

博士論文

体幹動作および体幹筋機能に着目した  
ボクシング選手の腰痛に関する研究

平成 20 年度

泉 重樹

筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻

筑波大学

## 目 次

第1章	緒 言	- 1 -
第1節	ボクシング競技の外傷・障害に関する先行研究	- 2 -
第2節	スポーツ選手の腰痛に関する先行研究	- 5 -
第3節	体幹筋力と筋活動に関する先行研究	- 10 -
第4節	本研究の仮説	- 14 -
第5節	本研究の目的	- 15 -
第6節	本研究の課題	- 16 -
第2章	〔研究課題1〕アマチュアボクシング選手の外傷・障害調査	- 17 -
第1節	背景・目的	- 17 -
第2節	方法	- 18 -
第3節	結果	- 20 -
第4節	考察	- 24 -
第5節	まとめ	- 27 -
第3章	〔研究課題2〕大学ボクシング選手の腰痛と身体特性の検討	- 28 -
第1節	背景・目的	- 28 -
第2節	方法	- 29 -
第3節	結果	- 34 -
第4節	考察	- 43 -
第5節	まとめ	- 47 -

第4章	〔研究課題3〕腰部挙動と体幹筋活動に着目したボクシング動作の検討	- 48 -
	研究課題3-1 ボクシング攻撃動作時の腰部挙動および体幹筋活動の検討	- 48 -
第1節	背景・目的	- 48 -
第2節	方法	- 50 -
第3節	結果	- 61 -
第4節	考察	- 72 -
第5節	まとめ	- 77 -
第5章	〔研究課題3〕腰部挙動と体幹筋活動に着目したボクシング動作の検討	- 78 -
	研究課題3-2 ボクシング防御動作時の腰部挙動および体幹筋活動の検討	- 78 -
第1節	背景・目的	- 78 -
第2節	方法	- 79 -
第3節	結果	- 86 -
第4節	考察	- 93 -
第5節	まとめ	- 96 -
第6章	総括	- 97 -
第1節	結論	- 97 -
第2節	今後の展望	- 99 -
謝辞		- 101 -
文献		- 103 -

## 表目次

Table I -1	スポーツ種目別腰痛発生頻度	6
Table I -2	腰部安定化機構を基礎とした腰椎および腹部の筋の分類	12
Table II -1	対象者の身体特性	20
Table II -2	外傷・障害数（複数回答）および1000時間あたりの外傷・障害発生件数	21
Table II -3	KOされた経験のある人数	22
Table II -4	KOの発生時期	23
Table II -5	KO経験の詳細	23
Table III -1	対象者の身体特性	34
Table III -2	体幹筋断面積結果	38
Table III -3	画像所見結果	39
Table III -4	胸腰椎関節可動域, General Joint Laxity Test, Muscle Tightness Test の結果	40
Table III -5	各測定項目の左右差	42
Table IV -1	三次位置センサーによるパンチ動作時のT-L間・L-S間の最大回旋角度	61
Table V -1	三次位置センサーによるスウェー動作時T-L間・L-S間の最大伸展角度	86
Table V -2	動作分析によるスウェー動作時体幹後屈角度の変化量	87
Table V -3	動作分析によるスウェー動作時股関節および膝関節屈伸角度の変化量	88

## 図目次

Figure I -1	本研究全体の概念図	14
FigureIII-1	等速性体幹屈曲・伸展筋力測定風景	30
FigureIII-2	等速性体幹回旋筋力測定風景	31
FigureIII-3	体幹屈曲筋力	34
FigureIII-4	体幹伸展筋力	34
FigureIII-5	伸展／屈曲比 (E/F 比)	36
FigureIII-6	体幹回旋筋力	37
FigureIII-7	立位体前屈の結果	41
FigureIII-8	SLR の左右差	42
FigureIV-1	ボクシングストレートパンチ動作	51
FigureIV-2	三次元位置センサーの測定仕様	52
FigureIV-3	三次元位置センサーのセンサー取り付け位置	53
FigureIV-4	動作分析実験環境図	54
FigureIV-5	動作分析の身体分析点	55
FigureIV-6	表面筋電図の電極取り付け位置	57
FigureIV-7	動作分析によるパンチ動作時の体幹回旋角度	62
FigureIV-8	動作分析によるパンチ動作時の体幹捻れ角度	63
FigureIV-9	動作分析によるパンチ動作時の各関節部の移動最高速度	65
FigureIV-10	BOX・CON 間における予備動作の筋活動	66
FigureIV-11	BOX・CON 間におけるパンチ行の筋活動	67
FigureIV-12	BOX・CON 間におけるパンチ戻の筋活動	68
FigureIV-13	パンチ各相における筋活動 (BOX)	69
FigureIV-14	パンチ各相における筋活動 (CON)	70
FigureIV-15	パンチ動作時の各筋の反応時間	71
FigureV-1	スウェーイング動作	80

Figure V-2	BOX・CON間におけるスウェー行の筋活動	89
Figure V-3	BOX・CON間におけるスウェー戻の筋活動	90
Figure V-4	スウェー各相における筋活動 (BOX)	91
Figure V-5	スウェー各相における筋活動 (CON)	92

## 本論文で使用した略語

ARV : Average Rectified Value. 整流平均値

D, N : Dominant, Nondominant. 利き手, 非利き手

DEL : Deltoid muscle. 三角筋

DLT : Direct Linear Transformation. ダイレクトライナートランスフォーメーション法

EO : External Oblique muscle. 外腹斜筋

IO-TrA : Transversus Abdominis muscle-Internal Oblique muscle. 内腹斜筋-腹横筋

JOA : Japanese Orthopedic Association. 日本整形外科学会

KO : Knockout. ノックアウト

LBP : Low Back Pain. 腰痛

MF : Multifidus muscle. 多裂筋

MRI : Magnetic Resonance Imaging. 磁気共鳴画像法

MVC : Maximum Voluntary Contraction. 最大随意収縮

QOL : Quality Of Life. 生活の質

RA : Rectus Abdominis muscle. 腹直筋

RDQ : Roland-Morris Disability Questionnaire. ローランド・モリスの腰痛特異的 QOL  
評価尺度

RF : Rectus Femoris muscle. 大腿直筋

SLR : Straight Leg Raising test. 下肢伸展挙上検査

SW : Swaying. スウェーイング

T, L, S : Thoracic vertebra, Lumbar vertebra, Sacral bone. 胸椎, 腰椎, 仙骨

VAS : Visual Analogue Scale. 視覚的アナログスケール

(アルファベット順に記載)

## 第 1 章

### 緒 言

腰痛はヒトが立って歩くように進化したために起こった宿命的な症状であると言われている（菊池, 2003）。さらに腰痛は重力下において二本脚で生活しているヒトの姿勢と深く関わっている。腰痛の発生率は高く、スポーツ選手にとっても大きな問題である。様々なスポーツにおいて傷害調査が行われているが、その中でも腰痛患者の占める割合は多い（阿部, 2000）。

アマチュアボクシングでは、対戦相手に与えるダメージよりも、ナックルパート（手拳部の中手指節関節部分）を正確に相手に当てることを重視する。試合時間はプロボクシングが最大 36 分間であるのに対し、アマチュアボクシングは 8 分間と短く、攻防の切り替えが速い。そのため試合時間中は常に下肢を動かしながら攻撃・防御動作を行っており、通常の練習でも走るトレーニングなど下肢のトレーニングの重要性は高い。アマチュアボクシングの外傷・障害について考えると、現場では頭顔面部や手部の急性外傷と同時に使いすぎによる下肢や上肢の慢性外傷、特に腰痛が多くみられる印象がある。筆者らは 1 年間の大学ボクシング部のトレーナー活動報告のなかで、選手の施術希望部位の中で背腰部が最も多かったことを報告している（泉ら, 2006）。また同様に、自覚的な腰痛の既往のあるボクシング選手は既往のない選手と比べ、股関節・肩関節の疲労が多くみられた事を報告している（Izumi et al. 2009）。しかしこれまでボクシング競技において発生する腰痛に関連した報告は少ない。またボクシング動作に着目して、体幹の動作や筋活動から腰痛を考察した報告はない。



## 第 1 節 ボクシング競技の外傷・障害に関する先行研究

### 1. ボクシングの歴史と現状

ボクシングの原型はクレタ文明の頃から存在し，またギリシャ時代，ローマ時代にも行われていたという記録がある．近代ボクシングは 17 世紀後半から 18 世紀にかけてイギリスで育ち，1867 年に制定されたクイーンズベリー規約により，ルールが整備され，現在のボクシング規則の基礎ができたとされる（浅見ら，1984）．今日行われているアマチュアボクシング競技のオリンピックへの参加は 1904 年からであり，現在に至るまで安全性に関する議論は継続して行われている．その一方で，ボクシング競技はその危険性の面からスポーツとして廃止すべきであるという議論が長期間にわたってなされてきた．原始的で凶暴であり，好戦的な活動が社会に対して悪影響を与えるという見方もあるが，現在，ボクシングは世界中で行われている（Gambrell, 2007）．

### 2. ボクシングの外傷と障害の発生件数

ボクシング選手を対象とした外傷・障害調査はアマチュアボクシング選手（以下，アマ選手）やプロボクシング選手（以下，プロ選手），近年，プロ，アマともに正式に行われるようになった女子ボクシング選手などのボクシング競技に関わるすべての選手を対象に行われている．Zazryn et al.（2006）はアマ選手とプロ選手を 2 年間にわたり前向きに調査した結果，ボクシングの練習と試合を合わせた 1000 時間あたりアマ選手で 1.0 件，プロ選手で 4.4 件，合わせて 2.0 件の外傷・障害が発生していたと報告している．同じ 1000 時間あたりで他競技の外傷・障害の発生件数は，プロのラグビーリーグ選手で 4.1～8.5 件，プロのサッカー選手で 6.2 件であった．後ろ向き研究では Zazryn et al.（2003）

は 16 年間にわたりオーストラリアのビクトリア州で行ったプロ選手の調査において、1000 試合あたり 250.6 件であったと報告している。Bledsoe et al. (2005) は 2001 年から 2003 年までアメリカ合衆国のネバダ州で行われたプロ選手の試合時に発生した外傷・障害を調査した結果、100 試合あたり 17.1 件、100 ラウンドあたり 3.4 件であったと報告している。アマ選手に対する調査では、Jordan et al. (1990) がアメリカ合衆国のナショナルトレーニングセンターにおいて行った報告がある。1977 年から 1987 年まで同施設で行われたトレーニング時に 447 件の外傷・障害が発生したと報告している。女子選手についてはまだ少ないものの、Boanco et al. (2004) がイタリアの女子ボクシング選手について調査した結果、病院へ搬送が必要な外傷等はなく、予想していたよりも傷害発生は少なかったと報告している。このように諸外国の調査は散見されるが、我が国においてボクシング選手の全身の外傷・障害の発生頻度や件数に着目した報告はない。

### 3. ボクシングの外傷と障害の発生部位

ボクシングは顔面部や頭部に対して手部による攻撃（加撃）が認められているという競技の特性から、頭顔面部の外傷や手部の外傷・障害に関する報告が多い。前向き研究では、Zazryn et al. (2006) はアマ選手とプロ選手を 2 年間にわたり調査した結果、全外傷のうち 71% が頭部に発生しており、そのうち 33% が脳振盪であったと報告している。プロ選手の試合時の外傷を後ろ向きに調査した報告では、頭部/頸部/顔面部の外傷・障害が 89.8%、ついで上肢の外傷・障害が 7.4% であり、頭部/頸部/顔面部の外傷・障害が圧倒的に多かった (Zazryn et al. 2003)。その中でも眼部が 45.8%、脳振盪が 15.9% と多かったと報告されている。同じくプロ選手を対象とした試合時の外傷を調査では、顔面部の裂傷が 51%、手部が 17.1%、眼部が 14%、鼻部が 5% であった (Bledsoe et al. 2005)。アマ選手の練習時に発生した外傷・障害に対する調査では、上肢

が 32.9%，下肢が 23.9%，頭顔面部が 20.6%であった (Jordan et al. 1990). Porter & O'Brien (1996) が行ったアイルランドのアマ選手を対象とした調査では，試合では脳震盪などが 51.6%と最も多く，続いて手・手首が 20.3%，顔面部が 20.3%と多かった．一方，練習では手・手首が 34.5%，下肢が 41.4%，肩関節が 13.8%であった．下肢の外傷・障害については陸上競技選手同様，ランニングやなわとびによる典型的な使いすぎ症候群（以下，オーバーユース）であると考察している．また肩関節もパンチ動作の繰り返しによるオーバーユースが多いと報告されている．

我が国ではボクシングにおいて発生する全身の外傷・障害に対する調査は行われていないが，各部位においては報告されている．谷ら (2002) は 1978～2000 年の日本ボクシングコミッション認定公式試合において，急性硬膜下血腫の発生が 45 件発生し，うち死亡例が 15 例であったとを報告している．Oohashi et al. (2002) は日本国内のプロ選手 632 名を対象にアンケート調査を行った結果，試合や練習後に頭部外傷後の後遺症として頭痛や吐き気などの症状を認めた選手がみられたと報告している．アマ選手に対する調査としては関野ら (1996) が脳神経外科施設にアンケート調査を行った結果，アマ選手においても急性脳損傷を認めており，大学生以下の選手が 80%を占めていた．また，練習中の事故が 55.9%であり，試合中の事故 (47.1%) よりも多かったと報告されている．

以上より，ボクシング選手は頭部，顔面，手部の外傷・傷害が多いことが明らかになっている．また，我が国では部位を限定した調査しか行われていないため，全体の外傷・障害の発生状況は不明である．

## 第2節 スポーツ選手の腰痛に関する先行研究

### 1. 腰痛とは

一般に腰痛は「解剖学的に腰仙椎部に局在する疼痛で、神経根に由来する下肢痛や馬尾由来の下肢症状を含む」とされ、腰仙椎部の範囲は「脊柱管に包含されている神経組織に脊髄を含まない、第2/3腰椎間高位以下から仙椎部」と定義されている（菊池，2003）。腰痛の発生率は高く、50～80%であるといわれている（Cherkin et al., 1998; Feuerstein et al., 2004; 長総ら，1994）。厚生労働省（厚生統計協会，2004）の国民生活基礎調査によると有訴者の症状は腰痛が男性で1位，女性で2位であり，通院者率では男女ともに高血圧に次ぐ2位の多さであった。このように腰痛に悩まされる者は多いが，未だに腰痛の原因のほとんどは不明であるといわれている（Nachemson, 1992）。

Macnab は腰痛を脊椎性，神経性，内臓性，血管性，心因性の5つに大別した（McCulloch et al., 1999）。つまりあらゆる疾患が腰痛を訴える可能性があり，さらに腰痛の病態は器質的な問題だけでなく，心理的・社会的因子なども関与している。腰痛の中でも明らかな疼痛の原因を特定できず，また下肢神経症状を伴わないものは非特異的腰痛と総称される（Chou et al., 2007; Koes et al., 2007）。この非特異的腰痛が腰痛の中でも最も数が多いとされており，急性腰痛を訴えて外来を受診する患者の85%がこの非特異的腰痛であるといわれている（Deyo et al., 1992; Koes et al., 2007）。

### 2. スポーツによる腰痛

スポーツ選手にとっても腰痛はスポーツ活動を行う上で大きな問題となる。様々なスポーツにおいて外傷・障害調査が行われているが，その中でも腰痛患者の占める割合は多い（阿部，2000）（Table I-1）。スポーツ選手の腰痛の割合

はスポーツ種目により異なり，1～30%以上である（Videman et al., 1995; Hickey et al., 1997; Granhed et al., 1988）．また，スポーツの種類や性別，練習強度，練習頻度，技術などの影響を受けると言われている（Dreisinger et al., 1996; Kujala et al., 1999; Johnson et al., 2001）．

スポーツでは過大な応力が腰椎部や腰仙部に作用する．そのため同部位は正常な解剖学的構造が破壊されやすい．椎骨の中で臨床上，変化の生じる部位として椎体，椎間板，椎間関節，関節突起間部が挙げられる．椎体・椎間板は運動分節（motion segment）の前方部分を構成し，椎間関節・関節突起間部は運動分節の後方部分を構成している．以下，特にスポーツ選手にみられる腰痛のうち，多くみられる運動分節前方部分の障害（椎間板変性）と運動分節後方部分の障害（脊椎分離症）を中心に述べることにする．

Table I-1 スポーツ種目別腰痛発生頻度

種目	腰痛発生率	報告者	年度
陸上競技	69.7%	野口隆敏	1981
ラグビー	82.4%	瀬良敬介	1982
新体操	76.0%	鳥居 俊	1988
重量挙	82.0%	小黒賢二	1991
サッカー	42.5%	上牧 裕	1992
アイスホッケー	86.0%	間瀬泰克	1993
大相撲	34.9%	土屋正光	1995
アメフト，ラグビー	45.0%	阿部 均	1997
成長期サッカー	34.8%	鈴木英一	1998
学生相撲	36.0%	中川泰彰	1999

（阿部, 2000 より引用）

### 3. 椎間板由来のスポーツ選手の腰痛

スポーツによる椎間板変性を中心とした腰痛に関する先行研究では，ウエイ

トリフティング選手では、椎間板の変性や膨隆は椎間板全体にみられると言われている (Vidman et al., 1995). サッカー選手も同様の変化を L4~S1 の下位 2 つの椎間板に認めるが、一方、ランナーや射撃選手にはみられなかったと報告されている. Sward et al. (1991) はエリート男子器械体操選手の 75% に椎間板変性がみられ、この変化は 31% の非アスリートにも認めたと報告している. Cholewicki et al. (1991) は 40~60 歳の元レスリング選手と元ウェイトリフティング選手を比較した. その結果、腰痛を経験したレスリング選手は 59%、一方、ウェイトリフティング選手は 23% であった (コントロール群は 31%). レスリング選手では腰椎の疲労骨折が多かったのに対し、ウェイトリフティング選手は椎間板変性が多く、変性は下位腰椎に認めたと報告している. Gatt et al. (1997) はアメリカンフットボールのラインマンはコンタクトの際に L4/5 椎間に 8679N の圧縮力が加わり、その際 L4/5 椎間に加わった前後の剪断力は 3304N、左右の剪断力は 1709N であった. この結果から繰り返しのブロックを行うラインマンの腰椎の障害を増加させている可能性があるとして報告している. 競技スポーツを行っている大学生を対象とした調査では、野球と水泳を継続的に行っている選手は椎間板変性が生じやすく、回旋動作と水中動作が関係していると考察している (Hangai et al., 2009). また、この報告では、椎間板変性は激しい腰痛の予測因子となりうることも示唆している.

