験に至っているものは、治療法の一般化に向けて邁進し、良好な結果にも関わらず

動物実験に留まっている項目は、臨床試験に向けて研究を進める必要がある。また、他組織の修復に関しても試みる予定である。「バイオメカニクスの鍼治療:視点を変えた応用」では、バイオメカニクスの鍼治療を確立するための第一歩として、鍼による過緊張筋の弛緩作用について動物実験的に検証してきたが、今後、試行的に臨床研究を行い、効果の有無を調査したい。「予防医学と鍼灸治療」、「他の治療法との併用効果」に関しては、それぞれ一部の研究について概説したが、他の適応と考える疾患・症状を抽出し、これまでの方法に準じて1症例研究から始め、症例集積へと進めていきたい。

以上、それぞれのカテゴリーの研究を充実させ、それらを総合的に捉えることにより運動器の鍼灸治療体系を構築すべきと考えている。

#### 【参考文献】

- 1) Inoue M, Hojo T, Nakajima M, et al: Comparison of the effectiveness of acupuncture treatment and local anaesthetic injection for low back pain: a randomised controlled clinical trial. *Acupunct Med*, 27(4): 174-7, 2009.
- 2) Nakajima M, Inoue M, Itoi M, et al: A comparison of the effectiveness between acupuncture and local injection for neck pain: a randomized controlled trial. *Journal JSAM*, 57(4): 491-500, 2007.
- 3) Inoue M, Kitakoji H, Yano T, et al: Acupuncture treatment for low back pain and lower limb symptoms – the relation between acupuncture or electroacupuncture stimulation and sciatic nerve blood flow. *eCAM*, 5(2):133-43, 2008.
- 4) Inoue M, Hojo T, Yano T, et al: Effects of lumbar acupuncture stimulation on blood flow to the sciatic nerve trunk- an exploratory study *Acupunct Med*, 23(4): 166-170, 2005.
- 5) Inoue M, Hojo T, Nakajima M, et al: Pudendal nerve electroacupuncture for lumbar spinal canal stenosis-a case series. *Acupunct Med*, 26(3): 140-144, 2008.
- 6) Inoue M, Hojo T, Nakajima M, et al: The effect of electrical stimulation of the pudendal nerve on sciatic nerve blood flow in animals. *Acupunct Med*, 26(3): 140-144, 2008.
- 7) Inoue M, Hojo T, Yano T, et al: Electroacupuncture direct to spinal nerves as an alternative to selective spinal nerve block in patients with radicular sciatica – a cohort study. *Acupunct Med*, 23(1): 27-30, 2005.
- 8) Inoue M, Hojo T, Yano T, et al: The effects of electroacupuncture on peripheral nerve regeneration in rats. *Acupunct Med*, 21(1-2): 9-17, 2003.
- 9) Inoue M, Katsumi Y, Itoi M, et al: Direct current electrical stimulation of acupuncture needles for peripheral nerve regeneration: an exploratory case series. *Acupunct Med*, 29: 88-93, 2011.
- 10) Nakajima M, Inoue M, Hojo T, et al: Effect of electroacupuncture on the healing process of a tibia fracture in a rat model: a randomised controlled trial. *Acupunct Med*, 28(3):140-143, 2010.
- 11) 井上基浩、中島美和、北條達也、他:ラット腓骨を用いた骨欠損モデルに対する鍼通電刺激の効果。 *JJBEPSRS*, 24: 37-42, 2010.
- 12) 井上基浩、中島美和、北條達也、他:筋過緊張モデルラットに対する鍼刺激の筋弛緩作用。 *JJBEPSRS*, 25: 33-38, 2011.

# 超音波診断装置による筋・軟部組織損傷治癒過程の定量評価法の検討

川村 茂【基礎柔道整復学 I ユニット】

## 【はじめに】

今日、超音波診断装置 (Ultrasonic Diagnostic Equipment 以下、US 装置) は簡便かつ非侵襲的であるという理由から、柔道整復領域における客観的画像観察法として普及しつつある。とくに日常診療において頻回に遭遇する筋・軟部組織損傷の観察に対する有用性は、高く評価されている<sup>1)</sup>。しかしながら、現時点において US 装置を用いた筋・軟部組織損傷の治癒過程を数値定量的に評価する方法は、確立されていない。