一方で、スポーツと椎間板変性の関連を支持するエビデンスに対して、否定的な報告も存在する (Mundt et al., 1993; Lundin et al., 2001). スポーツ選手の腰椎椎間板ヘルニアの罹患率を調査した先行研究では、スポーツが椎間板ヘルニアの誘発因子となるかどうかは統一した見解が得られていない. 主なスポーツ (野球, ソフトボール, ゴルフ, 水泳, ダイビング, エアロビクス, ラケットスポーツ) の椎間板ヘルニア患者と年齢, 性別, 地域性などを一致させたコントロールを比較検討した報告によると、椎間板ヘルニアの発生数は 2 群間に差はなかった (Mundt et al., 1993). レスリングや体操, サッカー, テニスなどの競技で過去トップアスリートであった 134 人と追跡し、コントロール

(28人)と比較した報告では、腰痛の頻度は2群間に差はなかった(Lundin et al., 2001)。ハンドボールを2500日以上、あるいはトライアスロンを10年以上行っている40歳以上の男性群と無症状の現役スポーツ選手19例(41~69歳)の腰椎MRIを比較した報告では画像上認める変性変化の出現頻度は同程度であったとされている(Healy et al., 1996)。

以上より、腰椎椎間板ヘルニアの発生にはスポーツ影響しているかどうかは統一した見解が得られていないが、腰椎(椎間板)への圧縮(軸圧)に体幹の急激な回旋運動が加わるスポーツにおいて椎間板の変性が多くみられていることがわかる。腰椎の挙動は屈曲/伸展の動きが最も大きく、しかも下位腰椎へ行くほど屈曲/伸展角度は大きくなることが知られている(White & Panjabi, 1978)。このことからレスリング、アメリカンフットボールのラインマンのようにコンタクトがある上に腰椎へ急な回旋が加わる競技やウエイトリフティング、体操のように常に重量物の挙上や着地等で腰椎へ大きな負荷が加わる競技、さらにサッカーのようにランニングに急な方向転換が加わる競技には椎間板の変性および腰痛が多い可能性がある。

#### 4. 脊椎分離症由来のスポーツ選手の腰椎

椎間関節の生体力学的な機能について、Armstrong et al. (1967)はX線所見より椎間関節は荷重に関与しないと述べている。しかし、Nachemson et al. (1964)は屍体椎体への荷重実験の結果から、椎間関節は18%の圧受容を受け荷重に関与するとしている。

Cyron et al. (1976)は腰椎の椎体および上関節突起を固定し、下関節突起に対して垂直方向に荷重を負荷した結果、73%に腰椎分離様の破綻が生じたとしている。またMatsukura (1982)やIchikawa et al. (1982)は関節突起間部の変形量は荷重負荷に回旋負荷が加わると著明に増加すると報告している。これらから下位腰椎、とりわけ関節突起間部に大きな荷重や回旋力が繰り返し負

荷されるスポーツ動作では同部位の相反する変形が繰り返し生じ、結果として疲労骨折である腰椎分離が起こると考えられる。

スポーツ選手の腰椎分離症の発生に関する研究では、Soler et al. (2000) は 3152 人のスポーツ選手を対象にした研究において、全体の 8.0% に腰椎分離症がみられ、中でも投球競技 26.6%、器械体操 17.0%、ボート 16.9% で頻度が高かったと報告している。また発症機序については前述の Matsukura (1982) と同様の考察を行っている。市川ら (1974) はメディカルチェックの中でウエイトリフティング選手の 40%、柔道選手の 29%、剣道選手、器械体操選手の 28%、ラグビー選手の 25% に腰椎分離症がみられたことを報告している。Sairy et al. (2005) は、スポーツ選手の脊椎分離症は反対側の椎弓根と関節突起間部との間の疲労骨折を伴いやすいことを、13 例の症例と脊椎のモデルによる解析から明らかにしている。

スポーツのなかで腰椎分離の多い競技には Matsukura (1982) の報告にあるように下位腰椎の関節突起間部に大きな荷重や回旋力が繰り返し負荷される競技であると言われている。また腰椎分離の多いスポーツの中に椎間板変性も多くみられる競技もあることから、腰椎分離が生じた結果、椎間板にかかる応力が増加し、椎間板症や椎間関節症へ進展する可能性が高くなることも考えられる。



### 第3節 体幹筋力と筋活動に関する先行研究

#### 1. 体幹筋力と腰痛に関する先行研究

これまで体幹筋力と腰痛の関係を調査した研究は、主に体幹腹部筋力と背部筋力の筋出力発揮に着目している。体幹筋力の評価方法として、これまで徒手筋力検査や静的運動、動的運動による筋力測定が行われている。等速性筋力測定器である Cybex を用いて体幹筋力を測定した報告では、腰痛症患者の体幹筋力は健常者に比して低下すると言われている (Hasue et al., 1980; Beimborn & Morrissey, 1988)。また、腰痛症患者の体幹筋断面積は健常人に比して低値を示すことから、筋が萎縮していることが示唆されている (Cooper et al., 1992; Hides et al., 1994)。腰痛症患者の体幹筋力が低下している機序を病態別に検討した結果、慢性腰痛症では腹直筋、大腰筋、多裂筋などが同程度に萎縮していることが明らかになった (Cooper et al., 1992)。一方、急性腰痛症では筋に圧痛がある部位に局所的な筋萎縮を認めることが明らかになっている (李ら, 1994a)。

Lee et al. (1995) は腰痛症患者の体幹筋力と下肢筋力の測定を行った。その結果、腰痛症患者は体幹のみならず下肢の筋力も健常例と比べ、低値を示し、さらに体幹と下肢の筋力は相関関係を示したと報告している。腰痛症患者の体幹筋力が低下し、体幹筋線維が萎縮していることは確かであるが、萎縮の程度と筋力低下の程度は必ずしも相関しないという報告もある (Hides et al., 1994)。その理由として、*in vitro* で摘出した筋の張力は筋断面積に比例するが、臨床的に確定された筋力の中枢から末梢まで多くの因子の影響を受けていることが考えられている (李ら, 1994a)。このように腰痛患者の体幹筋力測定値が低値を示す原因、すなわち中枢から末梢までのどの因子がどの程度関与しているかを定量的に評価することが体幹筋力測定の大きな課題となっている。

腰痛症患者に対する体幹筋力測定の課題として、測定機器の技術的な問題や

信頼性，さらに肢位，運動回数・時間，角速度の選択などの測定法を標準化する必要がある．田中（1994）は等速性筋力測定機器による計測は客観的評価としての有用性は高く，病態の解明やトレーニング効果の評価として有効であると述べている．

体幹筋力を等速性筋力測定機器で測定する場合，その測定速度についての定説はない．角速度 0 deg/sec つまり等尺性運動での測定では腰痛を発生する危険性が高いこと（Mayer et al., 1985），60deg/sec より遅い速度での測定は関節にかかる負荷が大きいこと（Davies, 1987），150deg/sec 以上の測定速度では動作速度についていけない人がいること（李ら, 1994b），および各速度が速くなるほど再現性が低下すること（Delitto et al., 1991）などが指摘されている．また日常生活の動作から考えると 60deg/sec が有効であるという報告もある（Lee et al., 1995）．

## 2. 体幹筋群の筋活動に関する先行研究

近年，脊椎（腰椎）の安定性が腰痛に関わる因子として注目されている．Panjabi（1992a, 1992b）は脊椎の安定性について，骨－靭帯系，筋系，神経制御系の3つが合成された機能として捉えた．このモデルは脊椎の分節的安定性のための神経制御に加えて，筋，特に脊椎の内在筋群（ローカル筋）の役割を強調している（Richardson et al., 2002）．Bergmark（1989）は腰椎および腹部筋群をグローバル安定化システム（グローバル筋：腰椎に直接付着しておらず多分節間の関節運動に関与している筋群）とローカル安定化システム（ローカル筋：起始もしくは停止が腰椎に直接付着し，各椎体間の安定性を高める筋群）に分類した（Table I -2）．Cholewicki et al.（1996）らは生体力学的モデルにより，腰痛患者では体幹の深部筋群に機能異常がある可能性を示し，腰痛病因の理解と脊椎安定性においてローカル筋の重要性が示唆されている．

Table I -2 腰部安定化機構を基礎とした腰椎および腹部の筋の分類

ローカル安定化システム	グローバル安定化システム
<ul style="list-style-type: none"> <li>・横突間筋</li> <li>・棘間筋</li> <li>・多裂筋</li> <li>・胸最長筋の腰部</li> <li>・腰腸肋筋の腰部</li> <li>・腰方形筋の内側線維</li> <li>・腹横筋</li> <li>・内腹斜筋(胸腰筋膜付着線維)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・胸最長筋の胸部</li> <li>・腰腸肋筋の胸部</li> <li>・腰方形筋の外側線維</li> <li>・腹直筋</li> <li>・外腹斜筋</li> <li>・内腹斜筋</li> </ul>

(Bergmark, 1989)

体幹の表層を取り囲んでいるグローバル筋は脊椎を動かすときにトルクを生み出し、脊椎に加わる外部からの負荷を操作する (Bergmark, 1989)。グローバル筋は運動方向に依存する形で体幹の安定性に寄与する (Kuukkanen & Malkia, 2000)。例えば、視覚刺激に反応して肩関節伸展運動を行った場合、腹直筋は上肢の伸展に伴う体幹の伸展を防ぐために肩関節伸展開始前に筋活動を開始する (Hodges & Richardson, 1996)。また、グローバル筋は脊椎の位置の変化といった方向特異的な活動に対して関与している (Barr et al., 2005)。腰痛の際、グローバル筋群は受動的な安定性の低下を、複数の筋の収縮により補填する。グローバル筋の収縮は脊椎の安定性と剛性を高めるが、同時に腰椎に対する圧迫負荷を増加させることになり、脊椎の痛みを生じるようになると言われている (Radebold et al., 2000)。

一方、ローカル筋の機能異常によってグローバル筋に過剰な負荷がかかり、腰痛が生じるという仮説のもと、ローカル筋の作用に関して様々な研究が行われるようになった。ローカル筋である腹横筋は上肢・下肢の運動方向に左右されず、脊柱を安定化させるために最も早く収縮する筋であると報告されている

(Hodges & Richardson, 1997a, 1997b). また, Cresswell et al. (1993, 1994) は腹部のローカル筋は腹部内圧の調節をする際に, 最初に反応する筋であるとしている. ローカル筋の機能は性差があることも明らかになっている. Kulas et al. (2006) は男性は女性よりも内腹斜筋-腹横筋の活動が腹直筋や外腹斜筋よりも大きい, 女性は両者の筋活動に差がないと報告している.

一方, 慢性腰痛患者では代表的なローカル筋である腹横筋や多裂筋の機能異常が存在し, 筋動員が健常人と異なることが報告されている. O'Sullivan et al. (1997) はローカル筋を選択的に働かせる運動である“腹部引き込み動作”(Detroyer, 1990) 時の筋活動を健常者と腰痛患者で比較したところ, 健常者ではローカル筋である内腹斜筋が腹直筋に比べ活動していたのに対して, 腰痛患者では両筋の活動に差がなかったことを報告している. Hodges et al. (1996) は上肢の挙上運動時, 腹横筋は, 健常者では主動作筋の収縮に先行して活動するのに対し, 腰痛患者では主動作筋の活動開始後に腹横筋は活動すると報告している.

これまでグローバル筋とローカル筋の筋活動に関する研究は, 腰痛患者や健常者を対象とし, 単純な動作課題を用いている. しかし, スポーツ選手の場合, 腰痛が問題となるのは, スポーツ活動中であるが, 実際の運動時やスポーツ活動中の筋活動を評価している報告は少ない. Saunders et al. (2004) はローカル筋の歩行時と走行時の姿勢と呼吸による影響について調査した結果, 歩行や走行による運動様式の違いや呼吸によりローカル筋活動は影響を受けると報告している. その他, 実際のスポーツ動作時の筋活動を評価した研究は水泳 (Schibek et al., 2001) とランニング (Stanton et al., 2004) のみであり, 少ない (Willardson et al., 2007). 例えば, ボクシング競技のように, 競技特性として上肢・下肢や体幹が一連の動作で行なわれるスポーツ動作において, ローカル筋およびグローバル筋の活動様式を明らかにする研究はこれまでのところ行われていない.

## 第4節 本研究の仮説

本研究の仮説は、ボクシング動作の習熟度により、体幹動作ならびに体幹筋活動様式が異なるということである。これらを明らかにすることは、ボクシング選手の腰痛の原因を究明する一助となると考えた。以下に、本研究全体の概念図を示した。

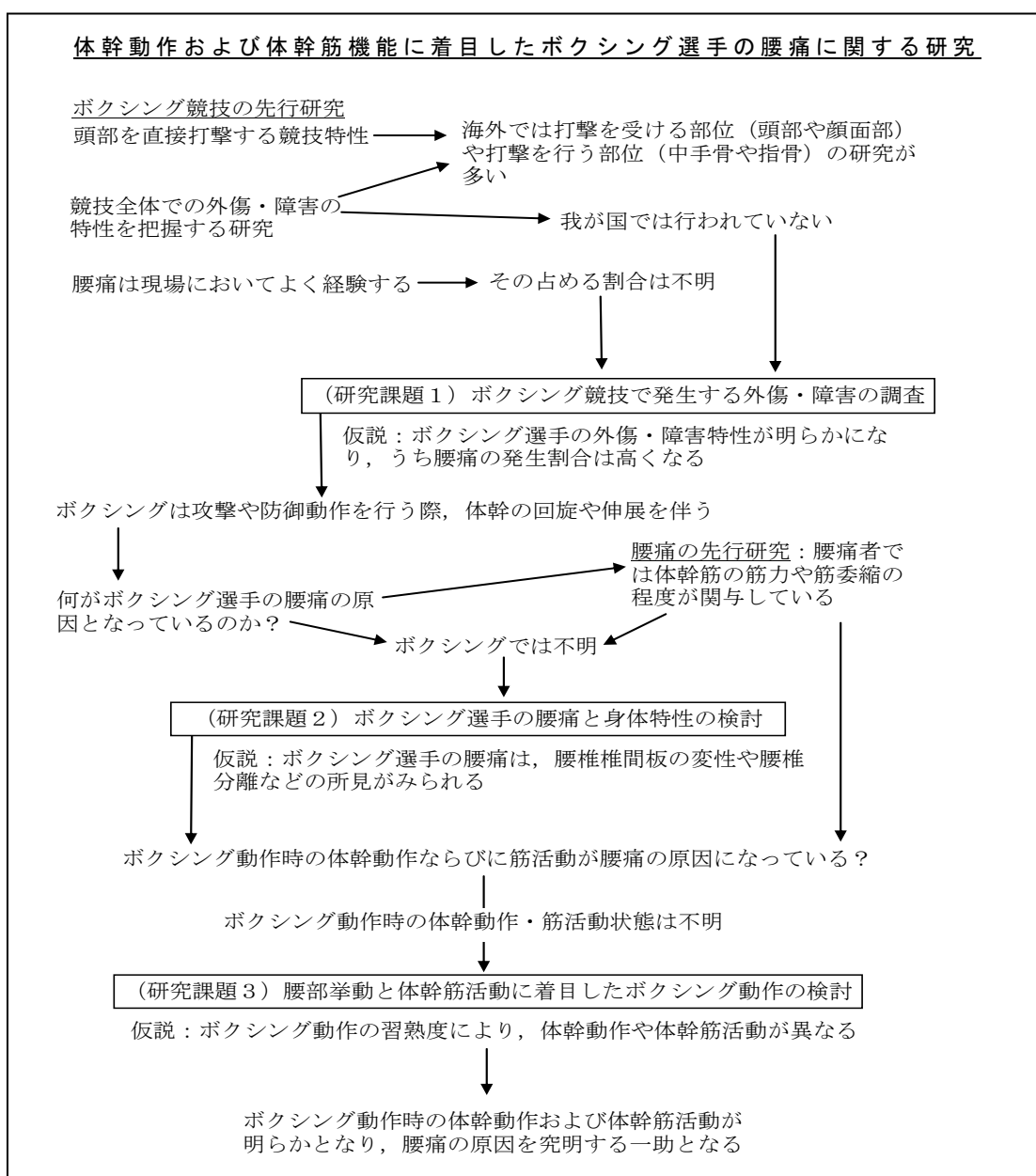


Figure I -1 本研究全体の概念図

## 第 5 節 本研究の目的

本研究の目的はボクシング選手にみられる腰痛について質問紙および身体特性に着目し調査すること，および腰痛の原因と考えられるボクシング動作の解析を通して，腰痛を予防するための方策を考察することである．

## 第6節 本研究の課題

### 1. 本研究の課題

#### 【研究課題1】

日本国内のアマチュアボクシング選手を対象に，質問紙による外傷・障害に対する調査を行い，国内トップレベルの大学生・社会人選手とボクシング競技の初心者である高校生選手との間で腰痛の既往を比較・検討する．

#### 【研究課題2】

ボクシングの上級者である大学生のアマチュアボクシング選手を対象とし，自覚的な腰痛の有無に関する調査を行う．さらに腰痛のある選手と腰痛のない選手の間で体幹筋力，体幹筋断面積，腰椎画像所見，関節可動域や筋柔軟性などの身体特性に相違があるかどうかを検討する．

#### 【研究課題3】

ボクシング経験者と未経験者の間でボクシング動作に違いがあるかどうかを検討するため，両群を対象にボクシング動作を行わせ，その際の体幹挙動と体幹筋活動を比較・検討する．

##### （研究課題3-1）

ボクシングにおいて最も多く用いられているボクシング攻撃動作であるストレートパンチ動作時の体幹挙動および体幹筋活動を検討する．

##### （研究課題3-2）

ボクシングの防御動作において最も体幹の動作を伴う防御動作である，スウェイイング動作時の体幹挙動および体幹筋活動を検討する．

## 第 2 章

### 〔研究課題 1〕 アマチュアボクシング選手の外傷・障害調査

#### 第 1 節 背景・目的

ボクシング選手を対象とした外傷・障害調査は頭部外傷の発生状況を中心にアメリカ合衆国 (Bledsoe et al., 2005; Jordan et al., 1990), オーストラリア (Zazryn et al., 2003; 2006), イギリス (Richard & Butler, 1994) などで行われている。我が国においても頭部の外傷・障害に関する調査ではプロボクシング選手 (谷ら, 2002; Oohashi et al., 2002) やアマチュアボクシング選手 (関野ら, 1996) を対象に行われているものの, アマチュアボクシング選手を対象とした全身の外傷・障害, さらには腰痛の既往を中心に検討している報告は少ない。本章ではアマチュアボクシング選手に対してアンケートを行い, 日本のトップレベルの選手と競技歴の短い高校生選手にわけて, 腰痛に着目し, 全身の外傷・障害および頭部にパンチを受けた影響を調査することを目的とした。



## 第 2 節 方法

### 1. 対象

アマチュアボクシングの全国大会に出場経験のある大学生以上の選手(以下, シニア) 157 名と千葉県内の高校ボクシング部 (6 校) に所属する選手 (以下, ジュニア) 66 名の計 223 名を対象とし, ボクシングを開始してから現在までの外傷・障害に関する自記式のアンケート用紙を配布した. シニアの内訳はアマチュアボクシング日本代表選手 (以下, 日本代表選手) 18 名, 2006 年度全日本アマチュアボクシング選手権大会出場選手 (以下, 全日本選手) 91 名, 関東大学ボクシングリーグ所属大学選手 (3 大学) 39 名, 社会人選手 9 名であり, 調査が重複した選手がみられた場合には回収したアンケート用紙のうち最新のものを集計した.

### 2. アンケート調査用紙

#### 1) アンケート調査内容

(1) 現在までにボクシングが原因で練習, 試合などに支障をきたした外傷・障害の経験を各項目から選択させた(複数回答可). またボクシングの競技年数(年月), 1 日あたりの総練習時間, 1 週間あたりの練習日数, 年間の平均試合数を調査した. 1 ヶ月を 4 週, 年間を 50 週として, ボクシングに参加している総時間数を概算し, これまでの外傷・障害を経験した件数から 1000 時間あたりの外傷・障害発生件数を求めた (Zazryn et al., 2006).