以前、われわれは、菊池ら<sup>2)</sup>による『超音波診断装置をベースにした新しい肝疾患診断システムの開発』という研究発表に着目し、その技術を応用することでヒトの下腿腓腹筋内側頭・外側頭に生じさせた遅発性筋痛の治癒過程を評価し、その結果、一定の成果が得られた。この方法は、US 装置からダイレクトに超音波波形信号 (原波形) を抽出し解析するため、微細な筋・軟部組織損傷の治癒過程の変化をもとらえることが可能であると考えられた。しかしながら、原波形を抽出するためのシステムが大きく、かつ US 装置も実験に特化したものを使用しなくてはならなかったため汎用性もなく、限られた場所でしかデータの収集ができないという問題点があった。したがって、多くのサンプルを得ることが困難であった。

そこでわれわれは、筋損傷治癒過程を経時的に US 装置でスキャンし、その際、保存した超音波画像の経時変化を汎用の画像解析ソフトを使用して解析・評価する試みを行った。画像解析ソフト上での評価方法には、画像の複雑さを数値定量的に表現することが可能であるフラクタル次元解析を用いた。

## 【対象および方法】

### 1) 対象

被験者は実験開始の3日前、左大腿部後面 (半膜様筋) に肉ばなれを生じた20歳の男性1名 (身長 172 cm, 体重 62 kg) とした。US 機器 (TOSHIBA 製; SSA-340A, 8 MHz リニアプローブ) にて筋損傷を示す低エコー領域が確認された。(図 1.) 被験者には実験前に、この実験の趣旨および目的などを口頭と文章によって説明を行い書面にて同意を得た。

### 2) 方法

被験者の筋損傷部位の経時変化を約 40 日間、3～7 日程度の間隔で US 機器を用い画像を記録した。画像記録する際、その再現性を維持するため、超音波プローブに水平器をつけ、プローブが水平に体表面にあっていることを記録毎に確認した。また、US 機器の設定 (focus, gain など) も全記録で一定とした。超音波画像は、超音波画像ファイリングシステム (SSB 社製; ウルトラ三四郎 Ver5. 20) を使用してパーソナルコンピュー

タ (HP 社製; HPdv5200/CT) に取り込んだ。画像の記録形式は、非圧縮のビットマップとした。取り込んだ画像は、画像処理・画像解析ソフト (デジタルビーイング社製; PopImaging Ver3. 80) にてフラクタル次元解析を行った。フラクタル次元解析の方法は、一定の面積に設定した関心領域 (region of interest, 以下、ROI) を、筋膜直下から下方向に 1 ドットのピッチで Y 軸方向に移動させ、1 ドット移動させるごとにグレイスケールのフラクタル次元値 [2. 0-3. 0] (以下、Df 値) を算出した。得られた Df 値は各画像記録日ごとに平均した。また、比較対象として反対側の同様の部位でも画像記録を行い、患側と同一の ROI と、同一の移動範囲にて Df 値を算出し同様に各画像記録日ごとに平均した。

## 【結果】

ROI を筋膜直下から描出画像の最下部まで 1 ドットずつ移動させながら算出した Df 値は、患側の損傷部位付近で最も減少し、損傷部位を通過した時点から健側の同位置よりも上昇し高値を示した。これに対し健側の Df 値の推移は、ROI を画面下に移動するにしたがい、ほぼ一定の割合で右肩下がりに減少する傾向となった。(図 2.) 同様に ROI を移動させながらプロットしたグラフの 3 日後～40 日後の経時変化では、日数が経過するにしたがい損傷部位の Df 値の平均が上昇する傾向となった。損傷部位より後方 (画面下方) の Df 値は、日数が経過するのにもなって低下する傾向となったが、健側と同程度の数値にまで復することはなかった。(図 3.)

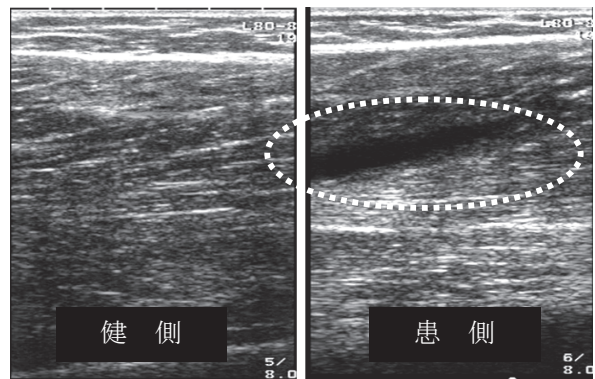


図 1. 被験者の大腿部後面の超音波画像 (長軸像)  
患側 (右) では損傷を示す低エコー領域が確認できる。

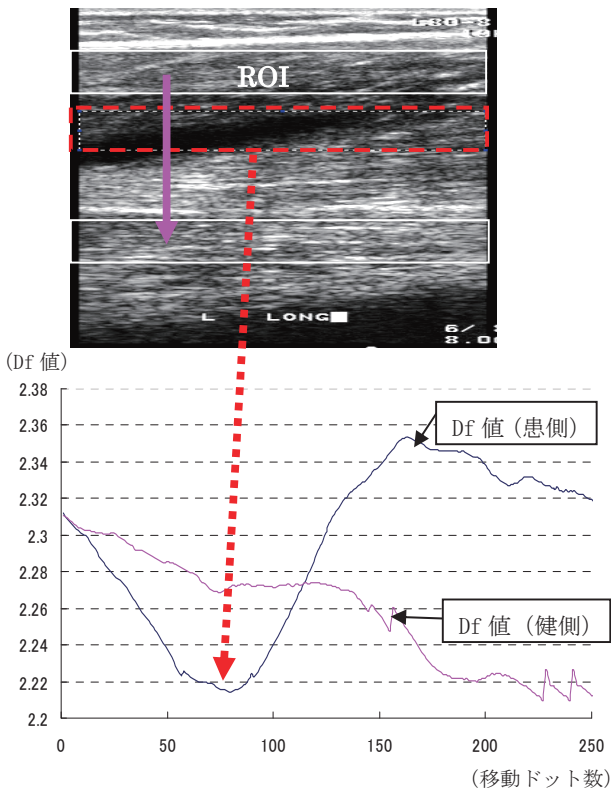


図2. 受傷3日目の超音波画像(上)において, ROIを筋膜直下から画像の下部まで1ドットずつ移動させながらDf値を算出しプロットしたグラフ(下).

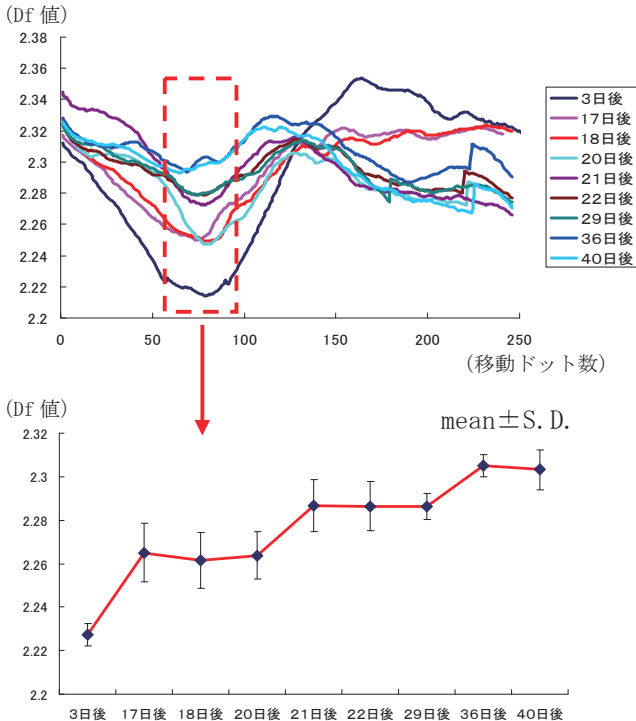


図3. 各記録日のROIを筋膜直下から画像の下部まで1ドットずつ移動させながらDf値を算出しプロットしたグラフ(上), および赤破線で囲まれた部分の平均値の経時的変化(下).

【考察】

US装置において筋断裂部位は, 低エコー領域で描出される. この原因は, 損傷部位において超音波を反射するような組織が欠落してしまうためである. この現象により結果として損傷部位付近で画像のコントラストの低下, および画像の複雑さの低下が生じ, Df値の低下につながったと考えられる. また, 損傷部位の後方(画面下方)でDf値が健側の同部位よりも上昇したことは, 超音波の後方増強作用による画像コントラスト上昇によるものと推察される. 日数の経過にともなって損傷部位付近のDf値が上昇するのは, 損傷過程とともに血腫が吸収され修復組織が凝集し, それが散乱体となり超音波画像のコントラストを増加させたためであると考えられる.