(2) 現在までに試合および練習中に頭部にパンチを受けてノックアウト (Knockout: 以下, KO) した経験に関する質問 (Oohashi et al., 2002) に回答させた. なお KO は試合および練習でパンチを受けたことにより倒れる, または一時的に競技継続不能となる状態とし, 練習中では自己判断や指導者によ

る中止を含むこととした。結果はボクシングにおいて直接打撃を加えるもしくは打撃が加わる部位をコンタクト部位，それ以外の部位を非コンタクト部位として示した。

## 2) 調査期間

2006年5月～2007年2月とした。

## 3) 調査方法

シニアは調査者が各会場を訪問し，書面でのインフォームドコンセントを得たあとに，アンケート用紙に記入させた。ジュニアは調査者が各高等学校ボクシング部の監督および選手に対し書面でのインフォームドコンセントを得たあとに，アンケート用紙を配布し，記入後郵送により回収した。本研究を行うに際し，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。

## 3. 統計処理

各質問項目に対して単純集計を行った。対象者の身体特性については対応のない t 検定，KO された経験のある人数および KO 経験の詳細については  $\chi^2$  検定，いつ KO されたかについては Mann-Whitney's U 検定を行った。有意水準は 5% とし，5% から 10% の間を傾向ありとした。

### 第3節 結果

#### 1. 回収率・身体特性

シニアは 114 名（内訳：日本代表選手 9 名，全日本選手 68 名，関東大学ボクシングリーグ所属大学選手 29 名，社会人選手 8 名），ジュニアは 56 名の計 170 名からアンケート用紙を回収した。回収率は 76.2%であった。対象選手の身体特性では体重，年齢，競技年数で有意な差を認めた（Table II-1）。

Table II-1 対象者の身体特性

	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (year)	競技年数 (year)
シニア	170.6±6.6	61.5±7.5*	20.3±1.7*	5.6±2.1*
ジュニア	168.7±5.3	58.1±7.2	16.8±0.9	1.6±1.9

\*:シニアvsジュニア p<0.05

#### 2. ボクシングで起きた外傷・障害と 1000 時間あたりの外傷・障害発生件数

Table II-2 に外傷・障害調査結果を示した。シニアの外傷・障害の合計は 288 件/114 名であり，選手 1 人あたりの外傷・障害件数は平均 2.5 件（傷害件数の範囲は 0-10 件）であった。コンタクト部位の外傷・障害部位では手指 42.1%，鼻 36.8%，口・歯・舌 19.3%，眼 19.3%に多くみられた。非コンタクト部位の外傷・障害部位では手関節 23.7%，腰部 17.5%に多くみられた。

ジュニアの外傷・障害の合計は 137 件/56 名であり，選手 1 人あたりの外傷・障害件数は平均 2.4 件（傷害件数の範囲は 0-10 件）であった。コンタクト部位の外傷・障害では手指 30.4%，眼 26.8%，口・歯・舌 25.0%，鼻 21.4%に多くみられた。非コンタクト部位の外傷・障害では腰部 28.6%，手関節 19.6%に多

くみられた。またジュニアでは頭部の外傷・障害の既往を有する者が 12.5%にみられた。

1000 時間あたりの外傷・障害発生件数はシニアは 2 名の未記入者を除いた 112 名，ジュニアは 4 名の未記入者を除いた 52 名より求めた。シニアは 0.9 件/1000 時間，ジュニアは 3.3 件/1000 時間であり，ジュニアの方が 1000 時間あたりの外傷・障害発生件数は多かった。

Table II-2 外傷・障害数（複数回答）および1000時間あたりの外傷・障害発生件数

コンタクト部位	シニア	ジュニア
手指	48 (42.1)	17 (30.4)
鼻	42 (36.8)	12 (21.4)
口・歯・舌	22 (19.3)	14 (25.0)
眼	22 (19.3)	15 (26.8)
耳	19 (16.7)	3 (5.4)
頭部	4 (3.5)	7 (12.5)
非コンタクト部位	シニア	ジュニア
腰部	20 (17.5)	16 (28.6)
手関節	27 (23.7)	11 (19.6)
足関節	15 (13.2)	4 (7.1)
肘関節	15 (13.2)	5 (8.9)
頸部	12 (10.5)	7 (12.5)
膝関節	12 (10.5)	5 (8.9)
足部	11 (9.6)	9 (16.1)
肩関節・鎖骨・肩甲部	10 (8.8)	5 (8.9)
胸部	3 (2.6)	1 (0.7)
その他	6 (5.3)	7 (12.5)
合計	288	137

値は人数、カッコ内は%を示す。ただし外傷・障害発生件数は除くシニア・ジュニアともに外傷・障害の多かった順に示す。

シニア：%は傷害部位の対象者総数（114名）との割合を示す。

その他には上腕・前腕・腹部・胃腸消化器系・精神的問題・その他が各1名（0.9%）ずつ含まれる。

ジュニア：%は傷害部位の対象者総数（56名）との割合を示す。

その他には上腕・前腕・下腿・精神的問題・その他・骨盤が各1名（0.7%）ずつ含まれる。

シニアの外傷・障害発生件数 (n=112)	0.9 (件/1000 時間)
ジュニアの外傷・障害発生件数 (n=52)	3.3 (件/1000 時間)

### 3. KOされた経験の有無

Table II-3 にシニアおよびジュニアの KO 経験の有無を示した。KO 経験のある選手はシニアが 33 名 (28.9%)、ジュニアが 14 名 (25.0%) であり、両群間に有意差はなかった ( $p=0.63$ )。

Table II-4 にシニアおよびジュニアの KO 経験の発生時期を示した。シニアは試合中 (72.7%) に多く、ジュニアでは練習中 (85.7%) に多く、両群間で発生時期が異なる傾向を認めた ( $p=0.09$ )。

Table II-5 に KO 経験の詳細を示した。シニアは KO に至ったパンチが 1 発のパンチによるものが多かった (87.9%)。ジュニアではシニアよりも 1 発のパンチによるものが有意に少なく (57.1%)、複数のパンチによるものが 42.9%と有意に多くみられていた ( $p=0.008$ )。症状の継続期間ではシニアでは 1 週間以内に消失したものが 3 名であり、ジュニアでは 1 週間以上続いたものが 1 名、1 週間以内に消失したものが計 4 名とシニアよりも症状が継続していた。

Table II-3 KOされた経験のある人数

	ある	ない	合計
シニア	33 (28.9)	81 (71.1)	114 (100)
ジュニア	14 (25.0)	41 (73.2)	55 (98.2)

値は人数、カッコ内は%を示す。ジュニアのうち1名は未記入。

シニアvsジュニア  $p=0.63$

Table II-4 KOの発生時期

	試合中	練習中	いずれも	合計
シニア	19 (57.6)	8 (24.2)	5 (15.1)	32 (97.0)
ジュニア	2 (14.3)	12 (85.7)	0	14 (100)

値は人数、カッコ内は%を示す。シニアのうち1名は未記入。

シニアvsジュニア p=0.09

Table II-5 KO経験の詳細

	1発のパンチによる		複数のパンチによる	
	シニア †	ジュニア	シニア †	ジュニア
	29 (87.9)	8 (57.1)	3 (9.1)	6 (42.9)
1週間以上症状があった	0	1	0	0
1週間以内に症状が消失	3	2	0	2
当日に症状が消失	6	1	1	1
症状なし	0	4	0	3
未記入	20	0	2	0

値は人数、カッコ内は%を示す。

シニアのうち1名は未記入。カッコ内の%はシニア・ジュニアそれぞれのKOされた数からの割合を示す。

†:シニアvsジュニア p<0.01

## 第 4 節 考察

### 1. ボクシングで起きた外傷・障害

結果から、外傷・障害発生件数はシニアでは 0.9 件/1000 時間、ジュニアは 3.3 件/1000 時間であり、ジュニアの方が外傷・障害発生件数はシニアの約 3 倍であった。Zazryn et al. (2006) はアマ選手とプロ選手を 2 年間にわたり前向きに調査した結果、ボクシングの練習と試合を合わせた 1000 時間あたりアマ選手で 1.0 件、プロ選手で 4.4 件、合わせて 2.0 件の外傷・障害が発生していたとしている。本結果から、シニアは Zazryn et al. (2006) のアマ選手と同様の結果を示していたが、ジュニアはプロ選手よりもやや少ない程度の外傷・障害発生件数であった。アマチュアボクシング現場では、早急にジュニア選手の安全対策をはかる必要がある。

ボクシングが原因で起こった外傷・障害はコンタクト部位である手部、顔面部に多くみられていた。これまでの報告からもボクシング選手の外傷や障害では上肢（手部）の打撲や骨折、顔面部の裂傷や眼窩底骨折などが多いと報告されており (Bledsoe et al., 2005; Jordan et al., 1990; Zazryn et al., 2003; Zazryn et al., 2006)、本調査でも同様の結果であった。

### 2. ボクシングで起きた非コンタクト部位の外傷・障害

非コンタクト部位の外傷・障害は腰部（シニア 17.5%、ジュニア 28.6%）に多かった。特にジュニアでは全体で 2 番目に多い結果であった。ジュニアは高校生すなわち成長期の世代であり、成長期の腰痛者には脊椎分離症が多いことが報告されている (Stinson, 1993)。日本においてボクシングを始める時期は、ボクシング競技が日本中学校体育連盟に所属していないことや、安全性に関する配慮から、高校に入学以降がほとんどである。この点からジュニア選手の腰痛の原因は脊椎分離症とともに、成長期に 2 番目に多いといわれる腰痛の種類

である過度の脊椎前弯による腰痛 (d'Hemecourt et al., 2000; Micheli et al., 1995)・筋の過緊張による腰痛が多いと推察される。脊椎前弯や脊椎の過度の前弯が原因となる腰痛は、成長スパートの時期では軸骨格である椎骨自体の成長のほうが筋や靭帯、筋膜といった軟部組織の成長よりも早い為、胸腰部の筋膜や軟部組織が成長についていけず、病理学的な組織の過緊張が起こり、脊椎自体に負荷がかかり、腰痛が発症するとされる (d'Hemecourt et al., 2000)。特にジュニアにおいては筋の過緊張による腰痛に対する対策が必要になると考えられた。また、Jordan et al. (1990) は全米オリンピックセンターにおいて全米を代表するアマチュアボクシング選手 (対象者の年齢は不明) に対する練習時外傷・障害調査の中で背部痛 (腰痛を含む) は 6.9% と報告している。Zazryn et al. (2003) は 16 年間のプロボクシング試合時 (対象年齢は 27.3 歳) における外傷・障害の調査の中で体幹 (腰痛を含む) は 0.9% と報告している。このように調査方法に違いがあるものの、腰部の外傷・障害は海外では本研究と比較して少ない。我が国ではボクシング選手の 22% に脊椎分離症がみられたという報告 (秋本ら, 1980) がみられている。スポーツ全体でみても腰痛の発生割合は 1% から 30% 以上 (Videman et al., 1995; Hickey et al., 1997; Granhed et al., 1988) と様々であり、スポーツの種類や性別、練習強度、練習頻度、技術により影響を受けると考えられる (Dreisinger et al., 1996; Kujala et al., 1999; Johnson et al., 2001)。

Wallace et al. (2000) はボクシングのパンチ動作に関する研究において、ボクシングで最も多く使われるパンチであるストレートパンチ動作は、全身の筋が関与しており (Smith et al., 2000)、足関節の底屈、膝関節と股関節の伸展、体幹の回旋、肩関節の屈曲および肘関節の伸展が組み合わされた一つの動作として起こり、上肢筋の貢献度は 24%、体幹筋が 37%、下肢筋が 39% であると報告している。この様にボクシングのパンチ動作では体幹の回旋動作を伴うため腰部への負荷が生じることが腰痛を引き起こす原因のひとつと考えられる。



### 3. 頭部に受けたパンチによる KO 経験数と症状

KO 経験のある選手はシニア (28.9%), ジュニア (25.5%) 間で差は認めなかった。日本のプロボクシング選手の試合時における KO 経験率は 60.2%であると報告されており (Ohhashi et al., 2002), プロボクシング選手に比較するとアマチュアボクシング選手は KO の経験は少なかった。KO された時期はシニアでは試合中 (72.7%) に, ジュニアでは練習中 (85.7%) に多く, シニアとジュニアで違いが認められた。KO 経験の詳細においてシニアは 1 発のパンチによるものが 87.9%と多く, ジュニアは複数のパンチによるものが 42.9%と多かった。関野ら (1996) は日本のアマチュアボクシング選手におきた急性脳損傷の 55.9%が練習中に発症したと報告している。これはアマチュアボクシングにおいてスパーリング (試合形式で打ち合う実践練習) を中止させるタイミングが難しい現実を表していると推察される。ジュニアではルール上 (日本アマチュアボクシング連盟, 1992), そして安全面から指導者がスパーリングを早めに中止していると考えられ, これがジュニアの練習時における KO 経験の多さにつながっている可能性がある。

## 第5節 まとめ

本研究課題では、アマチュアボクシング選手，計 170 名にボクシングによる外傷・障害および KO 経験に関するアンケート調査を行った。

1. 外傷・障害発生件数はシニアよりも，ジュニアに多く，さらにジュニアは手部について，2 番目に腰部の外傷・障害が多かった。
2. 日本のボクシング選手における腰部の外傷・障害は海外の選手に比べ多く，ボクシングの熟練者であるシニアよりも，初心者であるジュニアに多いことがわかった。
3. KO された時期はシニアでは試合中に多く，ジュニアでは練習中に多く，シニア・ジュニアともに脳振盪に関連すると考えられる症状がみられていた。

## 第 3 章

### 〔研究課題 2〕 大学ボクシング選手の腰痛と身体特性の検討

#### 第 1 節 背景・目的

研究課題 1 では、シニア選手よりもジュニア選手に、腰痛の既往のある者が多いことがわかった。アマチュアボクシング競技では高校入学後に競技を開始するものが多いことから、ジュニアである高校生は技術的に初心者が多い。そのためボクシング技術のレベルの違いが、腰痛の発症に関連する可能性がある。しかし、シニア選手の中にも腰痛を訴える選手は存在しており、その腰痛を抱えながら練習を行っているものがみられているのも事実である。シニアレベルでボクシングによる腰痛を持つ選手は、技術レベルのほかに、腰痛のない選手に比べ何らかの影響（原因もしくは結果）が現れていることが予想される。本章ではシニア選手である大学ボクシング選手を自覚的な腰痛の有無により腰痛あり群と腰痛なし群に分け、体幹筋力、筋量、関節および筋柔軟性等を比較することで、ボクシング選手における腰痛の特徴を検討することを目的とした。

## 第 2 節 方法

### 1. 対象

大学ボクシング部に所属する男性選手 18 名（身長  $167.4\pm 5.2\text{cm}$ ，体重  $57.9\pm 6.7\text{kg}$ ，年齢  $20.4\pm 1.1$  歳，競技歴  $4.4\pm 1.1$  年）を対象とした．本研究を行うに際し，筑波大学人間総合科学研究科倫理委員会の承認を得て，対象者には文書と口頭による実験内容の十分な説明を行った後，文書により同意を得た．

### 2. 腰痛の有無の判定

腰痛の有無の判定は自覚的な腰痛の有無により分類した．腰痛の定義は過去 1 ヶ月間において，第 2・3 腰椎から殿部にかけての痛み（腰殿部の位置は図示）が 24 時間以上続く腰痛（福原ら，2003）とした．自覚的な痛みの程度は Visual Analogue Scale（以下，VAS）により評価した．

また腰痛特異的 QOL 尺度である Roland-Morris Disability Questionnaire 日本語版（福原ら，2003）（以下，RDQ）および，日本整形外科学会：腰痛治療成績判定基準（日本整形外科学会，1986）（以下，JOA スコア）の腰痛に関する 2 種類の調査を行った．痛みが強く通常の練習が行えない者，および急性の腰痛で痛みが強く通常の練習メニューを実施するのが困難な者は除外した．腰痛を有する選手を腰痛あり群，腰痛がない選手を腰痛なし群とした．

### 3. 測定項目

#### 1) 等速性体幹屈曲・伸展最大筋力

Biodex System 2（Biodex Medical Systems 社製）により体幹の屈曲・伸展の最大随意筋力の測定を行った．測定可動域は伸展  $0^\circ$  から屈曲  $60^\circ$  までとし，

測定肢位は股関節と膝関節を軽度屈曲位にした坐位で，運動の回転軸を第5腰椎・第1仙椎間レベルに設定した．角速度 60・90・120deg/sec の等速性運動における屈曲と伸展動作を各角速度で数回練習した後，測定を3回実施しピークトルクを求めた．また屈曲のピークトルク値に対する伸展のピークトルク比を伸展/屈曲比（以下，E/F比）として算出した（FigureIII-1）．



FigureIII-1 等速性体幹屈曲・伸展筋力測定風景

## 2) 等速性体幹回旋最大筋力

Biodex System 3（Biodex Medical Systems 社製）により体幹回旋の最大随意筋力の測定を行った．測定可動域は左 60° から右 60° までとし，測定肢位は股関節と膝関節をそれぞれ 90° 屈曲位にした坐位で，運動の回転軸を体幹軸に設定し骨盤と上体を固定した．回旋動作は右回旋から実施し，終了後直ちに左回旋を実施する形で行った．角速度 60・90・120 deg/sec の等速性運動にお

ける回旋動作を各角速度にて数回練習した後，測定を3回実施しピークトルクを求めた（FigureIII-2）。



FigureIII-2 等速性体幹回旋筋力測定風景

### 3) 体幹筋断面積

体幹筋断面像はMRIを用いて実施した。MRIはAIRIS mate（日立メディコ製）で、T1強調像（TR/TE/FA=510/30/90, Matrix=256×160, Thickness=5.0mm, FOV=320mm）にて撮像した。撮像位置は第3腰椎，第4腰椎間の椎間板中央（岩井ら，2002）とし，椎間板に平行な水平断面とした。得られた水平断面像より筋周囲をトレースし，Micro Analyzer ver.1.1d（日本ポラデジタル株式会社製）にて筋断面積を算出した。腹直筋，大腰筋，腰方形筋は境界が明確なためそれぞれの筋断面積を算出した。外腹斜筋と内腹斜筋と腹横筋，脊柱起立筋と多裂筋は筋の境界が明確でないため，それぞれ腹斜筋群，背筋群として算出

した（岩井ら, 2002）. 腹直筋, 腹斜筋群, 大腰筋を体幹屈筋群とし, 腰方形筋と背筋群を体幹伸筋群とした. また体幹屈筋群の面積に対する体幹伸筋群の面積の比を伸筋群面積/屈筋群面積比（以下, E/F 比）として算出した.

#### 4) X線撮影, MRI撮像による画像診断

X線撮影は通常, 腰椎の検査に用いられる4方向（正面像, 側面像, 左斜位像, 右斜位像）で撮影し, 腰椎の傷害の程度を評価した. またMRI T2強調画像により腰椎矢状断画像を撮影し, Pfirrmannの分類に基づき, 腰椎椎間板の変性の有無等々を評価した（Pfirrmann et al., 2001）. X線写真およびMRI画像の読影は臨床経験が豊富な整形外科医が実施した.

#### 5) 胸腰椎の自動関節可動域

腰痛の有無による胸腰椎の可動性を検討するため, 胸腰椎の自動可動域の測定を行った. 関節角度の測定には関節角度計（東大式）を用いた. 測定はすべて坐位にて行い, 屈曲, 伸展, 側屈, 回旋の各方向について日本リハビリテーション医学会認定の関節可動域測定法（日本整形外科学会, 日本リハビリテーション医学会, 1985）に基づいて測定した.

#### 6) General Joint Laxity Test (Looseness test)

各関節の弛緩性を評価するため, 中嶋の方法（中嶋, 1985）により, 全身の6大関節（手関節, 肘関節, 肩関節, 股関節, 膝関節, 足関節）+脊柱の合計7箇所General Joint Laxity Testを実施した. これらが基準の可動域以上に達した場合, 各関節につきプラス1点とし, 計7点満点で合計点を算出した.

#### 7) Muscle Tightness Test

筋腱の緊張度を評価するため, 中嶋の方法（中嶋, 1984）による下腿三頭筋（立位膝伸展位での足関節最大背屈角度）, 大腿屈筋（大腿伸展挙上検査:

Straight Leg Raising test, 以下, SLR), 傍脊柱筋 (立位体前屈), 腸腰筋 (仰臥位による膝抱え姿勢での床から膝窩までの距離), 大腿四頭筋 (伏臥位での踵部殿部間距離) の計 5 箇所を測定した.

#### 8) 立位体前屈

腰部起立筋および殿部から大腿後側筋群の柔軟性を評価するため, 立位体前屈を測定した. 測定にはシットアンドリーチ (竹井機器工業株式会社製) を用いた. 測定方法は旧文部省スポーツテストの体力診断テストの方法に従い (浅見, 1990), 測定は 1 回とした. 値は地面よりも上部の場合をマイナス, 地面よりも下部の場合をプラスで表示した.

#### 9) 各測定項目の左右差

身体の左右側での結果の違いを検討するため, 胸腰椎の自動関節可動域の側屈および回旋可動域, Muscle Tightness Test の下腿三頭筋, 腸腰筋, 大腿四頭筋, SLR の 6 項目について左右差を求め, 2 群間で検討した.

### 4. 統計処理

腰痛あり群, 腰痛なし群間での測定値の比較に対して対応のない t 検定を用いた. 有意水準は 5% とした. 統計ソフトは Dr. SPSS II (SPSS 社製, 東京) を用いた.