上記のことより, US装置から得られた画像から筋損傷治癒過程の数値定量的評価が可能であることが示唆された. 本実験では, まだn数が1名と少なく, 他の筋・軟部組織損傷における再現性の確認も行っていない. 本方法は, 超音波画像さえ得ることが可能であれば評価を行えるという汎用性に優れている. 今後, 多くのサンプルを解析するとともに, 散乱体を含むファントムを用いた実験なども行い, 本評価法の信頼性を向上させていく必要があると考える.

【結語】

- ① 筋損傷治癒過程の超音波画像を経時的に記録し, 画像解析ソフトによりフラクタル次元解析を行い評価した.
- ② 患側のDf値は, 損傷部位で急激に低下しその後, 上昇する結果となった.
- ③ US機器の画像から筋損傷治癒過程の数値定量評価が可能であることが示唆された.

【謝辞】

本研究は平成20年度明治国際医療大学学内公募研究の研究費を受けて行った成果である.

【参考文献】

- 1) 増田雅保, 中村辰三: 柔道整復師のための超音波観察法, 初版, 医歯薬出版株式会社, 東京, p v-16, 2003.
- 2) 菊池恒男, 佐藤宗純: 超音波診断装置をベースにした新しい肝疾患診断システムの開発, 電子技術総合研究所, 電総研ニュース, 604号, 1-7, 2000.
- 3) 菊池恒男, 桐生昭吾, 佐藤宗純, 三浦 甫: フラクタル理論を用いた超音波パワースペクトル形状の解析とそれによる点散乱体空間分布の推定, 日本音響学会誌, 47(11), pp818-820, 1991.

## 研究区分：学内シンポジウム

## テーマ：リハビリテーション看護の役割と課題

清野たか枝【看護学部】

## はじめに

医療法の改正や診療報酬の改定によりリハビリテーション「以下リハビリ」医療への社会の認知度や期待が高まる中、日本看護協会では2009年から「脳卒中リハビリ認定看護師」の養成を始めた。運動障害や認知障害に対する実践的な問題解決能力を有するという協会認定の看護師である。2011年で全国184人という状況で、専門性の確立には未だ課題はあるが、臨床では着実な成果を上げてきており、リハビリ看護への期待が寄せられている。

## I. 看護の視点から見た運動疾患患者の特徴

主な点の1点目は高齢者が多いことである。高齢者は骨のもろさや運動機能の低下が加速度的に進行する。また生理機能や認知面など種々の変化が見られる。2点目は医学的治療が終了しても身体機能の回復、自立に時間を要すること、3点目は二次的障害を発症しやすいこと、4点目はADLの介助を要することである。これらは高齢者ほど顕著になる。その他、疼痛などの身体的苦痛、元に戻るだろうかといった不安、また、維持期になると退院後の生活をどうするか、患者のみならず家族が悩みを抱えていること等がある。

## II. リハビリ看護の主な役割

1点目は苦痛の緩和を含めた健康状態の維持調整がある。健康状態は機能訓練やADLに大きく影響する。2点目は転倒や廃用症候群など二次的障害の予防、3点目はADLの拡大、自立である。日常生活行動の援助は看護独自の機能であるが、回復期の患者の場合は訓練室で可能となった「できる動作」ではなく、普段、病室で自分が行っている「している動作」が退院後の「する動作」になる傾向が強いため、ADLの拡大、自立に向けての指導的関わりは重要である。4点目は心理的問題を見逃さずに対処すること、5点目は退院が近くなるにつれ、その人らしい生活の再構築ができるよう家族を含めて相談にのり助言をすること、6点目は在宅看護への継続、7点目はチームアプローチに向けての連携、協力が挙げられる。

## III. リハビリ看護領域における研究報告

以下の研究は、2011年の日本看護学会「老年看護」学術集会で発表<sup>1)</sup>したものである。

テーマ：体動困難な高齢患者の安楽な車椅子シーティングー複数クッション使用による体圧分散効果ー

## 【諸言】

体動が困難なベッド上生活の高齢者に対し、臨床では寝たきり防止に向けて車椅子座位をリハビリとして行う。しかし、車椅子は本来移動用機器であり、また、個々に合ったものではなく標準規格であるため、長時間座位を保持するには不適切な点が多く、臀部・腰部の疼痛、褥瘡などの問題がある。そこでこれらの問題解決に向けて、臀部に集中する体圧の分散を図るための複数のク

ッションを考案し、評価・検討を行うこととした。  
【研究目的】体動困難な高齢患者の車椅子座位における複数クッション(写真1)の使用効果を、坐骨結節部にかかる体圧値の変化を通して検討する。

## 【研究方法】

- 用語の定義：シーティングとは安定した座位保持のこと。
- 対象者：入院中の70歳以上でHoffer座位保持能力分類2(手をつけて30秒間の座位保持が可能な状態)の男女15名とした。
- 測定システム：坐骨結節部にかかる圧を携帯型接触圧力測定器パームQ(パーム社)にて測定。
- 実施手順

従来から使用していた座面クッションのみ使用して坐骨結節部にかかる体圧を座位直後、5分後、10分後、15分後の4回測定した場合を「A実験」とし、その後、座面用、背面用、足底部用、アーム用の4個のクッションを使用して、同じく4回測定した場合を「B実験」とした。(写真2)



写真1 複数クッション



写真2 A実験・B実験のクッション使用状況

## 5.分析方法

同じ被験者集団に操作を加えた前後の体圧値の比較検定であるため、対応ある一元配置分散分



析(ANOVA)で有意であることを確認した後、ボンフェローニ補正法による t-検定を行った。統計ソフトはMackintosh のPrism4を用いた。

【倫理的配慮】

対象者に、研究趣旨や方法の説明に加えて研究参加は自由であること、協力の有無で治療や看護に不利益が生じないこと、いつでも中止ができること、実施の際には身体面、心理面に十分配慮することを説明して書面で同意を得た。

【結果】

1.対象者の属性

対象者 15 名の平均年齢は 86.0 歳(SD=8.6)、男女比は 6 : 9、平均体重は 44.5kg(SD=10.4)、平均身長は 151.9cm(SD=7.9)、平均 BMI は 19.3 (SD=4.4)であった。

2.分析結果

1)A 実験と B 実験の体圧値の比較では、B 実験の方がどの時点においても体圧値の有意な低下 ( $p<0.001$ ) を認めた。(図 1)

2)A 実験、B 実験それぞれの体圧値の経時的変化を比較すると、B 実験の複数クッション使用直後と 15 分後の間で体圧値の有意な低下 ( $p<0.05$ ) を認めた。(図 2)

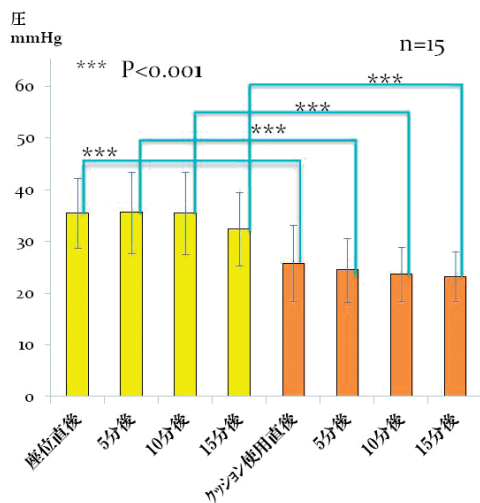


図 1 体圧値の比較

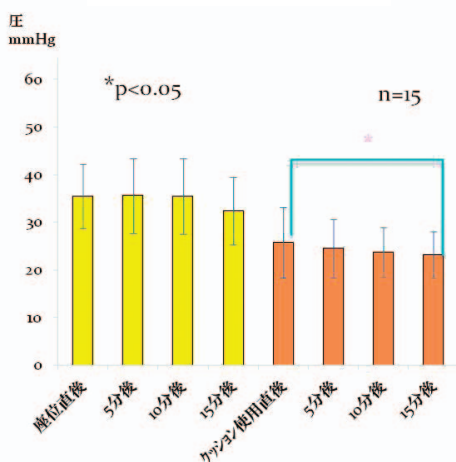


図 2 実験別体圧値の経時的比較

【考察・結論】

今回の体圧値の比較では、座面クッションのみ

の A 実験に対して、4 個のクッションを使用した B 実験の方は、どの時点においても坐骨結節部にかかる圧が有意に低下しており分散効果が確認できた。理由と考えられる 1 点目は足底部クッションの効果である。下腿の長短に合わせてクッションの厚さを調整して足底部を固定したことで、足関節、膝関節、股関節を 90 度屈曲位に保つ姿勢が保持でき、臀部に集中している体圧が大腿部後面に分散することである。2 点目は、背面クッションによって背部が下方向にずれること(仙骨すべり)が防止できる効果である。車椅子のバックレストにはたるみが作られているが、このたるみがあるため座位が長くなると背部が下方向にずれて仙骨部に体圧が集中する。しかし、背面クッションによってこのずれが防止でき、正しい姿勢保持ができることである。3 点目はアームクッションによる支持面積の増大効果である。両上肢を支えるクッションは、接触面積を増やして各部分の接触圧を減らすことになる。