### 第3節 結果

#### 1. 対象者の腰痛の有無 (TableIII-1)

対象者 18 名のうち、腰痛あり群は 8 名 (44.4%)、身長 166.1±5.5cm、体重 55.8±4.5kg、年齢 20.3±1.3 歳、競技歴 4.3±1.3 年、腰痛なし群は 10 名 (55.6%)、身長 168.5±5.0cm、体重 59.6±7.8kg、年齢 20.5±1.1 歳、競技歴 4.5±1.1 年であり、以上のすべての項目で 2 群間に有意差はなかった。

VAS は腰痛あり群が 22.4±17.1mm、腰痛なし群は 0mm であった。RDQ は腰痛あり群が 0.75±1.0 点、腰痛なし群が 0.1±0.3 点であった (p=0.08)。JOA スコアは腰痛あり群が 24.9±3.8 点、腰痛なし群が 28.2±0.9 点であった (p=0.04)。以上より JOA スコアは 2 群間に有意差が認められた。

TableIII-1 対象者の身体特性

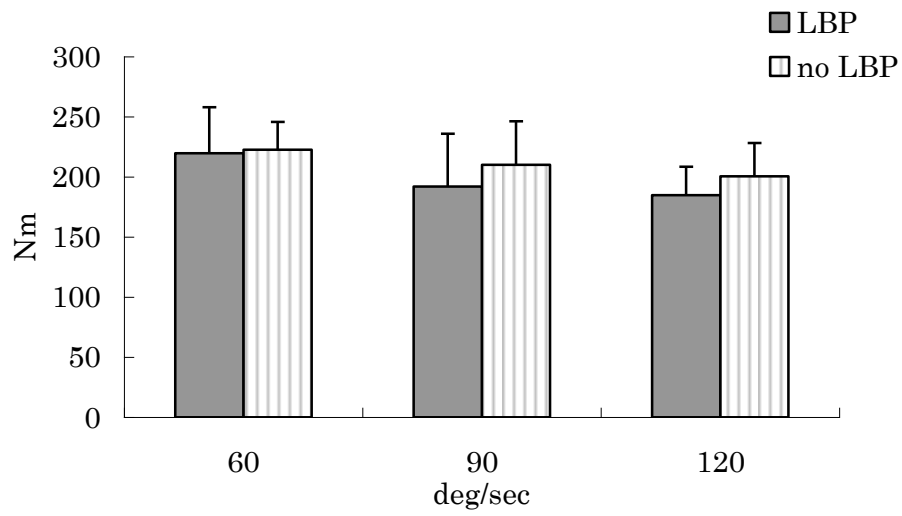
	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (歳)	競技歴 (年)
腰痛あり群 (n=8)	166.1±5.5	55.8±4.5	20.3±1.3	4.3±1.3
腰痛なし群 (n=10)	168.5±5	59.6±7.8	20.5±1.1	4.5±1.1

(mean±SD)

#### 2. 等速性体幹屈曲・伸展最大筋力

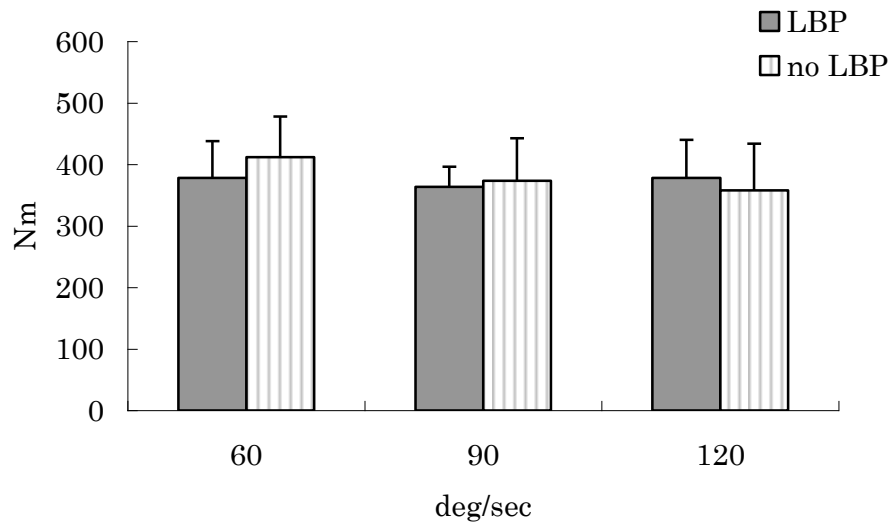
体幹屈曲最大筋力は 60deg/sec・90 deg/sec・120deg/sec のいずれも腰痛なし群が高値を示したが、2 群間に有意差はなかった (FigureIII-3)。

体幹伸展最大筋力は 60deg/sec・90 deg/sec で腰痛なし群が高値を示し、120deg/sec で腰痛あり群が高値を示したが、2 群間に有意差はなかった (Figure III-4)。



FigureIII-3 体幹屈曲筋力

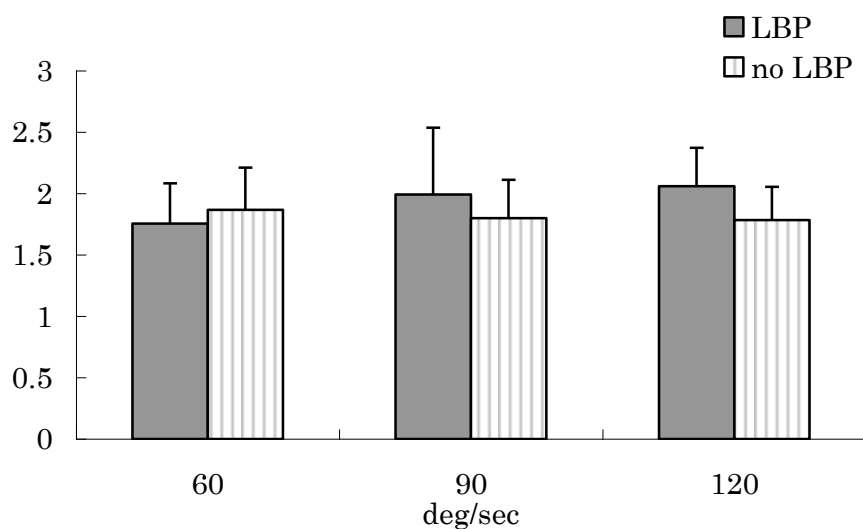
※ LBP : 腰痛あり群, no LBP : 腰痛なし群



FigureIII-4 体幹伸展筋力

※ LBP : 腰痛あり群, no LBP : 腰痛なし群

E/F 比の結果，60deg/sec では腰痛なし群が高値を示したが，90deg/sec・120deg/sec では腰痛あり群が高値を示した．腰痛なし群では角速度が速くなるに従い，E/F 比は低下したが，腰痛あり群では増大した．しかし E/F 比は 2 群間に有意差はなかった (FigureIII-5)．

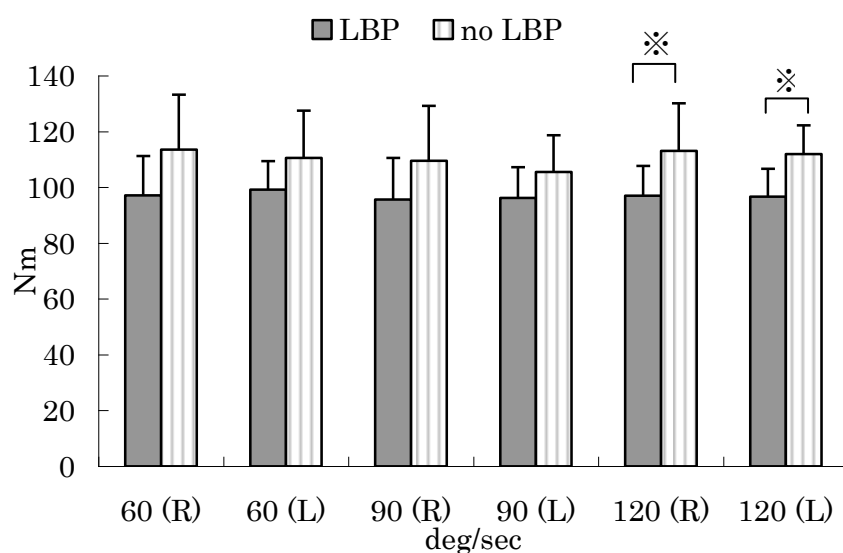


FigureIII-5 伸展／屈曲比 (E/F比)

※ LBP：腰痛あり群，no LBP：腰痛なし群

### 3. 等速性体幹回旋最大筋力 (FigureIII-6)

体幹回旋最大筋力の結果,すべての角速度で腰痛なし群が高値を示していた. 60deg/secの右回旋および左回旋, 90 deg/secの右回旋および左回旋では有意差はみられなかったが, 120deg/secの右回旋(腰痛なし群: 113.1Nm, 腰痛あり群: 97.0Nm,  $p=0.03$ )および左回旋(腰痛なし群: 111.9Nm, 腰痛あり群: 96.7Nm,  $p=0.006$ )では2群間に有意差が認められた.



FigureIII-6 体幹回旋筋力

※ LBP: 腰痛あり群, no LBP: 腰痛なし群

※  $p<0.05$

#### 4. 体幹筋断面積 (TableIII-2)

体幹筋断面積の結果，脊柱起立筋を除く4筋（腹直筋，腹斜筋群，大腰筋，腰方形筋）で腰痛なし群が腰痛あり群に比べて高値を示し，筋断面積が大きかった．しかしながら腰痛なし群，腰痛あり群間には有意差はなかった．同様にE/F比も2群間には有意差はなかった．

TableIII-2 体幹筋断面積結果

	腰痛あり群 (n=8)	腰痛なし群 (n=9)
腹直筋 (mm <sup>2</sup> /kg)	22.3±2.9	22.1±2.4
腹斜筋 (mm <sup>2</sup> /kg)	81.8±9.0	82.2±8.1
大腰筋 (mm <sup>2</sup> /kg)	30.1±7.4	34.9±6.6
腰方形筋 (mm <sup>2</sup> /kg)	27.8±6.0	28.5±5.2
起立筋 (mm <sup>2</sup> /kg)	82.0±7.5	73.7±10.5
E/F比	0.82±0.11	0.74±0.12

(mean±SD)

## 5. X線撮影, MRI撮像による画像診断 (TableIII-3)

X線写真所見の結果, 腰椎椎弓根間部に分離所見 (以下, 腰椎分離所見) が腰痛あり群では8名中4名 (50%), 腰痛なし群では10名中1名 (10%) にみられた。また腰痛なし群には10名中3名 (30%) に椎間狭小化がみられていたが腰痛あり群にはみられなかった。

MRI画像所見の結果, 腰痛なし群では10名中5名 (50%) に椎間板の膨隆もしくは脱出がみられた。腰痛あり群では8名中1名 (12.5%) に椎間板の膨隆がみられた。

TableIII-3 画像所見結果

	全体	画像異常 なし	画像異常 あり	画像異常の内訳 (重複を含む)			
				腰椎分離症	椎間狭小化	椎間板変性	腰椎椎間板 ヘルニア
腰痛あり群(人)	8	4	4	4	0	1	1
腰痛なし群(人)	10	5	5	1	3	5	5
合計 (人)	18	9	9	5	3	6	6

※健常群はX線撮影者は10名、MRI撮像者は9名

## 6. 関節可動域, General Joint Laxity Test, Muscle Tightness Test (Table III-4)

胸腰椎の自動関節可動域測定の結果, 屈曲, 伸展, 左右回旋, 左右側屈のすべての可動域で腰痛あり群が腰痛なし群よりも高値を示したが, 2群間に有意差はなかった。

General Joint Laxity Testの結果, 関節可動域同様, 腰痛あり群が腰痛なし群よりも高値を示したが, 2群間に有意差はなかった。

Muscle Tightness Test の結果，足関節背屈可動域は左右ともに腰痛なし群が高値を示した．SLR は左右ともに腰痛あり群が高値を示した．腸腰筋は左右ともに腰痛あり群が低値を示した．大腿四頭筋は左右ともに腰痛あり群が低値を示した．しかしながらすべての値で腰痛あり群，腰痛なし群間には有意差はなかった．

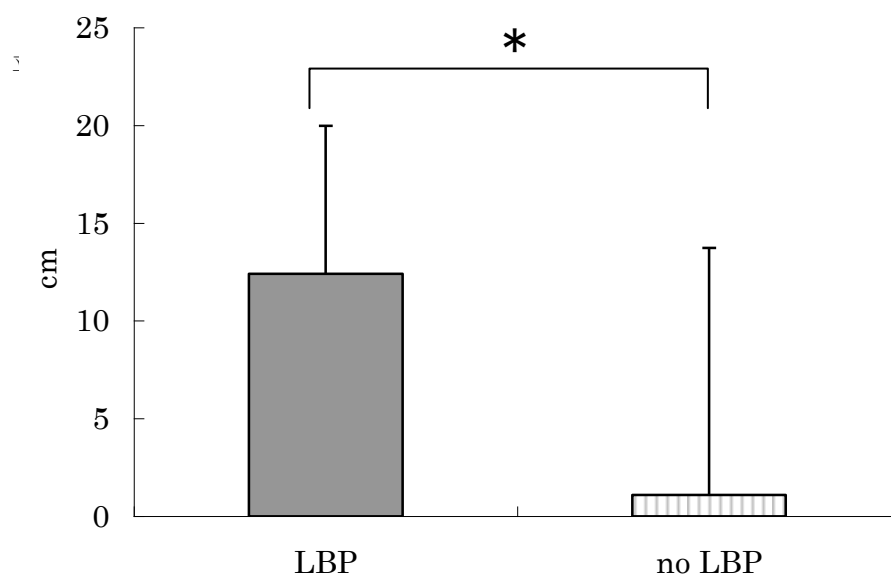
TableIII-4 胸腰椎関節可動域，General Joint Laxity Test，Muscle Tightness Test の結果

	腰痛あり群 (n=8)	腰痛なし群 (n=10)
屈曲 (°)	75.6±10.2	68.0±17.2
伸展 (°)	30.6±5.6	29.5±7.2
右回旋 (°)	61.3±5.8	63.5±15.6
左回旋 (°)	55.6±9.8	60.5±12.8
右側屈 (°)	28.8±7.9	25.0±5.8
左側屈 (°)	30.0±8.0	26.0±3.2
General Joint Laxity Test (点)	3.3±1.0	2.6±0.7
右足関節背屈可動域 (°)	54.4±4.2	57.5±4.9
左足関節背屈可動域 (°)	55.6±5.6	58.5±4.1
右SLR (°)	103.8±19.2	87.0±16.9
左SLR (°)	101.3±15.8	87.5±14.6
右股関節内旋可動域 (°)	55.6±10.2	50.0±9.4
左股関節内旋可動域 (°)	50.0±13.9	51.0±7.0
右床膝窩間距離 (cm)	3.9±1.4	4.6±1.4
左床膝窩間距離 (cm)	4.1±1.7	4.7±1.8
右臀踵間距離 (cm)	0.2±0.6	2.6±4.1
左殿踵間距離 (cm)	0.6±1.1	1.6±2.4

(mean±SD)

## 7. 立位体前屈 (FigureIII-7)

立位体前屈の結果，腰痛あり群の方が腰痛なし群よりも高値を示し，2 群間に有意差が認められた ( $p=0.04$ )。



FigureIII-7 立位体前屈の結果

※ LBP：腰痛あり群，no LBP：腰痛なし群

\* :  $p<0.05$

## 8. 各測定項目の左右差

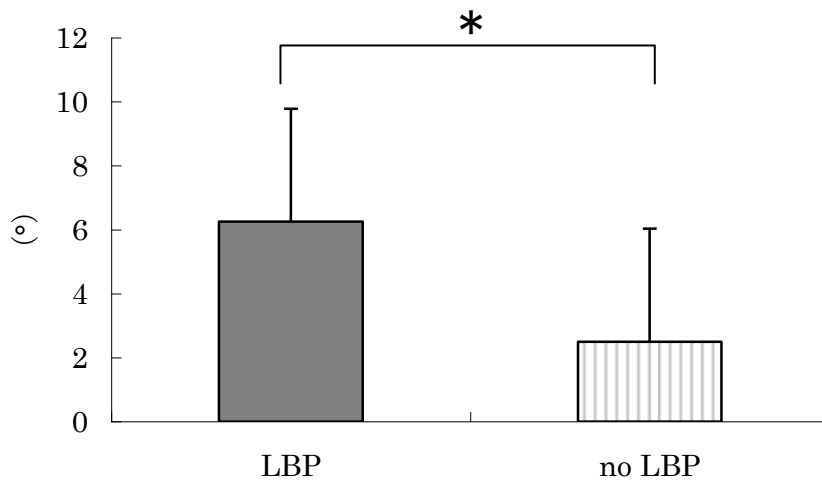
体幹側屈可動域，体幹回旋可動域，下腿三頭筋，腸腰筋，大腿四頭筋それぞれの左右差において2 群間に有意差はなかった (TableIII-5)。SLR の左右差において2 群間に有意差が認められ，腰痛あり群の方が左右差は大きかった (FigureIII-8)。



TableIII-5 各測定項目の左右差

	腰痛あり群 (n=8)	腰痛なし群 (n=10)
体幹回旋可動域 (°)	6.9±4.6	9.0±8.8
体幹側屈可動域 (°)	2.5±3.8	4.0±2.1
足関節背屈可動域 (°)	2.5±3.8	4.0±3.9
股関節内旋可動域 (°)	6.9±5.3	6.0±6.1
腸腰筋テスト (cm)	0.5±0.5	0.8±0.7
臀踵間距離 (cm)	0.4±0.8	1.3±2.4

(mean±SD)



FigureIII-8 SLRの左右差

※ LBP : 腰痛あり群, no LBP : 腰痛なし群

\* : p<0.05

## 第 4 節 考察

### 1. 対象者の腰痛と画像所見について

本研究では自覚的な腰痛の有無で腰痛あり群と腰痛なし群に分類した。評価は国際的に広く利用されている疾患（症状）特異的 QOL 尺度である RDQ と日本国内で広く用いられている JOA スコアの 2 種類を用いた。RDQ は腰痛による日常生活動作（以下、ADL）の障害を患者自身が評価する尺度である（福原ら、2003）。JOA スコアは日本整形外科学会で作られた腰痛疾患治療成績判定基準であり、自覚症状・他覚症状・ADL・膀胱機能からなる（日本整形外科学会、1986）。対象者であるボクシング選手のうち腰痛あり群は、腰痛はあるものの練習のできている選手のため、ADL を評価する RDQ では有意差がみられなかったものの、腰痛の症状を評価する JOA スコアでは有意差がみられたと考えられる。

ボクシング選手の腰痛に関する研究では Jordan et al. (1990) が腰背部痛者の割合を 6.9% と報告している。小林ら (1975) はアジア大会出場選手を対象にした調査の中でボクシング選手 6 名中 3 名 (50%) に腰椎分離症がみられ、市川ら (1975) はボクシング選手 50 名を対象にした調査の中で 11 名 (22%) に腰椎分離症がみられたと報告している。本研究では腰痛あり群が 8 名 (44.4%) であり、ボクシング選手にも腰痛がみられていることが示された。画像所見の結果、腰椎分離所見は腰痛あり群で 4 名 (50%)、腰痛なし群で 1 名 (10%) にみられ、腰痛あり群に多かった。秋本ら (1980) は 10～15 歳の発育期において、スポーツ群の方が非スポーツ群に比べて有意に脊椎分離症の発症率が高いことを報告している。本研究の対象者は大学生であり、腰椎分離所見が大学でのボクシング活動により起こったとは考えにくい。Stinson (1993) は腰椎分離症は 5 歳から 10 歳の子供にみられ、腰椎の伸展および回旋運動が未熟な椎骨に対してリスクになるとしている。Soler et al. (2000) は

3152人のスポーツ選手を対象にした研究において、全体では8.0%に腰椎分離症がみられ、中でも投球競技26.6%、体操17.0%、ボート16.9%で頻度が高かったと報告し、発症機序についてはStinson(1993)と同様の考察を行っている。ボクシングでは攻撃・防御動作の中で体幹の急激な伸展や回旋の動きが要求される(小林ら,1975;豊嶋ら,1993)。その際、固有背筋群に疲労が蓄積し、腰椎の椎間関節に負担がかかることが予想される。そのためボクシングにより腰痛を発症した選手のなかに腰椎分離所見を持つ選手が多かったことが考えられた。

一方、画像所見の結果から腰椎椎間板の膨隆もしくは脱出は腰痛あり群では1名(12.5%)、腰痛なし群では5名(50%)にみられ、腰痛なし群に多かった。Sward et al.(1991)は腰椎椎間板ヘルニアの有病率はアスリートに多く(75%)、非アスリートでも30%以上に存在していたと報告している。一方、Mundt et al.(1993)やLundin et al.(2001)のようにスポーツ活動と腰椎椎間板ヘルニアとの間に明らかな関係は認められないという報告もある。腰痛を経験したことのない一般人を対象にした先行研究でも20代では1/3に椎間板変性がみられていたという報告(Powell et al., 1986)もみられることから、本研究の腰痛なし群に腰椎椎間板変性は多かった結果については、腰痛経験のない一般成人男性と同程度とも考えられ、今後対象者を増やすとともに、対象者の経過を縦断的に研究して行く必要がある。

## 2. 体幹筋力および体幹筋断面積について

腰痛と体幹筋力に関する先行研究において、腰痛のある者は腰痛のない者に比較して体幹筋力が低下していると報告しているものが多い(Mayer et al., 1985; 李ら, 1994; Lee et al., 1995)。また腰痛のある者では体幹の伸展筋力と屈曲筋力では伸展筋力が有意に低下する(Mayer et al., 1985)という報告や角速度が速いほど筋力は低下しやすいとする先行研究(李ら, 1994; 李ら, 1993a)

がある。本研究の結果，腰痛あり群は腰痛なし群に比べ全体的に低値を示す傾向にあったが，有意な差がみられたのは 120deg/sec の体幹右回旋および左回旋のみであった。また体幹伸展筋力は低下していなかったが，体幹屈曲筋力は有意差はなかったものの低下傾向がみられた。体幹回旋の主働筋は背筋よりも腹筋であるという報告（Mayer et al., 1985; 中村ら, 1991）があることから，本研究の対象者の腰痛あり群には体幹屈曲筋群の低下が体幹伸展筋よりも先行して起こっていたことが示唆された。

Thorstenson et al. (1985) は体幹屈曲スピードの増加により，腹斜筋よりも腹直筋活動が相対的に増加することを明らかにした。膝関節の屈曲/伸展の反復運動では運動速度が増加することにより，大腿直筋および外側ハムストリングス（大腿二頭筋）の活動レベルが明らかに増加し，単関節筋である内側広筋，外側広筋の活動レベルは変化しなかった（Richardson & Bullock, 1986）。本研究の結果，120deg/sec の比較的高速度の体幹回旋筋が低下したことは，多関節筋であるグローバル筋の機能が低下していたことが示唆された。

腰痛と体幹筋断面積計測に関する先行研究で Tracy et al. (1989) は腰痛のない男性と腰痛のある男性で第 2・3 腰椎椎間板レベルから第 5 腰椎・第 1 仙椎椎間板レベルでの体幹筋断面積を比較した結果，差はなかったと報告している。また李ら (1993b) は腰痛のない男女群と過去に腰痛で医師受診歴のある男女群の第 3・4 腰椎椎間板レベルでの体幹筋断面積を MRI にて比較した結果，腹直筋，腹斜筋，大腰筋で過去に腰痛で医師受診歴のある男女群で有意に低値を示したと報告している。本研究の結果，体幹の屈曲筋群である腹直筋，腹斜筋，大腰筋の断面積は腰痛あり群が腰痛なし群に比べ低値傾向を示した。一方，伸筋群にはほとんど差がなかった。体幹筋力の低下や体幹筋断面積の減少が腰痛の原因か，または腰痛の結果かについては今回の結果だけでは検討できず，今度縦断的に測定していく必要があるが（李ら, 1993b），本研究においては体幹屈筋群の低下が腰痛に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

### 3. その他の測定項目について

胸腰椎の関節可動域, **General Joint Laxity Test**, **Muscle Tightness Test** はアスレティックトレーナーが評価することで選手の状態を把握するのに有用な項目としてメディカルチェック等で用いられている項目である. 小田ら (2002), Mellin (1988) は腰痛患者では健常者に比べて, 下肢や脊椎の筋の柔軟性が乏しいことを報告している. 一方, Nadler et al. (1998) は大学生のスポーツ選手を対象にした研究において, 下肢の関節弛緩性が高い選手の方が, 腰痛になりやすいことを報告している. 本結果から, 腰痛あり群の方が腰痛なし群よりも胸腰椎の側屈可動域や **SLR** 等で高い値がみられ, 特に立位体前屈は腰痛群の方が有意に高値を示し, 柔軟性が高かった. 運動連鎖により足関節や膝関節, 股関節の活動の連携により, 骨盤や脊椎にかかる力が変わるとする Nicolas et al. (1977) らの報告にもあるように, 本研究においても下肢や脊椎の筋の柔軟性や関節の弛緩性が, 腰痛に関与していることが示唆された. 小田ら (2002) は高校ラグビー選手を対象にした研究において, **SLR** の左右差の項目で腰痛あり群に有意に左右差がみられたと報告している. 本研究においても同様の結果が得られ, また有意差はなかったものの股関節の内旋可動域の差も腰痛あり群のほうが大きかったことから, 腰痛発症に下肢筋群の柔軟性の左右差が関与している可能性が示唆された.

## 第 5 節 まとめ

18名の大学ボクシング選手を自覚的な腰痛の有無により，腰痛あり群 8名と腰痛なし群 10名に分け，体幹筋力，筋量，関節および筋柔軟性を検討した．

1. X線による腰椎分離所見が腰痛あり群では 4名（50%），腰痛なし群では 1名（10%），全体では 5名（27.8%）にみられた．MRIによる椎間板の膨隆もしくは脱出所見が腰痛あり群では 1名（12.5%），腰痛なし群では 5名（50%），全体では 6名（33.3%）にみられた．
2. 120deg/sec の体幹回旋最大筋力は右回旋，左回旋ともに腰痛あり群が有意に低値を示し，腰痛なし群より筋力は低下していた．
3. 立位体前屈は腰痛あり群が有意に高値を示し，腰痛なし群より柔軟性が高かった．
4. SLR の左右差は腰痛あり群が有意に高値を示し，腰痛なし群より左右差が大きかった．
5. 腰痛のある大学ボクシング選手は，腰椎分離所見を持つものが多く，さらに腹筋群の筋力低下と腰部・下肢筋群の柔軟性に差がみられることが明らかになった．

## 第 4 章

### 〔研究課題 3〕腰部挙動と体幹筋活動に着目したボクシング動作の検討

#### 研究課題 3-1 ボクシング攻撃動作時の腰部挙動および体幹筋活動の検討

##### 第 1 節 背景・目的

研究課題 2 では、大学ボクシング選手のうち、腰痛のある選手は腹筋群の筋力低下がみられていた。本結果は腰痛の起因となったのか、腰痛の結果として起こっていたのかは不明である。通常、腹筋を十分に強化していると考えられるボクシング選手においても、腰痛のある選手は腰痛のない選手に比べ、 $120\text{deg}/\text{sec}$  という高速度の体幹回旋筋力発揮は十分に行われていなかった。この高速度の体幹回旋動作は、ボクシング動作におけるパンチ動作に類似していると推察できる。よって実際のパンチ動作時の体幹回旋運動においても、筋力が十分に発揮できていない可能性が考えられる。

また、研究課題 1 では、ジュニア選手に腰痛の既往のある者が多いことがわかった。ジュニアである高校生は技術的には未熟なものが多い。そのためボクシング技術の程度の違いが、腰痛の発症に関連する可能性がある。そこで筆者はパンチ動作における体幹筋活動や体幹の動作分析を行い、ボクシング選手の腰痛を考察する必要があると考えた。

さらに実際のスポーツ動作において初心者と熟練者のローカル筋およびグローバル筋の活動様式の相違に着目して行われた研究は少ないことから、初心者と熟練者のパンチ動作時の体幹筋活動を、これらの筋群の活動様式の相違から検討することで、スポーツ動作時の体幹筋群の筋活動の測定の妥当性を検討で

きると考えた。また、初心者と熟練者の間には腰痛者と健常者の間にみられるような筋活動様式の違いや筋反応時間の遅延などの相違があると考えられるため、ボクシング選手の腰痛発症に関する知見が得られるのではないかと考えた。本章では、ボクシングの中心となる攻撃動作であるストレートパンチ動作における体幹挙動と体幹筋活動の相違をボクシング経験者と未経験者で比較・検討することを目的とした。



## 第 2 節 方法

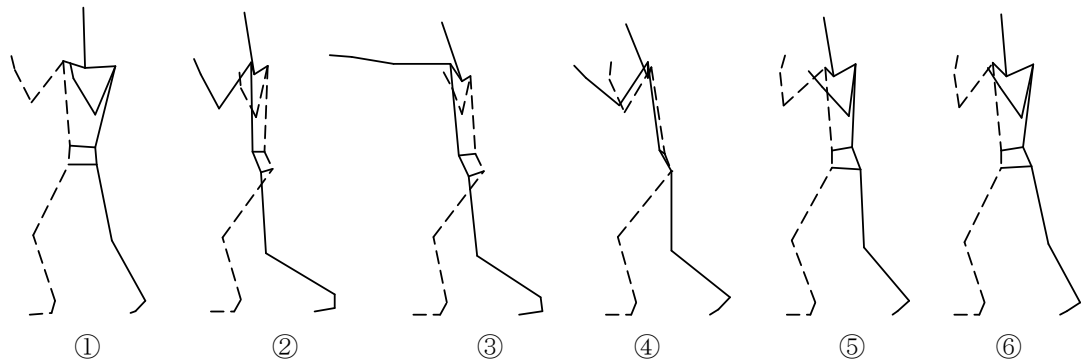
### 1. 対象者

対象は全国大会出場経験のある大学ボクシング選手 8 名 (Boxing 群: BOX) とボクシング経験のない大学生 7 名 (Control 群: CON) とした。BOX の身体特性は身長  $171.3 \pm 6.6$  cm, 体重  $63.2 \pm 7.3$  kg, 年齢  $20.3 \pm 1.8$  歳, 競技歴  $5.1 \pm 2.0$  年, 同様に CON は身長  $172.5 \pm 0.04$  cm, 体重  $63.1 \pm 4.7$  kg, 年齢  $21.6 \pm 1.1$  歳であり, 両群間において身長, 体重, 年齢に有意差は認められなかった。尚, 本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科倫理委員会の承認を得て行った。

### 2. 動作課題

動作課題は利き手のストレートパンチ動作 (以下, パンチ動作) とした。パンチ動作はまず, ①「構え」の状態から利き手 (後側) の腕をまっすぐにできるだけ遠くへ伸ばし, ②腕が伸びきったら, 直ちに元の位置へ引き, 「構え」の位置に腕を戻す, 以上の①②をできるだけ速く行うよう指導した (Figure IV-1)。

パンチ動作を行う際の目標の高さは自身の下顎部の高さとし, 数回練習を行わせた。解析は成功試技 1 回とした。パンチ動作に関して, ボクシング経験のある評価者がパンチ動作の正誤確認をその場で判断し決定した。正しいパンチとして, ①パンチを打つ際に脚を止めている (踏み出し動作を行わない) こと, ②目標の高さが極端に上下しないこと以上の 2 点を条件として設定した。



FigureIV-1 ボクシングストレートパンチ動作

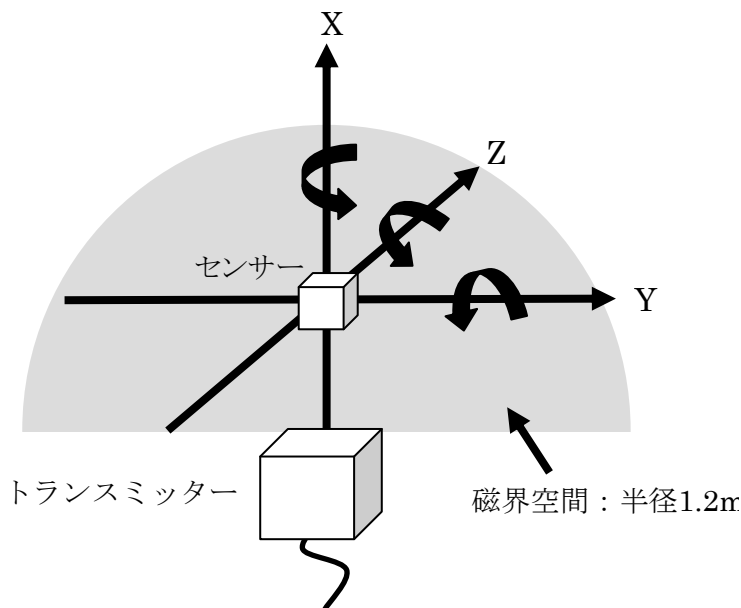
①～⑥の順に利き手（実線側）でパンチ動作を行っている様子を示している。

### 3. 評価項目

#### 1) 磁気式三次元位置センサー

##### (1) 実験装置

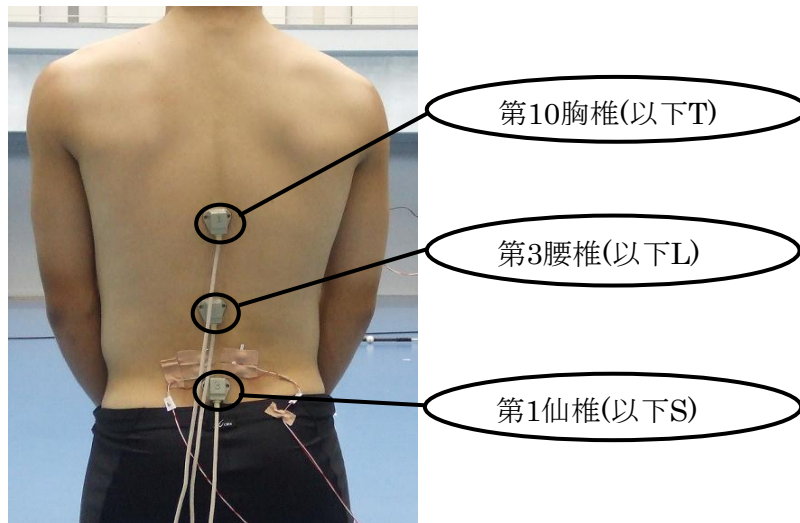
体表から腰椎挙動を計測するため、磁気センサー式三次元空間計測装置（Flock of Birds, Ascension Technology Corporation, USA；以下、三次元位置センサー）を使用した。本機はトランスミッターから X 軸方向を天頂とした半径 1.2m の半球内に磁界空間を作り、その中でのセンサーの位置及び角度を経時的に計測するものである（FigureIV-2）。より高精度の測定が可能なトランスミッターからの距離は半径約 0.7m、移動精度 2.5mmRMS、角度精度 0.5° RMS、最大更新速度約 144Hz であり、磁場の影響が少ない環境下において測定可能である（Bull & McGregor, 2000）。



FigureIV-2 三次元位置センサーの測定仕様

## (2) 測定方法

三次元位置センサーの3つのセンサーは被験者の第10胸椎（以下，T），第3腰椎（以下，L），第1仙椎（以下，S）のそれぞれの棘突起上の皮膚表面に両面粘着テープを用いて貼付し（FigureIV-3），その上から弾性テープにより固定した。センサーは触診により棘突起上の皮膚表面を確認した後，貼り付けられた。トランスミッターは，被験者の背側に鉛直上向きを天頂とした磁界空間の半球が作られるよう設置した。この時，身体長軸がX軸，身体前額軸がY軸，身体矢状軸がZ軸にあたる。3つのセンサーが磁界空間内に入るよう，トランスミッターは極力被験者の傍に設置した。測定更新速度を30Hzに設定し，パンチ動作開始の約2秒前から終了するまで測定を行った。



FigureIV-3 三次元位置センサーのセンサー取り付け位置

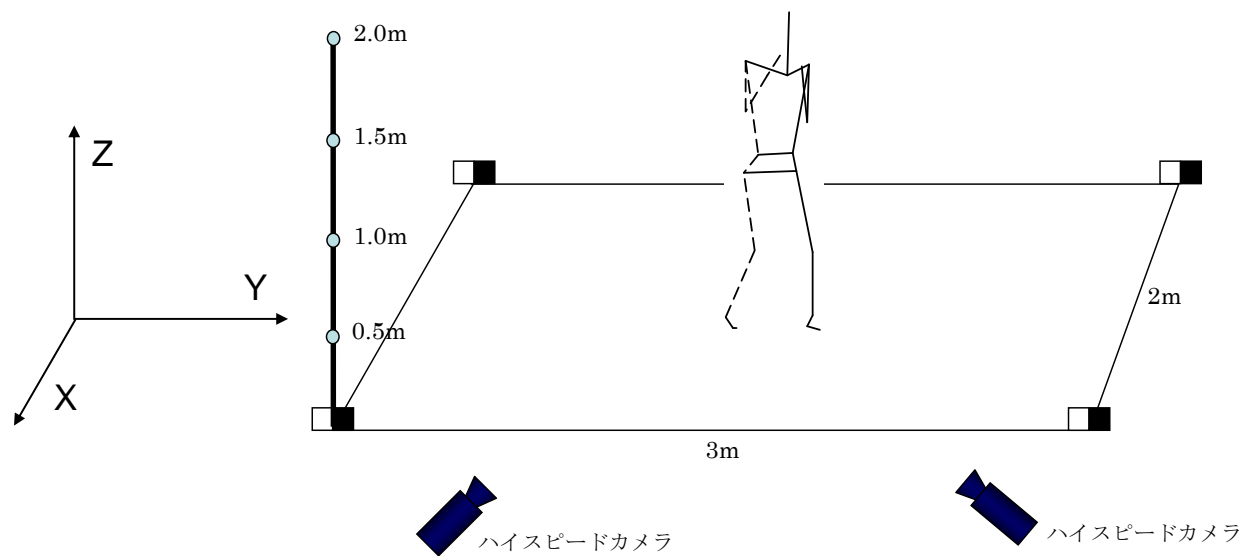
### (3) データ処理

試技中の体幹回旋（水平面である X 軸周りの回旋）における T, L, S の角度から T-L, L-S 間の相対的な角度変化を経時的に求めた。T-L, L-S 間の相対角度とは、T, L, S それぞれの絶対角度の差である。BOX・CON 間で T-L, L-S 間の相対角度の最大値の相違を検討した。

## 2) 動作分析

### (1) 実験装置および測定方法

パンチ動作時の体幹回旋角度や身体各部の速度を計測するため、パンチ動作を VTR で撮影し、動作分析（運動学的解析）手法を用いた。FigureIV-4 は、VTR カメラの配置状況を示したものである。被験者の試技は高速度カメラ 2 台（NAC 社製 HSV500C<sup>3</sup>）を用いて、撮影スピード 250fields/sec, シャッタースピード 1/1000sec で撮影した。同期には同期ケーブルと同期ランプを用いた。撮影範囲は X（前後）方向 2m, Y（左右）方向 3m, Z（鉛直）方向 2m とした。



FigureIV-4 動作分析実験環境図  
2台のハイスピードカメラを用いて図のような環境のもと、実験を行った。

## (2) データ処理

### A. 3次元座標値の算出

FigureIV-5 は、身体に設定した 22 点の分析点を示したものである。撮影した VTR 画像から、パンチ動作の画像について身体計測点（22 点）を DKH 社製 Frame-DIAS II Ver.3 を用いて 125 fields/sec でデジタル化した。2 台のカメラの VTR 画像におけるそれぞれの身体計測点とコントロールポイントの 2 次元座標から、Direct Linear Transformation (DLT) 法 (Winter, 1979; 池上, 1983) により 3 次元座標値を算出した。

得られた座標値は、バターワース型デジタルフィルタを用いて平滑化した。遮断周波数は、Wells and Winter (1980) の方法により分析点の座標成分ごとに決定した。実際に用いた遮断周波数は水平座標、鉛直座標ともに 10~15Hz の範囲であった。



「構え」時の各線分を基準線としたときに、パンチを出すときの回旋方向である非利き手側への回旋を正、パンチを戻すときの回旋方向である利き手側への回旋を負として、パンチ動作時の回旋角度の最大値から最小値を引いた回旋角度の変化量を求めた。BOX・CON間での肩峰線、骨盤線、大転子線それぞれの角度変化量の違いを検討した。

#### b. 体幹捻れ角度

上記の肩峰線角度最大値から骨盤線角度最大値を引いた値を肩峰－骨盤捻れ角度、同様に肩峰線角度最大値から大転子線角度最大値を引いた値を肩峰－大転子捻れ角度とし、値を算出した。BOX・CON間での肩峰－骨盤捻れ角度、肩峰－大転子捻れ角度の違いを検討した。

#### D. 身体各部移動速度の算出

利き手側の外果、膝関節中央、大転子、上前腸骨棘、肩峰、肘関節中央、中手指節関節部の移動最高速度を算出した。上記身体各部がXYZの各方向に移動した距離の合成ベクトルを求め、時間で数値微分することで、身体各部の速度を算出した。上記身体各部の移動速度をBOX・CON間で比較した。

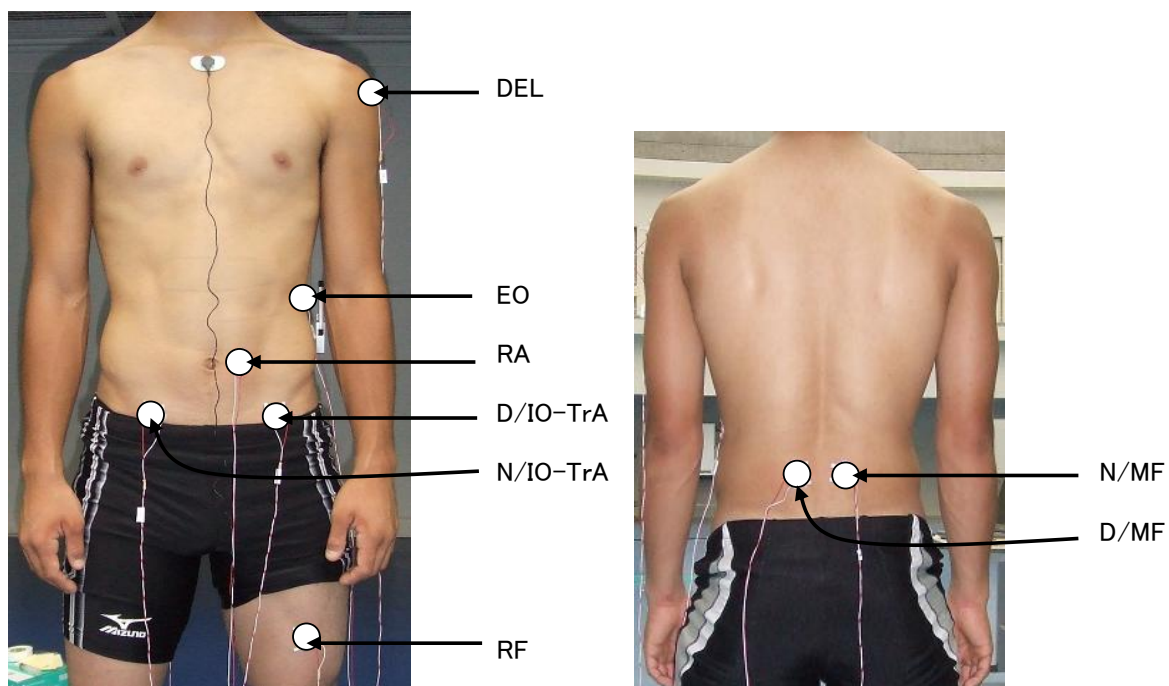
### 3) 表面筋電図

#### (1) 実験装置と測定方法

##### A. 被検筋

筋電位測定の前被検筋は、上肢および下肢の主動作筋と考えられる三角筋 (Deltoid muscle; DEL), 大腿直筋 (Rectus femoris muscle; RF), および体幹部のグローバル筋として腹直筋 (Rectus abdominis muscle; RA), 外腹斜筋 (External oblique muscle; EO), ローカル筋として内腹斜筋-腹横筋 (Internal oblique muscle-transversus abdominis muscle; IO-TrA), 多裂筋 (Multifidus muscle; MF) とした。なお DEL, RF, RA, EO は利き手側の片側のみ, IO-TrA,

MFは両側とし、以上8筋を被験筋とした(FigureIV-6).