また、B 実験の直後と 15 分後の間に有意な差を認めた理由としては、対象者自身がアームクッションを活用して前傾姿勢を取るなど、積極的に体重移動する動きが見られたことと関連すると考える。今回の複数のクッション使用により安定した姿勢保持ができることに加え、体動困難な高齢者も自らが体重移動して体圧をコントロールし、安楽を図ることが可能との示唆が得られた。

IV. 研究への課題と展望

日本のリハビリ看護は途上の段階と言わざるを得ない。勿論、一般看護師(ジェネラリスト)でも役割は果たせるが、専門領域としての確立が質の高い看護サービスには不可欠である。今後、リハビリ看護の概念や業務範囲の更なる検討を行い、専門性の高い知識、技術に基づく役割遂行によって、広く社会の承認を得ていくことが課題である。

そのためには、現在、リハビリ看護に携わっている看護師が、日々行っている実践内容を検証することでエビデンスを明らかにしていく必要がある。個々人の技術では、いかに卓越したものであっても学問としての確立を果たすことはできない。可能な限り、客観的なデータが得られるように実践成果をまとめていかななくてはならない。この点では、臨床と大学との共同研究は望ましいことである。

最後に、障害を持つ人々が「再び人間らしく生きる」ことを目指すリハビリ医療の中で、人間全体を見ることができ、その人らしい生活を様々な面から支えることができる看護の役割は非常に重要である。しかし、リハビリ医療には自らの役割を果たすだけでなく、他職種との連携・協働を視野に入れた協力体制が必要である。患者を中心としたチームアプローチが有効に機能するように、看護独自の専門性を高めつつ、チームメンバーと協力し、リハビリ医療の向上を目指していきたいと考える。

引用文献

1) 駒澤良子・古川由紀子・岡本小百合・清野たか枝・渡邊康晴: 体動困難な高齢患者の安楽な車椅子シーティング—複数クッション使用による体圧分散効果— 日本看護学会抄録集「老年看護」, p165, 2011

## 疾患から人を治す治療へ “リハビリテーションの立場から”

### 松本和久

#### リハビリテーション科学ユニット

### 1. はじめに

リハビリテーション医学が対象とする障害は運動障害とそれに付随する障害であり、従来は病気が治癒した後に残った後遺症に対して行われると考えられていたが、最近では早期リハビリテーションの重要性が唱えられ、病気の治療と障害に対するリハビリテーションが並行して行われることが多い。また障害を起こしてからそれを治療するのではなく、病気を防ぐことにより障害を作らない、または、病気になってしまったら、予想される障害を未然に防ぐなど、予防的リハビリテーションの重要性も認識されるようになってきている。そこで今回は、運動器疾患における治療と並行した予防的リハビリテーション、および運動器疾患の治癒後のリハビリテーション、そして運動器疾患を予防するリハビリテーションについて、西洋医学的および東洋医学的介入に関するこれまでのリハビリテーション科学ユニットの活動の現状と研究の一部を紹介し、将来展望を提言する。

### 2. 運動器疾患における治療と並行した予防的リハビリテーションについて

一般的な運動器疾患における治療と並行した予防的リハビリテーションは、疾患により、あるいは疾患を治療する上で必要な特別な環境により生じる運動機能障害を予防するために行われるもので、例えば両下腿骨折では、ギプスによる下肢の固定や免荷歩行により生じる大腿四頭筋の筋力低下や、膝関節の関節可動域制限を予防するための機能訓練がこれにあたる。これは疾患により生じる二次的な障害の予防と換言することもできる。また、運動は個体、課題、外環境の間の相互作用から生じることから、課題と外環境が同じでも個体に二次的な機能障害を有すると運動は変化し、二次的な障害を呈する場合がある。しかし運動機能には個人差が存在し、また機能障害は本人が自覚できないところで存在している場合があることから、疾患が同じであっても機能障害が同じとは限らず、疾患が治癒することは機能障害がなくなるとは限らない。したがって、運動器疾患における治療と並行した予防的リハビリテーションを適切に行うためには、個人差を的確に評価することが重要であり、同時に運動学的な個人差に着目した研究が必要であると考え

る。そこで、運動学的な個人差に着目した研究を二つ紹介する。

#### 1) Screw-Home Movement (以下, SHM) に関する研究

SHM は、自動運動において膝関節を屈曲位から伸展する際の最終伸展域で生じる、大腿骨に対する脛骨の外旋運動のことで、生体を対象に Point Cluster 法を用いた Andriacchi や石井らの解析では、SHM の動態は一様では