FigureIV-6 表面筋電図の電極取り付け位置  
貼付した表面電極を示した。

※DEL:三角筋 (deltoid muscle) , RF:大腿直筋 (rectus femoris muscle) , RA:腹直筋 (rectus abdominis muscle) , EO:外腹斜筋 (external oblique muscle) , D/TrA-IO:利き手の内腹斜-筋腹横筋 (Dominant/internal oblique muscle-transversus abdominis muscle;) , N/TrA-IO:非利き手の内腹斜-筋腹横筋 (Nondominant/internal oblique muscle-transversus abdominis muscle) , D/MF:利き手の多裂筋 (Dominant/multifidus muscle) , N/MF:非利き手の多裂筋 (Nondominant/multifidus muscle)

## B. 電極貼付

電極貼付にあたって、皮膚抵抗を減らし電極の粘着をよくするために貼付箇所  
の剃毛および皮膚のアルコール脱脂を行い、電極接触部分の一部を針によ  
って剥離し、角質の除去を行った。電極貼付には両面粘着テープとテーピング用  
伸縮テープを用いた。電極は双極表面電極(日本光電社製;NT-511G)を使用した。  
電極は各筋の筋線維走行と平行になるように貼り付けた。電極間距離はすべて



の被検筋において 20mm とした。貼付部位は、DEL は肩峰下方 3cm 付近の三角筋中部線維、RF は下前腸骨棘付近と膝蓋骨上縁を結んだ中央部、RA は臍より約 3cm 外方、EO は肋骨弓後縁と腸骨稜の中間、IO-TrA は上前腸骨棘から 2cm 内下方、MF は第 4 および第 5 腰椎棘突起間の外方 2cm とした (Hodges & Richardson, 1997a)。尚、電極貼付後に各筋が特異的に働くと考えられる動作を行い、近傍の筋からのクロストークがないことを確認した。

### C. データ取り込みおよび同期の設定

導出された筋電位は、Multi Telemeter(日本光電社製;WEB5000)を使用して、時定数 0.03 秒で増幅し、AD 変換器(モンテシステム社製;MP100WS)によってサンプリング周波数 1000Hz で A/D 変換した。また高速度カメラと筋電位を同期装置を用いて同期させ、筋電位と同様、A/D 変換した。変換後のデジタル信号は生体電気信号処理ソフト AcqKnowledge version3.7.3 (Biopac Systems 社製)を用いてパーソナルコンピュータ (Dell 社製; Inspiron1100) に取り込み、リアルタイムモニタリングの後、保存した。

### D. 最大随意収縮時の筋電位測定

各条件間の筋電位を比較するために、標準化の指標として最大随意収縮 (Maximum Voluntary Contraction: MVC) 時の筋電位測定を行った。筋電位の測定条件に関しては、上述した試技中の筋電位測定と同様である。MVC の導出は、3 秒間の随意的な最大等尺性収縮を 3 回行わせ、そのときの筋電位を記録した。尚、すべての筋の MVC 実施にあたり、対象は予備的な練習を行い、肢位および収縮方法が十分に確認された状態で筋電位測定をおこなった。

## (2) データ処理

### A. 筋電位波形処理

測定した筋電位は、Butterworth 型デジタルフィルタを利用して、20Hz～

500Hz でバンドパスフィルタリングを行うことでムーブメントアーチファクトを除去し、その後全波整流を行った。

## B. パンチ動作の定義と筋活動量算出

パンチ動作の筋電位は、同期させた高速度カメラからパンチ動作を3相に分けた後、算出した。パンチ動作は①パンチを打とうとして身体が動き始めた状態から利き手の肘関節が伸展し始めるまでを第1相（以下、予備動作）、②利き手の肘関節が伸展し始めてから利き手の肘関節が完全に伸展するまでを第2相（以下、パンチ行）、③利き手肘関節が屈曲し始めてから、利き手の肘関節が屈曲し終わり、身体が止まるまでを第3相（以下、パンチ戻）に分類した。上記各相あたりの筋電位についての整流平均値(Average Rectified Value: ARV)を算出した。MVC時の筋電位は、1秒間の振幅の合計が最大となる区間を特定し、そのときのARVを算出した。試技中のARVをMVC時のARV(100%MVC)で除すことによって、%MVCを算出し、比較対象とした。

### (3) 検討項目

#### A. %MVC

上記方法により得た%MVC値を、①BOXとCON間による予備動作、パンチ行、パンチ戻の各相における相違と各筋間の相違および、②BOX内およびCON内におけるパンチ動作各相の相違について検討した。

#### B. 反応時間

各被検者のVTRで確認した予備動作の開始時を0secと定義し、その時点から各筋の収縮開始時間を決定した。被験者が「構え」の姿勢で静止した基線の状態からの最初のEMG波形の立ち上がった時点を反応時間とした(Hodges et al., 1996; Urquhart et al., 2005)

#### 4. 統計処理

測定結果は平均値±標準偏差で示した.

- 1) 三次元位置センサー：対応のない t 検定を行った.
- 2) 動作分析：対応のない t 検定を行った.
- 3) 表面筋電図：2 元配置分散分析を行い，有意性が認められた項目については **Bonferroni** 法による多重比較検定を行った.

実験データの統計処理には，統計解析ツール **Dr.SPSS II** (SPSS 社製;東京)を用いて，有意水準は 5%とした．また危険率 5%以上 10%未満を傾向ありとした．

### 第3節 結果

#### 1. 三次元位置センサー

##### 1) T-L間の相対角度

T-L間の最大回旋角度の相対値はBOXが $11.3 \pm 2.3^\circ$ であり、CONが $10.2 \pm 3.6^\circ$ であった。2群間に有意差はなかった。(p=0.51, TableIV-1)

##### 2) L-S間の相対角度

L-S間の最大回旋角度の相対値はBOXが $12.5 \pm 2.8^\circ$ であり、CONが $12.6 \pm 1.7^\circ$ であった。2群間に有意差はなかった。(p=0.96, TableIV-1)

TableIV-1 三次位置センサーによるパンチ動作時のT-L間・L-S間の最大回旋角度

	BOX	CON	p 値
T-L間	$11.3 \pm 2.3$	$10.2 \pm 3.6$	0.51
L-S間	$12.5 \pm 2.8$	$12.6 \pm 1.7$	0.96

#### 2. 動作分析

##### 1) 体幹回旋角度

###### (1) 肩峰線

肩峰線の回旋角度の変化量はBOXが $85.0 \pm 22.0^\circ$ であり、CONが $66.8 \pm 27.8^\circ$ であった。BOXの方が肩峰線の回旋角度の変化量は大きかったものの、2群間に有意差はなかった。(p=0.18, FigureIV-7)

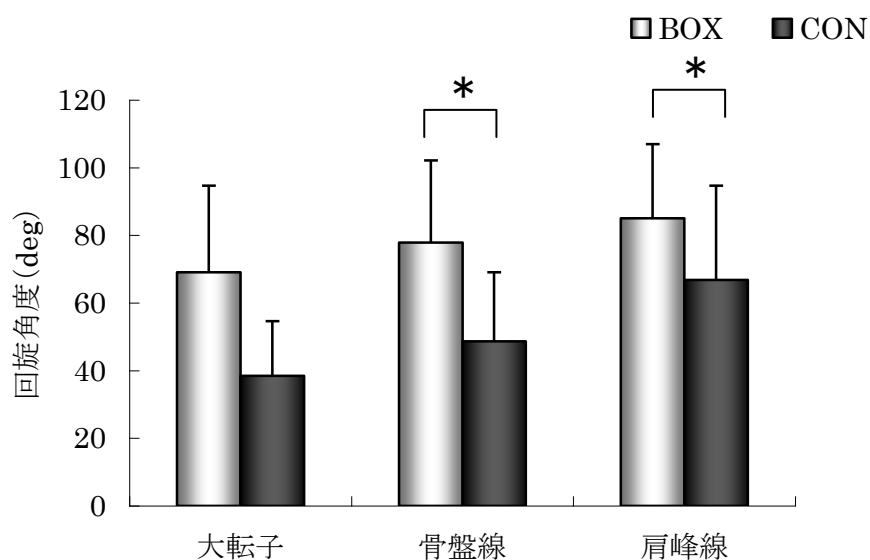
###### (2) 骨盤線

骨盤線の回旋角度の変化量はBOXが $77.9 \pm 24.3^\circ$ であり、CONが

48.7±20.4°であった。2群間に有意差が認められ、BOXの方が骨盤線の回旋角度は大きかった。(p=0.03, FigureIV-7)

### (3) 大転子線

大転子線の回旋角度の変化量はBOXが69.1±25.6°であり、CONが38.5±16.2°であった。2群間に有意差が認められ、BOXの方が大転子線の回旋角度は大きかった。(p=0.02, FigureIV-7)



FigureIV-7 動作分析によるパンチ動作時の体幹回旋角度  
\* : p<0.05

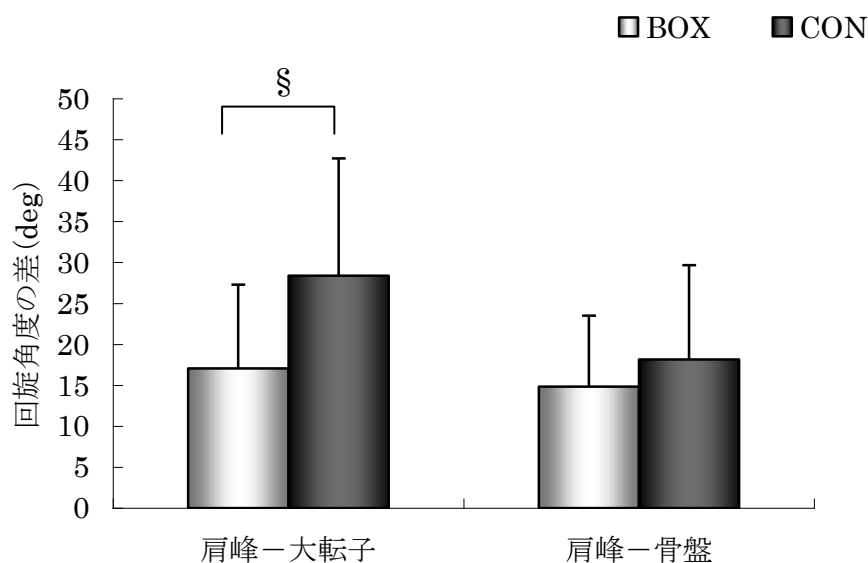
## 2) 体幹捻れ角度

### (1) 肩峰－骨盤捻れ角度

肩峰線角度および骨盤線角度の最大値から求めた肩峰－骨盤捻れ角度は、BOXが  $14.8 \pm 8.7^\circ$  であり、CONが  $18.2 \pm 11.5^\circ$  であった。CONの方が肩峰－骨盤捻れ角度は大きかったものの、2群間に有意差はなかった。(p=0.54, Figure IV-8)

### (2) 肩峰－大転子捻れ角度

肩峰線角度および大転子線角度の最大値から求めた肩峰－大転子捻れ角度は、BOXが  $17.1 \pm 10.2^\circ$  であり、CONが  $28.4 \pm 14.3^\circ$  であった。2群間に有意な傾向が認められ、CONの方が大きくなる傾向があった。(p=0.099, Figure IV-8)



FigureIV-8 動作分析によるパンチ動作時の体幹捻れ角度  
§ : p<0.1

3) 利き手側の外果，膝関節中央，大転子，上前腸骨棘，肩峰，肘関節中央，中手指節関節部の移動最高速度

(1) 外果

外果の最高速度は BOX が  $1.2\pm 0.3\text{m/sec}$  であり，CON が  $0.8\pm 0.3\text{m/sec}$  であった．2 群間に有意差が認められ，BOX の方が外果の移動速度は速かった．(p=0.04, FigureIV-9)

(2) 膝関節中央

膝関節中央の最高速度は BOX が  $2.0\pm 0.5\text{m/sec}$  であり，CON が  $1.2\pm 0.3\text{m/sec}$  であった．2 群間に有意差が認められ，BOX の方が膝関節中央の移動速度は速かった．(p=0.003, FigureIV-9)

(3) 大転子

大転子の最高速度は BOX が  $1.9\pm 0.6\text{m/sec}$  であり，CON が  $1.1\pm 0.4\text{m/sec}$  であった．2 群間に有意差が認められ，BOX の方が大転子の移動速度は速かった．(p=0.008, FigureIV-9)

(4) 上前腸骨棘

上前腸骨棘の最高速度は BOX が  $1.6\pm 0.4\text{m/sec}$  であり，CON が  $1.2\pm 0.4\text{m/sec}$  であった．2 群間に有意差が認められ，BOX の方が上前腸骨棘の移動速度は速かった．(p=0.04, FigureIV-9)

(5) 肩峰

肩峰の最高速度は BOX が  $2.7\pm 0.8\text{m/sec}$  であり，CON が  $2.2\pm 0.6\text{m/sec}$  であった．BOX の方が肩峰の回旋速度は速かったものの，2 群間に有意差はなかった．(p=0.23, FigureIV-9)

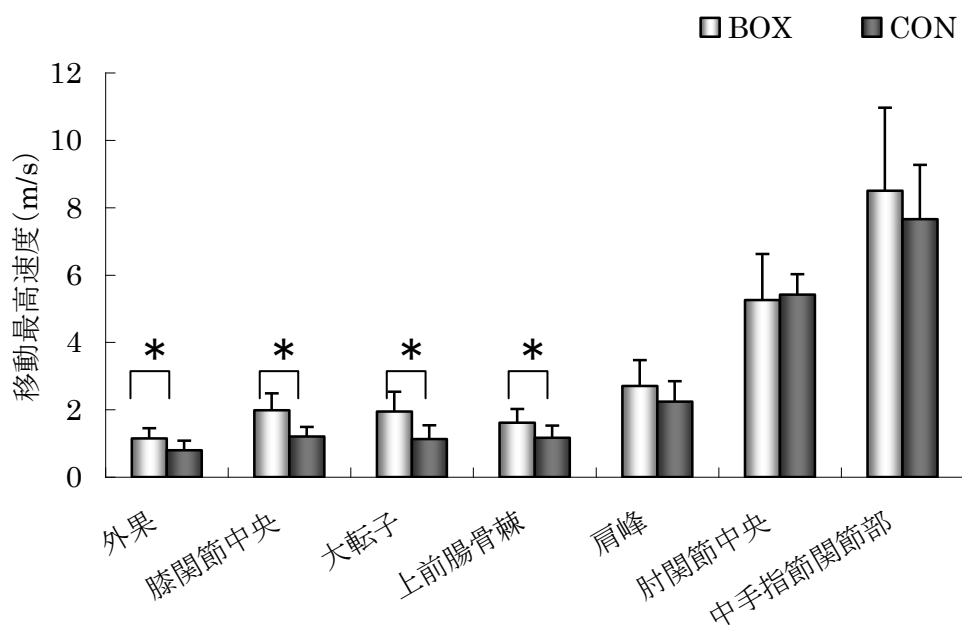
(6) 肘関節中央

肘関節中央の最高速度は BOX が  $5.3\pm 1.4\text{m/sec}$  であり，CON が  $5.4\pm 0.6\text{m/sec}$  であった．2 群間に有意差はなかった．(p=0.78, FigureIV-9)

(7) 中手指節関節部

中手指節関節部の最高速度は BOX が  $8.5\pm 2.5\text{m/sec}$  であり，CON が

7.7±1.6m/secであった．2群間に有意差はなかった．(p=0.46, FigureIV-9)



FigureIV-9 動作分析によるパンチ動作時の各関節部の移動最高速度  
\* : p<0.05

### 3. 表面筋電図

#### 1) %MVC

##### (1) BOX・CON間におけるパンチ各相の相違

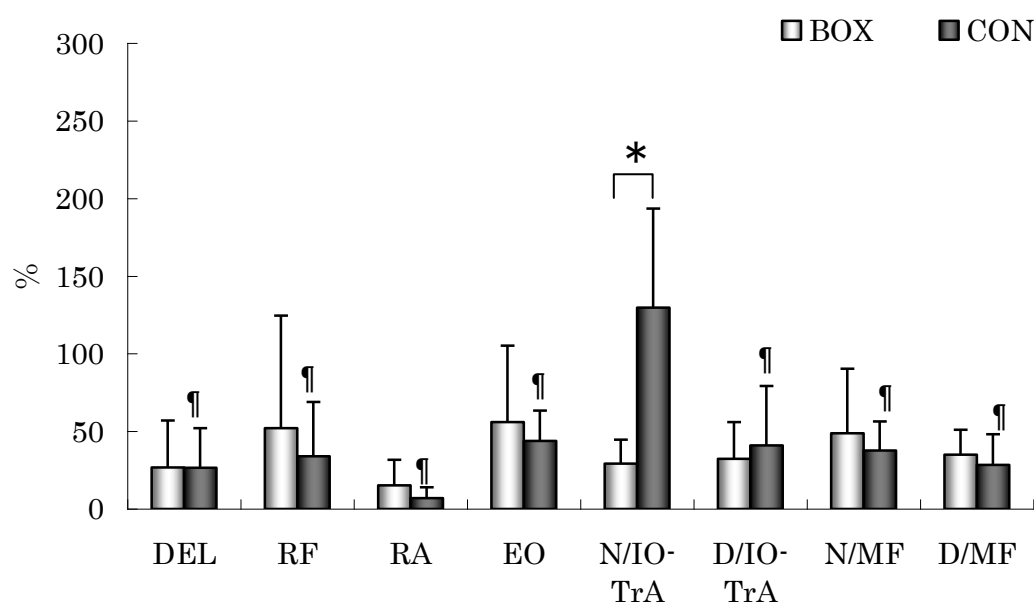
###### A. 予備動作

予備動作相の各筋の%MVCの結果，BOXはDELが26.7±30.3%，RFが52.0±72.6%，RAが15.2±16.5%，EOが56.1±49.2%，利き手側のIO-TrA（dominant/IO-TrA：D/IO-TrA）が32.3±23.6%，非利き手側のIO-TrA（nondominant/IO-TrA：N/IO-TrA）が29.2±15.6%，利き手側のMF



(dominant/MF: D/MF) が  $35.0 \pm 16.0\%$ , 非利き手側の MF (nondominant/MF: N/MF) が  $48.8 \pm 41.6\%$  であった. CON は DEL が  $26.5 \pm 25.5\%$ , RF が  $33.9 \pm 35.0\%$ , RA が  $7.1 \pm 7.0\%$ , EO が  $43.8 \pm 19.7\%$ , D/IO-TrA が  $40.9 \pm 38.4\%$ , N/IO-TrA が  $129.7 \pm 63.8\%$ , D/MF が  $28.4 \pm 19.9\%$ , N/MF が  $37.6 \pm 18.7\%$  であった. 予備動作時の体幹筋の筋活動量は, BOX は EO, CON は N/IO-TrA が最も筋活動量が大きく, CON の N/IO-TrA は CON の他の筋群と有意差が認められた.

BOX と CON 間に N/IO-TrA において有意差が認められ, CON の筋活動が有意に大きかった (FigureIV-10).



FigureIV-10 BOX・CON間における予備動作の筋活動

\* :  $p < 0.05$

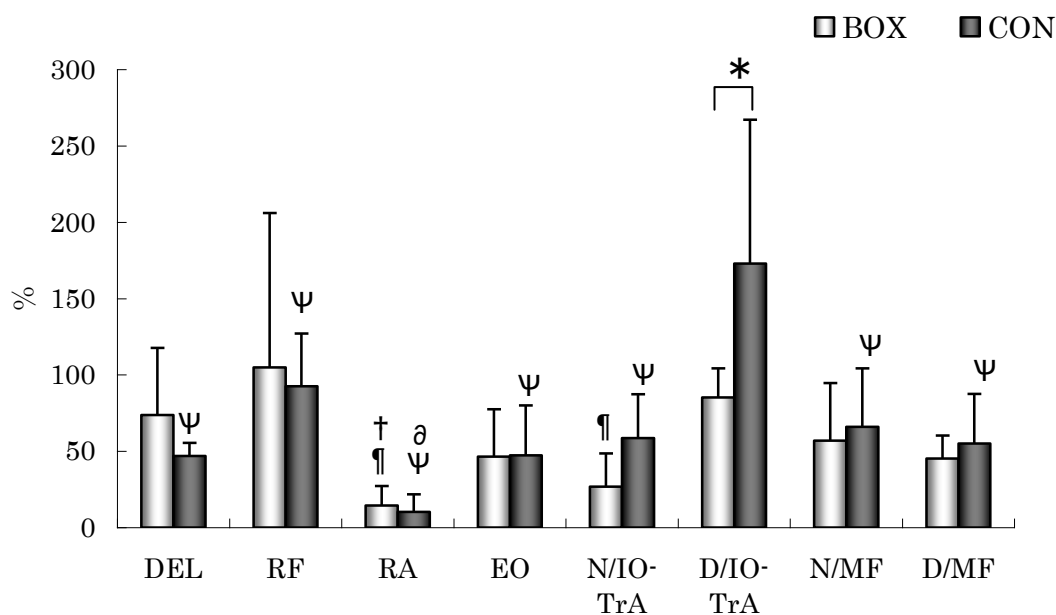
‡ : vs N/TrA(CON)  $p < 0.05$

## B. パンチ行

パンチ行の各筋の%MVCの結果, BOXはDELが  $73.7 \pm 43.9\%$ , RFが

104.9±101.1%, RA が 14.5±12.7%, EO が 46.6±30.9%, D/IO-TrA が 85.1±19.2%, N/IO-TrA が 26.8±21.8%, D/MF が 45.2±15.0%, N/MF が 56.9±37.8%であった. CON は DEL が 46.8±8.6%, RF が 92.5±34.7%, RA が 10.2±11.6%, EO が 47.2±32.7%, D/IO-TrA が 173.0±94.2%, N/IO-TrA が 58.6±28.7%, D/MF が 55.1±32.3%, N/MF が 65.9±38.4%であった. パンチ行の筋活動量は, 体幹筋において両群とも D/IO-TrA の筋活動量が最も大きかった. BOX では RF と RA, N/IO-TrA の間と D/IO-TrA と RA の間に有意差が認められ, 各々 RF, D/IO-TrA の活動が大きかった. CON では RF と RA の間と D/IO-TrA と他の 7 筋の間に有意差が認められ, 各々 RF, D/IO-TrA の活動が大きかった.

BOX と CON 間に D/IO-TrA において有意差が認められ, CON の筋活動が有意に大きかった (FigureIV-11).

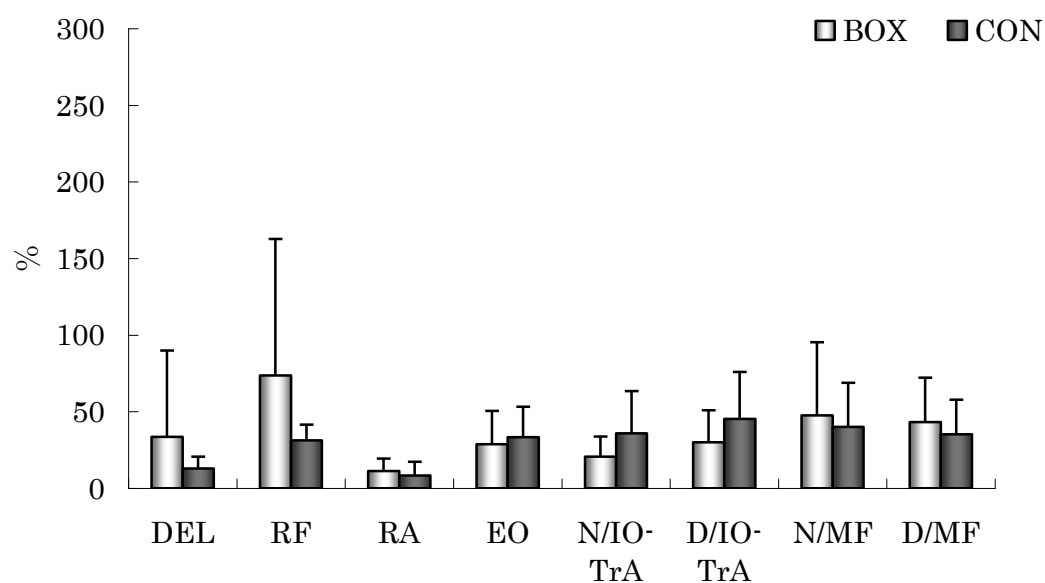


FigureIV-11 BOX・CON間におけるパンチ行の筋活動

- \* : p<0.05
- ‡ : vs RF(BOX) p<0.05
- † : vs D/TrA(BOX) p<0.05
- ∂ : vs RF(CON) p<0.05
- Ψ : vs D/TrA(CON) p<0.05

### C. パンチ戻

パンチ戻の各筋の%MVCの結果，BOXはDELが $33.7 \pm 56.3\%$ ，RFが $73.7 \pm 89.0\%$ ，RAが $11.2 \pm 8.3\%$ ，EOが $28.8 \pm 21.6\%$ ，D/IO-TrAが $30.1 \pm 20.9\%$ ，N/IO-TrAが $20.8 \pm 13.0\%$ ，D/MFが $43.3 \pm 28.9\%$ ，N/MFが $47.5 \pm 47.9\%$ であった．CONはDELが $12.9 \pm 7.7\%$ ，RFが $31.3 \pm 10.2\%$ ，RAが $8.3 \pm 9.0\%$ ，EOが $33.3 \pm 20.0\%$ ，D/IO-TrAが $45.3 \pm 30.6\%$ ，N/IO-TrAが $35.8 \pm 27.5\%$ ，D/MFが $35.3 \pm 22.4\%$ ，N/MFが $40.1 \pm 28.7\%$ であった．パンチ戻の筋活動量は，BOXではRFの活動が最も大きかった．CONではD/IO-TrAの活動が最も大きかった．いずれの群においても予備動作，パンチ行に比べると体幹筋全体の活動が小さかった．各筋の活動量に有意差はなかった（FigureIV-12）．

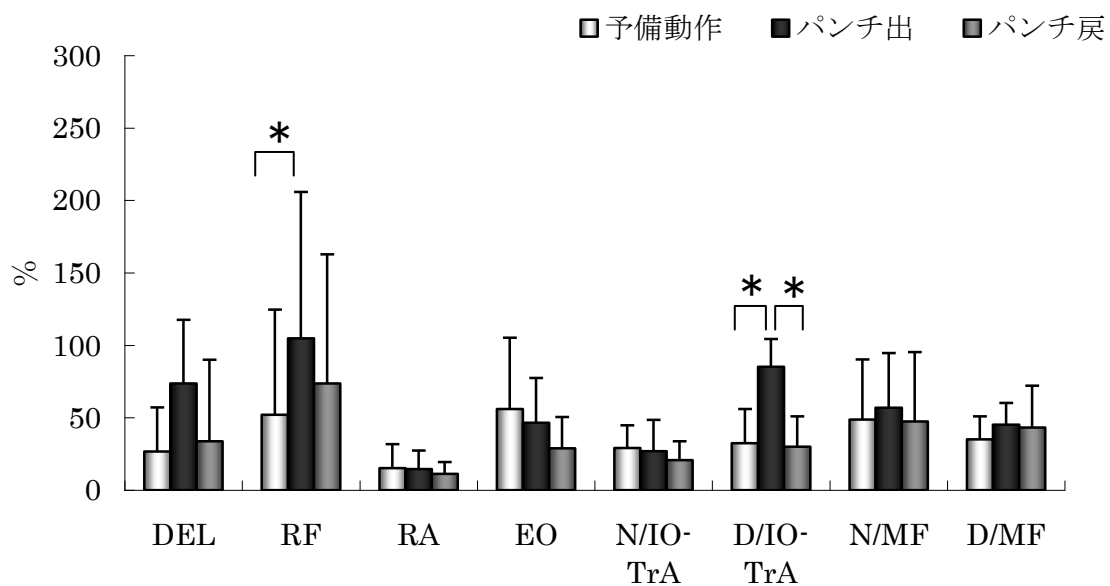


FigureIV-12 BOX・CON間におけるパンチ戻の筋活動  
※すべてN.S.

(2) BOX 内・CON 内におけるパンチ各相の相違

A. BOX

BOX 内における各筋の%MVC の結果，各相における筋の活動量に有意差が認められた．パンチ行の RF の筋活動量が予備動作に比べて有意に大きかった．またパンチ行の D/IO-TrA の筋活動量が予備動作およびパンチ戻に比べて有意に大きかった (FigureIV-13)．

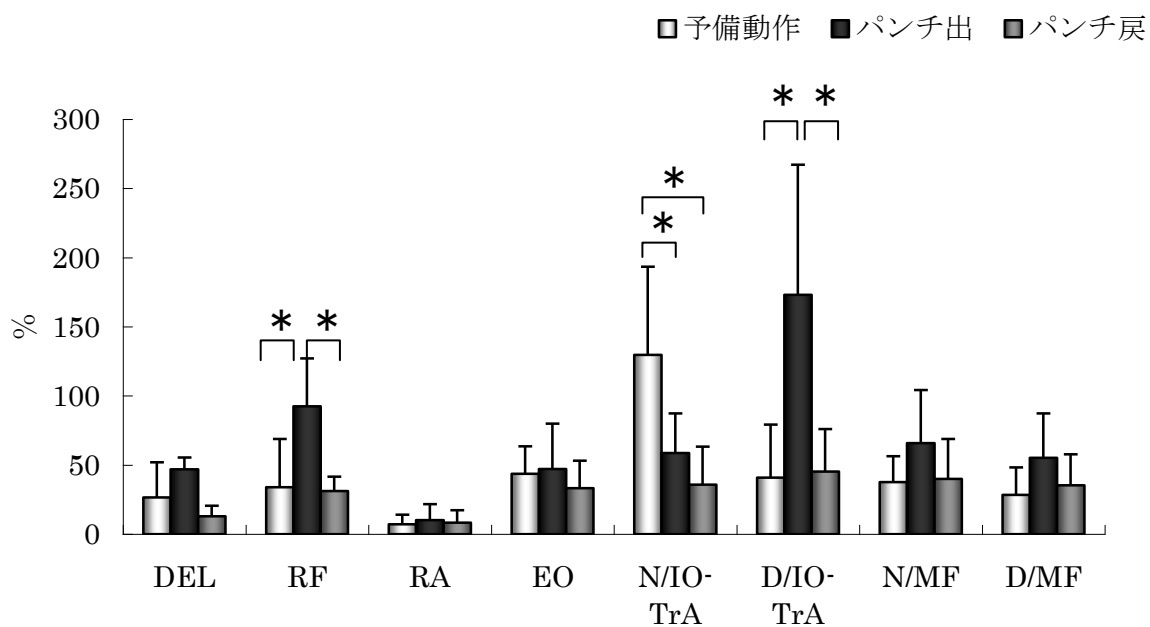


FigureIV-13 パンチ各相における筋活動 (BOX)

\*:  $p < 0.05$

## B. CON

CON 内における各筋の%MVC の結果，各相における筋の活動量に有意差が認められた．パンチ行の RF の筋活動量が予備動作およびパンチ戻に比べて有意に大きかった．またパンチ行の D/IO-TrA の筋活動量が予備動作およびパンチ戻に比べて有意に大きかった．予備動作の N/IO-TrA の筋活動量がパンチ行およびパンチ戻に比べて有意に大きかった．(FigureIV-14)．

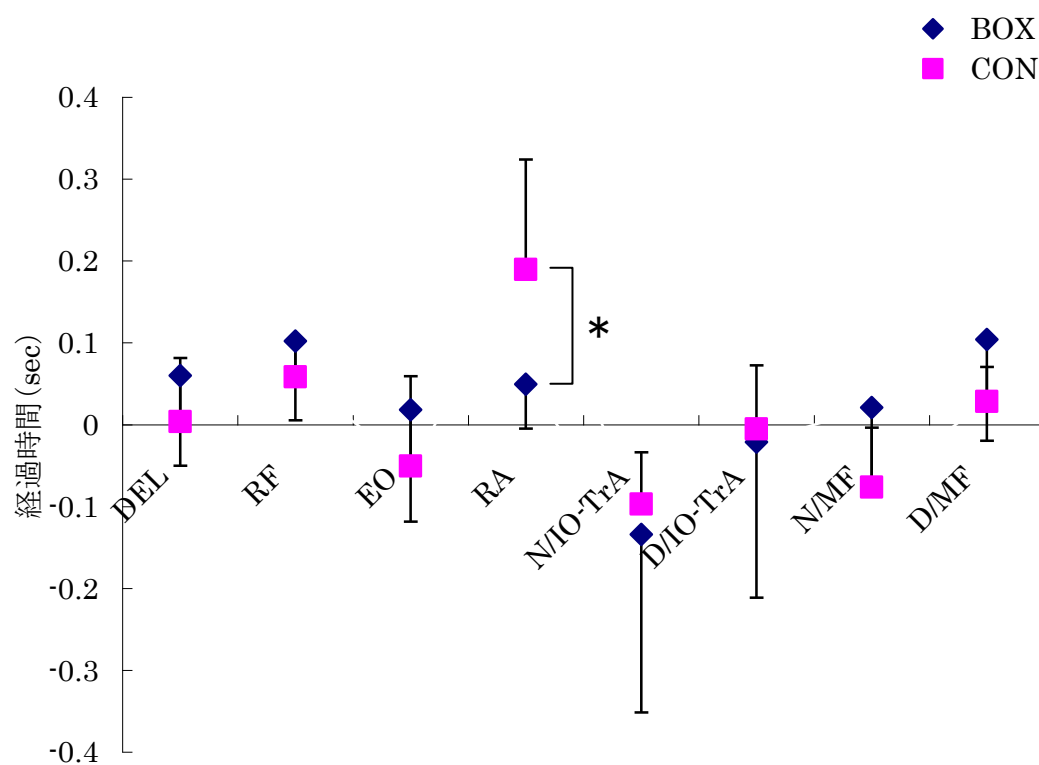


FigureIV-14 パンチ各相における筋活動 (CON)

\*:  $p < 0.05$

## 2) 反応時間

反応時間の結果, BOX, CON 間で反応時間に差が認められたのは RA のみであり, RA は CON の方が有意に収縮開始時間は遅かった. BOX, CON の両群ともに最も早く収縮を開始していたのは N/IO-TrA であった (FigureIV-15).



FigureIV-15 パンチ動作時の各筋の反応時間

\*:  $p < 0.05$

## 第4節 考察

### 1. 体幹の回旋挙動について

#### 1) 三次元位置センサー

三次元位置センサーの結果，BOXとCON間において，T-L間とL-S間の相対角度はいずれも差は認められなかった．本研究の結果，2群間で差は認められなかったものの，BOX，CONともにT-L間，L-S間合計で約20°回旋していた．Augustus et al. (1990)はT10からS1間までの回旋角度を合計すると約10°と報告している．三次元位置センサーは体表から骨の角度を推定するために使われている．Bull & McGregor (2000)はローイング動作において三次元位置センサーを用いて胸腰椎と腰仙椎の屈伸動作を評価した結果，信頼性の高い結果が得られたとしている．大久保ら(2007)は体表から第1・3・5腰椎棘突起へ磁気式三次元位置センサーを貼付し，さらにX線シネラジオグラフィ撮影を行い腰椎の屈伸運動を評価した結果，三次元位置センサーとX線シネラジオグラフィ撮影による腰椎の角度変化に相関が認められたとしている．本研究の胸腰椎の回旋挙動結果からはBOXとCON間に差は認められず，胸腰椎は同程度の回旋を行っていたことが示された．

#### 2) 動作分析

動作分析の結果，体幹の回旋角度は骨盤線と大転子線でBOXのほうがCONよりも大きかった．BOXの方がパンチ動作の際，骨盤および脊柱をあわせた体幹全体を大きく回旋していたことが示された．豊嶋ら(1991)は本研究と同様の利き手のストレートパンチ動作の際，腰部の移動距離とパンチ力との間，また腰部の移動距離と腰部の移動最高速度との間に有意な相関を認めたと報告しており，腰部の移動距離の延長，つまり本研究における体幹の回旋角度の増大がボクシングのストレートパンチ動作には重要であるとしている．体幹捻れ角

度のうち、肩峰－大転子捻れ角度において CON の方が大きい傾向が認められた。以上より CON は骨盤・股関節を回旋（体幹全体を回旋）させることなく、胸腰椎全体を回旋する（捻る）ようにして、パンチ動作を行っていたことが示された。

各関節部の移動最高速度の結果、肩峰、肘関節中央、中手指節関節部では両群間に差は認められなかったものの、上前腸骨棘、大転子、膝関節中央、外果において BOX の方が有意に速かった。吉福ら（1984）は本研究と同様に利き手パンチ動作の際に腰部の移動最高速度を計測した結果、空手道選手が 1.6m/sec、日本拳法選手が 2.6m/sec であったと報告している。豊嶋と永見（1996）はボクシング選手の利き手パンチ動作の際に腰部の最高速度は 1.8m/sec であったと報告しており、いずれの結果も本研究の BOX における上前腸骨棘速度の結果（1.6m/sec）と値が類似していた。以上より BOX は下肢全体を速く移動（水平面状の移動＝回旋）させるとともに、さらに骨盤を大きく回旋させることでパンチ動作を行っていたのに対し、CON は下肢の移動は伴わず、主に体幹を捻ることでパンチ動作を行っていたことが示唆された。

## 2. 体幹の筋活動について

### 1) パンチ動作と体幹筋活動

表面筋電図の結果、BOX と CON 内の%MVC において、両群共にパンチ行きの D/IO-TrA の筋活動量が他の 2 相に比べて有意に大きかった。また CON では予備動作の N/IO-TrA の筋活動量が他の 2 相に比べて有意に大きかった。

予備動作は CON の N/IO-TrA の筋活動が BOX に比べ有意に大きかった。一方、BOX では体幹筋の中で EO の活動量が最も大きかった。本研究では予備動作は、全身の静止状態から動作が開始されて利き手の肘関節が伸展し始めるまでの間と定義している。結果から、予備動作の間に体幹の回旋が開始しており、そのため体幹筋活動がみられていたことが示された。また利き手側から非利き手側への体幹回旋が行われていたため、BOX では主動作筋である利き手側の



EO の活動が最も大きかった。この点は Hodges & Richardson (1996) が報告しているグローバル筋の活動が運動依存性におこるとする内容と一致する。一方、CON はローカル筋である N/IO-TrA の筋活動の方がグローバル筋である EO の活動よりも大きかった。これは右利きの対象者の場合、CON では予備動作の際、いったん逆方向（右方向）へ体幹を回旋し、反動をつける動作を行った上で、パンチ行において左回旋を行っているものが多かったことが考えられる。また BOX と CON 間で CON の N/IO-TrA のみ筋活動が有意に高かった点、さらに CON の N/IO-TrA は CON の他のすべての筋と有意差が認められた点から、CON では予備動作の際、ローカル筋である N/IO-TrA の筋活動のみが特に大きかったことが示された。通常ローカル筋は運動依存性ではなく脊柱の安定性のために%MVC では低強度(30-40%)で活動しているとされる(Richardson et al., 2002)。CON ではパンチ動作という不慣れな動作のため、脊柱が不安定になるためにローカル筋の筋活動が BOX よりも大きくなっていったことが示唆された。

パンチ行の%MVC の結果、BOX・CON とともに D/IO-TrA の筋活動が有意に大きかった。パンチ行は肘関節の伸展が始まり、肘関節が完全伸展し、手拳部が最も前方に運ばれている状態である。右効きの選手がパンチを打つ場合には体幹の左回旋が起こっており、D/IO-TrA は右側の IO-TrA を指している。Urquhart & Hodges (2005) は内腹斜筋と腹横筋は上部と中部・下部では活動が異なることを報告している。つまり内腹斜筋と腹横筋の上部線維は体幹回旋と同側が筋活動を行うのに対し、中部と下部は体幹回旋と反対側の筋が活動するとしている。本研究では IO-TrA の電極は上前腸骨棘の内下方につけられていた。つまり Urquhart & Hodges (2005) の報告からは IO-TrA の下部に相当する。その結果、Urquhart & Hodges (2005) と同様に体幹左回旋のときに反対である右側の IO-TrA が最も収縮していたと考えられた。

また CON では高速で起きた上肢の屈曲動作に対する体幹（脊椎）の動揺を防ぐために、つまりローカル筋である D/IO-TrA が脊椎を安定させるために、

BOX よりも活動していたことが示唆された。Cresswell et al. (1992) は体幹回旋動作の際に腹横筋の活動がみられ、両側とも活動するものの、回旋する側の腹横筋活動の方が大きいことを報告している。De Troyer et al. (1990) の報告にあるように、腹横筋は腹腔内圧上昇に最も効率的に作用する筋であることから、CON ではパンチを打つ際の力を逃がさない為にローカル筋が大きく活動していたことが示唆された。パンチ行相において CON の D/IO-TrA の活動が 173% と大きく (BOX は 85%)、また動作解析の結果から体幹の捻れが起こっていたことを考えると、CON の D/IO-TrA の過活動は予備動作と同様に、体幹の捻れ、つまり椎骨間の捻れに抗するための筋活動が生じていた可能性が考えられる。また同様に N/IO-TrA についても BOX が %MVC で 26.8%、CON が 58.6% と CON の方が大きかったことから、予備動作時と同様に CON の方がローカル筋である腹横筋の筋活動が大きかった。