なく、外旋型、終末内旋型、内旋型が存在したことを報告している。そこで、下肢疾患を有さない健康女性 10 名の左右 20 肢を対象に、Point Cluster 法と異なる手法を用いて、彼らの報告を追試した。その結果、SHM には 7 つ様式が認められ、成書にある様式は 20 肢中 4 肢に過ぎなかった (図 1)。

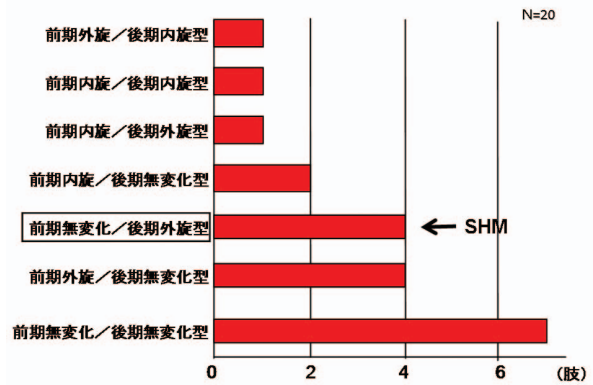


図 1. 膝関節の動態分析

#### 2) Codman's rhythmに関する研究

Codman's rhythm は、scapulo-humeral rhythm と呼ばれ、肩関節の外転は、肩甲上腕関節と肩甲胸郭関節が、2 : 1 の比率で生じるというものである。そこで肩関節に異常を有さない男性の肩関節外転の肩甲上腕関節と肩甲胸郭関節の角度を、三次元ビデオ動作解析装置を用いて算出し、その比率を求めた。その結果、肩甲上腕関節と肩甲胸郭関節の比率は 1 : 2 であり、Codman's rhythm には個人差があることが分かった (図 2)。

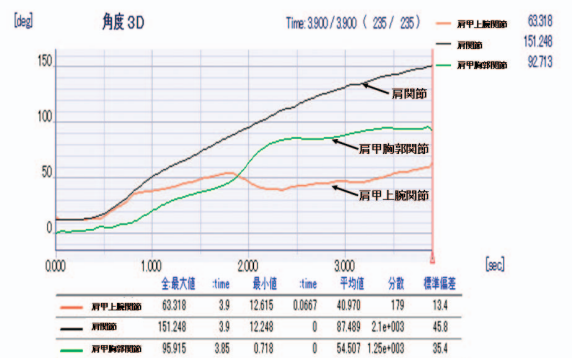


図 2. 肩関節外転運動の肩甲上腕関節と肩甲胸郭関節の比率

### 3. 運動器疾患の治癒後のリハビリテーションについて

運動器疾患が治癒し機能障害や能力障害も改善され、日常生活が正常に営めるようになると医療的処置は終了する。しかし、運動競技に復帰すると疼痛による機能障害が出現し、運動競技を断念せざるを得ない場合がある。このような場合に、補完・代替医療として東洋医学的介

入の有効性を検証する研究が必要であると考えます。

そこで、東洋医学的介入の有効性を検証する研究を二つ紹介する。

1) プロゴルファーのイップスに対する東洋医学的介入の有効性の検討

3年前より体幹の回旋が困難となるイップスで、自分の思い通りのゴルフスイングが出来なくなっていたプロゴルファーに対し、合谷、三陰交への刺針と騎龍母法や燕尾母法の変法を行う東洋医学的介入を行い、介入前後でゴルフスイングの三次元動作解析を行った。介入後、フィニッシュにおける矢状面に対する股関節の角度は142.7° から170.3° に改善し、無意識に身体が回旋を拒否する反応が減少した(図3)。

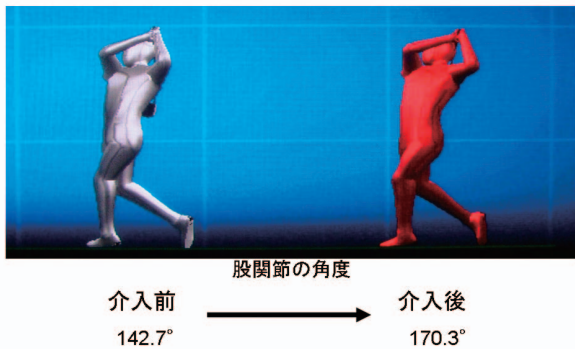


図3. 東洋医学的介入によるゴルフスイング (Finish) の変化

2) 腰痛により競技ゴルフが不可能となったアマチュアゴルファーに対する東洋医学的介入の有効性の検討

数年前関西アマチュアゴルフ選手権で3位に入賞し、日常生活は正常だがゴルフスイングにより腰痛が出現するため競技ゴルフを断念していたアマチュアゴルファーに対し、百会、合谷、太衝、三陰交への刺針と騎龍母法や燕尾母法の変法を行う東洋医学的介入を行い、介入前後でゴルフスイングの三次元動作解析を行った。介入後、疼痛のないスイングが可能になるだけでなく、impactにおける左股関節内転角度は5.1° から11.4° に、右股関節外転角度は17.4° から26.1° に改善し(図4)、競技復帰後、西日本パブリックミッドアマチュア選手権で5位に入賞した。

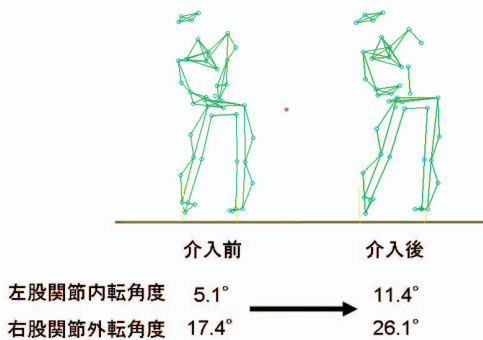


図4. 東洋医学的介入によるゴルフスイング (Impact) の変化

4. 運動器疾患を予防するリハビリテーションについて

運動は冗長性をもっており、常に変化する多数の筋の緊張や関節の可動性に対応して、かつ外環境に適応しながら、課題を遂行するための方策を自動的に決定する。したがって、一部の筋や関節のわずかな機能障害は認知されないまま運動は遂行されている場合が多い。しかしこれらの機能障害は認知されていないだけで、実際に存在しているため積み重なると運動器疾患を引き起こすことがある。そこで、これらの認知されない機能障害を東洋医学的介入により改善することで、運動機能にどのような影響を及ぼすのかを検証する研究が必要であると考えます。そこで、東洋医学的介入が運動機能に及ぼす影響を検証する研究を紹介する。

1) 東洋医学的介入がプロボクサーのパンチスピードに及ぼす影響

28歳のライト級プロボクサーに対し、車転母法、車転子法第二、車転子法第七などの変法と左腎兪への刺針を行う東洋医学的介入を行い、介入前後で右ストレートの三次元動作解析を行った。介入の結果、介入前のパンチスピードが0.33秒であったのに対し、介入後は0.19秒になった(図5)。

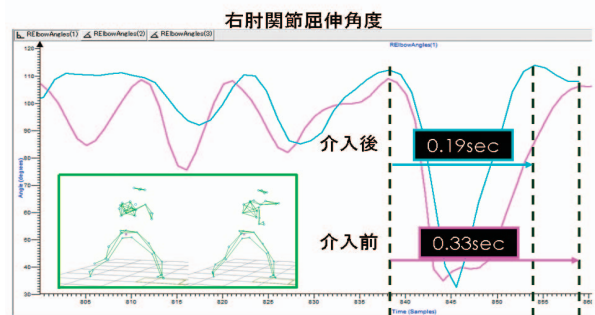


図5. 東洋医学的介入によるパンチスピードの変化

5. 将来展望

運動器疾患に対するリハビリテーションについての研究は、疾患の治療法に付随するリハビリテーションに関するものや、疾患の特性を運動学的に解析したもの、あるいは疾患による機能障害と能力障害の関係を明らかにするものなど、疾患を中心とした研究が行われている。しかし、それらの研究で指標となる運動機能の評価は、関節可動域測定や徒手筋力検査であり、それに対象の運動学的な素因が十分把握できるとは言えない。行為における各関節の動きは非常に複雑で個人差が大きく、精神的な作用や内臓機能の変調により影響を受けるが、その評価方法が不十分であるために蔑ろにされているのが現状であり、鍼灸施術や柔道整復施術などの伝統的な“術”は、その部分に介入し効果を得ているものと考えられる。したがって、臨床研究が、介入の効果を示すことと、介入して変化した現象のメカニズムを分析することとであるなら、“術”の効果を示すとともに、“術”によって変化した現象を評価し分析することで“学”に繋げていく必要があると考える。