パンチ戻りの %MVC の結果、BOX と CON 間に有意差はなかったものの、BOX の方が RF の活動量が大きかった。パンチ動作全体を通して BOX の方が CON よりも RF の活動量が大きかった。RF の活動量からも動作分析結果と同様に、パンチ動作の際、BOX の方が下肢の力を利用してパンチ動作を行っていることが示唆された。以上、表面筋電図の結果よりパンチ動作の際、CON の方が BOX に比べて、ローカル筋の筋活動量を大きくすると同時に下肢の筋を使わずにパンチ動作を行っていたことが示唆された。

## 2) 筋の反応時間について

パンチ動作開始時の筋の反応時間は RA で BOX と CON に有意差が認められ、BOX のほうが早かった一方、両群ともに N/IO-TrA が最も早く収縮していた。この結果は腹横筋が筋活動の際に最も早く収縮するとする Hodges & Richardson (1997a, 1997b) の先行研究と一致した。上肢や下肢の主動作筋の収縮の前に腹横筋が収縮するのは上肢や下肢の高速度での移動の場合のみであることが Hodges & Richardson (1997c) により示されている。以上より高速

で上肢を移動させるボクシングのパンチ動作では、BOX・CONともに腹横筋が最初に収縮することで脊椎の安定性を保っていることが示された。筋反応時間全体で見ると、最も速く収縮を開始した筋と最も遅く収縮を開始した筋の間ではBOXが0.238秒、CONが0.296秒であり、CONの方にばらつきが大きかった。Janson et al. (1993)は国際レベルの選手は国内レベルやレクリエーションレベルの選手に比べて筋活動の共時性（ある活動に関わる個々の筋の収縮時間にずれがないこと）が高かったことを報告している。本結果からもBOXに共時性が高かったことが示唆される一方、CONにおいては共時性は低いと考えられ、CONでは不慣れな運動による筋収縮時間のばらつきがみられていたと考えられた。

## 第 5 節 まとめ

ボクシング熟練者 (BOX) と初心者 (CON) のボクシングのストレートパンチ動作における体幹挙動と体幹筋活動を比較した。

1. 三次元位置センサーでは T-L 間, L-S 間の角度に差はなかった。
2. 動作分析では体幹の回旋角度は骨盤線と大転子線で BOX のほうが大きく, 肩峰-大転子捻れ角度では CON のほうが大きい傾向を認めた。各関節部の最高速度の結果, 外果, 膝関節中央, 大転子, 上前腸骨棘において BOX の方が移動速度は速かった。
3. 表面筋電図の BOX・CON 間の %MVC において, 予備動作時は CON の N/IO-TrA の筋活動が, パンチ行きでは CON の D/IO-TrA の筋活動がそれぞれ有意に大きく, パンチ戻りでは BOX・CON 間に有意差はなかった。
4. 表面筋電図の BOX と CON 内の %MVC において, 両群共にパンチ行き相の D/IO-TrA の筋活動量が他の 2 相に比べて有意に大きかった。また CON では予備動作相の N/IO-TrA の筋活動量が他の 2 相に比べて有意に大きかった。
5. 反応時間は両群ともに N/IO-TrA が最も早く収縮していた一方, RA において BOX と CON に有意差が認められ, BOX のほうが早かった。
6. BOX は下肢をその場で (踏みかえずに) 速く移動させ, さらに骨盤を回旋させることでパンチ動作を行っていたのに対し, CON は体幹を捻ることでパンチを打っていたと同時に, CON は BOX に比べローカル筋活動量を大きくしてパンチ動作を行っていたことが示唆された。

## 第 5 章

### 〔研究課題 3〕腰部挙動と体幹筋活動に着目したボクシング動作の検討

#### 研究課題 3-2 ボクシング防御動作時の腰部挙動および体幹筋活動の検討

##### 第 1 節 背景・目的

研究課題 3-1 ではボクシング経験者と未経験者でストレートパンチ動作の解析を行った結果、ローカル筋である内腹斜筋・腹横筋の筋活動は、ボクシングの未経験者の方が大きかった。パンチ動作という不慣れな動作のために脊椎が不安定になるのを、ローカル筋を過活動させることによって防いでいたことが示唆された。

一方、研究課題 2 において、腰痛のある大学ボクシング選手では、腰椎分離所見を持つものが多かった。しかし腰痛のない選手にも同所見を持つものがみられ、全体では 5 名 (27.8%) に腰椎分離所見が認められた。ボクシング競技選手では椎骨の運動分節後方部分の障害である椎間関節突起間部の障害が多くみられることがわかった。ボクシングでは防御動作の中に、体幹を伸展させることで相手からのパンチをよける動作 (スウェーイング) がある。本動作はボクシングの防御技術の中でも多く用いられる動作である。スウェーイング動作においても、パンチ動作と同様に体幹筋活動や体幹の動作分析を行い、ボクシング選手の腰痛を考察する必要があると考えた。本章ではボクシングの防御動作である、スウェーイング動作における体幹挙動と体幹筋活動の違いを、ボクシングの経験者と未経験者で比較することを目的とした。

## 第 2 節 方法

### 1. 対象

対象は研究課題 3-1 と同様，全国大会出場経験のある大学ボクシング選手 8 名（Boxing 群: BOX）とボクシング経験のない大学生 7 名（Control 群: CON）とした．本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科倫理委員会の承認を得て行った．

### 2. 動作課題

動作課題はスウェーイング動作（以下，スウェー動作）とした．スウェー動作とはボクシングの主たる防御動作のひとつである．動作自体は上体を後方へ反らす（胸腰椎を後屈させる）ことによって相手の打撃範囲から逃れる防御技術（永松，1987）であり，その際に脚は動かさないこととされている（Figure V-1）．

スウェー動作課題は被験者の構え姿勢からパンチが直線的に被験者自身の頭顔面部に来たと仮定して，そのパンチをよけるために任意の範囲で体幹を後屈させ，直ちにもとの姿勢（構え姿勢）に戻る動作とした．その際に下肢を前後に踏みかえたりはしないこととした．解析は成功試技 1 回とした．

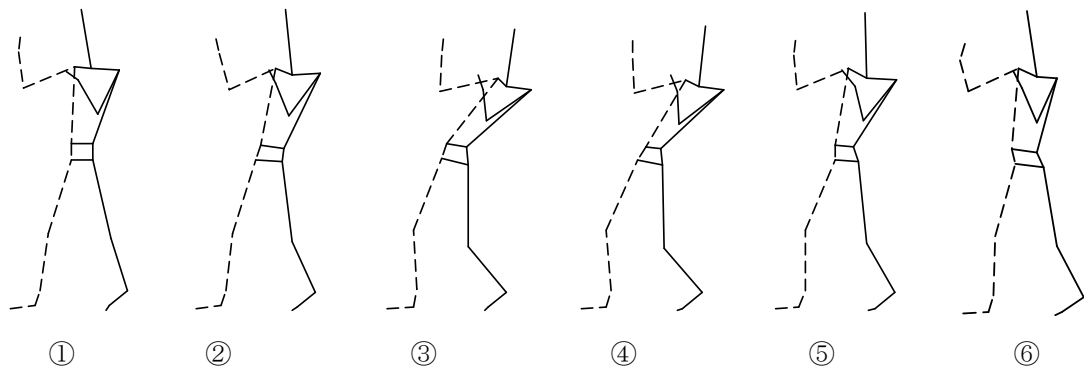


Figure V-1 スウェーイング動作

①から⑥のように胸腰椎を後屈させたのち、元に戻る動作である。

### 3. 評価項目

#### 1) 三次元位置センサー

##### (1) 実験装置

体表から胸椎・腰椎・仙骨の挙動を計測するため、研究課題 3-1 と同様、三次元位置センサーを使用した。

##### (2) 測定方法

3つのセンサーを被験者の第10胸椎（以下，T），第3腰椎（以下，L），第1仙椎（以下，S）の棘突起上の皮膚表面に両面粘着テープを用いて貼付し，その上から弾性テープにより固定した（FigureIV-2）。センサーは触診により棘突起上の皮膚表面を確認した後，貼り付けられた。研究課題 3-1 同様，トランスミッターは被験者の背側に，鉛直上向きを天頂とした磁界空間の半球が作られるよう設置した。3つのセンサーが磁界空間内に入るよう，トランスミッターは極力被験者の傍に設置された。測定更新速度を 30Hz に設定し，スウェー動作開始の約 2 秒前から終了するまで測定を行った。

### (3) データ処理

試技中の体幹前後屈（矢状面上の移動である Y 軸周りの回旋）における T, L, S の角度から T-L, L-S 間の相対的な角度変化を経時的に求めた。T-L, L-S 間の相対角度は、それぞれの絶対角度の差である。BOX・CON 間で T-L, L-S 間の最大伸展時における相対角度の相違を検討した。

## 2) 動作分析

### (1) 実験装置および測定方法

スウェー動作時の体幹前後屈角度や下肢各関節の角度を計測するため、スウェー動作を VTR で撮影し動作分析を用いた。FigureIV-3 は、VTR カメラの配置状況を示したものである。本研究では被験者を高速度カメラ 2 台（NAC 社製 HSV500C<sup>3</sup>）を用いて、撮影スピード 250 fields/sec, シャッタースピード 1/1000sec で撮影した。同期には、同期ケーブルと同期ランプを用いた。撮影範囲は X（前後）方向 2m, Y（左右）方向 3m, Z（鉛直）方向 2m とした。

### (2) データ処理

#### A. 3次元座標値の算出

撮影した VTR 画像から、スウェー動作の画像について身体計測点（Figure IV-5）を DKH 社製 Frame-DIAS II Ver.3 を用いて 125 fields/sec でデジタル化した。2 台のカメラの VTR 画像におけるそれぞれの身体計測点とコントロールポイントの 2次元座標から、DLT 法により 3次元座標値を算出した。

得られた座標値は、Butterworth 型デジタルフィルタを用いて平滑化した。遮断周波数は水平座標、鉛直座標ともに 10~15Hz の範囲であった。

#### B. 2次元座標への変換

3次元座標を基に矢状面（XZ 平面）上、前額面（YZ 平面）上、水平面（XY 平面）上での身体計測点の 2次元座標を算出した。



## C. 関節角度の算出

本研究に用いた関節角度および部分角度を以下のように定義した。以下の角度はいずれも矢状面（XZ 平面）における角度を示し，各々の角度を BOX, CON 間で比較・検討した。

### a. 肩－上前腸骨棘角度

左右肩峰の midpoint と左右上前腸骨棘 midpoint を結んだ線分が正中線から後屈する角度を肩－上前腸骨棘角度とした。スウエー動作全体の角度変化量を求めた。

### b. 肩－大転子角度

左右肩峰の midpoint と左右大転子 midpoint を結んだ線分が正中線から後屈する角度を肩－大転子角度とした。スウエー動作全体の角度変化量を求めた。

### c. 上前腸骨棘－大転子角度

左右上前腸骨棘の midpoint と左右大転子 midpoint を結んだ線分が正中線から後屈する角度を上前腸骨棘－大転子角度とした。スウエー動作全体の角度変化量を求めた。

### d. 股関節角度

上前腸骨棘と大転子を結んだ線分と，大転子と膝関節を結んだ線分がなす角を股関節角度とした。スウエー動作全体の角度変化量を求めた。利き脚（後方の脚），非利き脚（前方の脚）各々について求めた。

### e. 膝関節角度

大転子と膝関節を結んだ線分（大腿）と膝関節と足関節を結んだ線分（下腿）がなす角を膝関節角度とした。スウエー動作全体の角度変化量を求めた。利き脚（後方の脚），非利き脚（前方の脚）各々について求めた。

### 3) 表面筋電図

#### (1) 実験装置と測定方法

##### A. 被検筋

筋電位測定 of 被検筋は、大腿直筋 (Rectus femoris muscle; RF), 腹直筋 (Rectus abdominis muscle; RA), 外腹斜筋 (External oblique muscle; EO), 内腹斜筋-腹横筋 (Internal oblique muscle - transversus abdominis muscle; IO-TrA), 多裂筋 (Multifidus muscle; MF) とした。なお RF, RA, EO は利き手側の片側のみ, IO-TrA, MF は両側から聴取し, 以上 7 筋を被験筋とした。

##### B. 電極貼付

電極貼付にあたり皮膚抵抗を減らし, 電極の粘着をよくするために貼付箇所 of 剃毛および皮膚 of アルコール脱脂を行い電極接触部分 of 一部を針によって剥離し, 角質 of 除去を行った。電極貼付には両面粘着テープとテーピング用伸縮テープを用いた。電極は双極表面電極(日本光電社製; NT-511G)を使用した。電極は神経支配体 of 位置を避け, 各筋 of 筋線維走行と平行になるように貼り付けた。電極間距離は, すべて of 被検筋において 20mm とした。貼付部位は, RF は下前腸骨棘付近と膝蓋骨上縁を結んだ中央部, RA は臍より約 3cm 外方, EO は肋骨弓後縁と腸骨稜の中間, IO-TrA は上前腸骨棘から 2cm 内下方, MF は第 4 および第 5 腰椎棘突起間の外方 2cm とした。尚, 電極貼付後に各筋が特異的に働くと考えられる動作を行い, 近傍の筋からのクロストークがないことを確認した。

##### C. データ取り込みおよび同期の設定

導出された筋電位は, Multi Telemeter (日本光電社製; WEB5000) を使用して, 時定数 0.03 秒で増幅し, AD 変換器 (モンテシステム社製; MP100WS) によってサンプリング周波数 1000Hz で A/D 変換した。また高速度カメラと筋電位を同期装置を用いて同期させ, 筋電位と同様, A/D 変換した。変換後のデジ

タル信号は，生体電気信号処理ソフト AcqKnowledge version3.7.3 (Biopac Systems 社製) を用いてパーソナルコンピュータ (Dell 社製; Inspiron1100) に取り込み，リアルタイムモニタリングの後，保存した。

#### D. 最大随意収縮時の筋電位測定

各条件間の筋電位を比較するために，標準化の指標として最大随意収縮 (Maximum Voluntary Contraction: MVC) 時の筋電位測定を行った。筋電位の測定条件に関しては，前述した試技中の筋電位測定と同様である。MVC の導出は，3 秒間の随意的な最大等尺性収縮を 3 回行わせ，そのときの筋電位を記録した。尚，すべての筋の MVC 実施にあたり，対象は予備的な練習を行い，肢位および収縮方法が十分に確認された状態で筋電位測定をおこなった。

### (2) データ処理および検討項目

#### A. 筋電位波形処理

測定した筋電位は，Butterworth 型デジタルフィルタを利用して，20Hz～500Hz でバンドパスフィルタリングを行うことでムーブメントアーチファクトを除去し，その後全波整流を行った。

#### B. スウェー動作の定義と筋活動量算出

スウェー動作の筋電位は，同期させた高速度カメラからスウェー動作を 2 相に分けた後，算出した。動作は①体幹が後屈し始めてから後屈が終了するまでを第 1 相 (以下，スウェー行)，②体幹が前屈し始めてから前屈が終了するまでを第 2 相 (以下，スウェー戻)，以上の 2 相に分類した。上記各相あたりの筋電位についての整流平均値 (Average Rectified Value: ARV) を算出した。MVC 時の筋電位は，1000msec 間の振幅の合計が最大となる区間を特定し，そのときの ARV を算出した。試技中の ARV を MVC 時の ARV (100%MVC) で除すことによって，%MVC を算出し，比較対象とした。

#### 4. 統計処理

測定結果は平均値±標準偏差で示した.

- 1) 三次元位置センサー：対応のない t 検定を行った.
- 2) 動作分析：対応のない t 検定を行った.
- 3) 表面筋電図：2 元配置分散分析を行い，有意性が認められた項目については Bonferroni 法による多重比較検定を行った.

実験データの統計処理には，統計解析ツール Dr.SPSS II (SPSS 社製;東京)を用いて，有意水準は 5%とした．また危険率 5%以上 10%未満を傾向ありとした．

### 第3節 結果

#### 1. 三次元位置センサー

##### 1) T-L間の相対角度

T-L間の最大伸展角度の相対値はBOXが $0.2 \pm 5.3^\circ$ であり, CONが $5.0 \pm 7.2^\circ$ であった. CONが最大伸展角度は大きかったものの, 2群間に有意差はなかった. ( $p=0.16$ , Table V-1)

##### 2) L-S間の相対角度

L-S間の最大伸展角度の相対値はBOXが $23.5 \pm 7.6^\circ$ であり, CONが $22.5 \pm 7.8^\circ$ であった. 2群間に有意差はなかった. ( $p=0.80$ , Table V-1)

Table V-1 スウェー動作時のT-L間・L-S間の最大伸展角度

	BOX	CON	p値
T-L間	$0.2 \pm 5.3$	$5.0 \pm 7.2$	0.16
L-S間	$23.5 \pm 7.6$	$22.5 \pm 7.8$	0.80

#### 2. 動作分析

##### 1) 肩-上前腸骨棘角度

肩-上前腸骨棘角度の変化量はBOXが $24.6 \pm 15.4^\circ$ であり, CONが $24.9 \pm 17.5^\circ$ であった. 2群間に有意差はなかった. ( $p=0.86$ , Table V-2)

##### 2) 肩-大転子角度

肩-大転子角度の変化量はBOXが $23.7 \pm 13.5^\circ$ であり, CONが $23.1 \pm 15.9^\circ$

であった。2群間に有意差はなかった。(p=0.93, Table V-2)

### 3) 上前腸骨棘－大転子角度

上前腸骨棘－大転子角度の変化量は BOX が  $0.5 \pm 3.8^\circ$  であり, CON が  $2.5 \pm 2.5^\circ$  であった。CONは伸展角度が大きかったものの, 2群間に有意差はなかった。(p=0.27, Table V-2)

### 4) 股関節角度

股関節角度の変化量は利き脚の BOX が  $24.6 \pm 8.1^\circ$ , 同 CON が  $29.3 \pm 13.3^\circ$ , 非利き脚の BOX が  $26.7 \pm 9.1^\circ$ , 同 CON が  $33.6 \pm 12.0^\circ$  であった。利き脚, 非利き脚ともに 2群間に有意差はなかった。(利き脚:p=0.41, 非利き脚:p=0.23, Table V-3)

### 5) 膝関節角度

膝関節角度の変化量は利き脚の BOX が  $16.8 \pm 5.5^\circ$ , CON が  $20.1 \pm 12.3^\circ$  であり, 2群間に有意差はなかった(p=0.50, Table V-3)。一方, 非利き脚の BOX は  $13.9 \pm 5.1^\circ$ , CON は  $23.1 \pm 11.5^\circ$  であった。CONの方が膝関節角度変化量が大きくなる傾向を認めた。(p=0.06, Table V-3)

Table V-2 動作分析によるスウェー動作時体幹後屈角度の変化量

	BOX	CON	p 値
肩－上前腸骨棘	$24.6 \pm 15.4$	$24.9 \pm 17.5$	0.86
肩－大転子	$23.7 \pm 13.5$	$23.1 \pm 15.9$	0.93
上前腸骨棘－大転子	$0.5 \pm 3.8$	$2.5 \pm 2.5$	0.27

Table V-3 動作分析によるスウェー動作時股関節および膝関節屈伸角度の変化量

	BOX	CON	p 値
股関節 (利)	24.6 ± 8.1	29.3 ± 13.3	0.41
股関節 (非)	26.7 ± 9.1	33.6 ± 12.0	0.23
膝関節 (利)	16.8 ± 5.5	20.1 ± 12.3	0.50
膝関節 (非)	13.9 ± 5.1	23.1 ± 11.5	0.06

### 3. 表面筋電図

#### 1) BOX・CON間におけるスウェー各相の相違

##### (1) スウェー行

スウェー行の各筋の%MVCの結果、BOXはRFが24.8±21.2%、RAが18.9±9.5%、EOが34.4±23.9%、D/IO-TrAが29.3±26.3%、N/IO-TrAが43.3±30.8%、D/MFが23.2±14.6%、N/MFが19.0±17.4%であった。CONはRFが36.4±15.1%、RAが18.8±9.6%、EOが86.6±34.5%、D/IO-TrAが30.8±13.1%、N/IO-TrAが77.2±76.4%、D/MFが24.5±9.6%、N/MFが20.6±12.1%であった。スウェー行の筋活動量では両群ともEOおよびN/IO-TrAが大きかった。BOXとCON間でEOおよびN/IO-TrAの活動量に有意差が認められ、CONの筋活動が有意に大きかった。

各群の筋間の活動では、BOXは各筋間で有意差が認められなかった一方、CONではEOとRA、D/IO-TrA、N/MF、D/MFの間に有意差が認められた。またN/IO-TrAとRA、N/MFの間に有意差が認められた。(Figure V-2)。

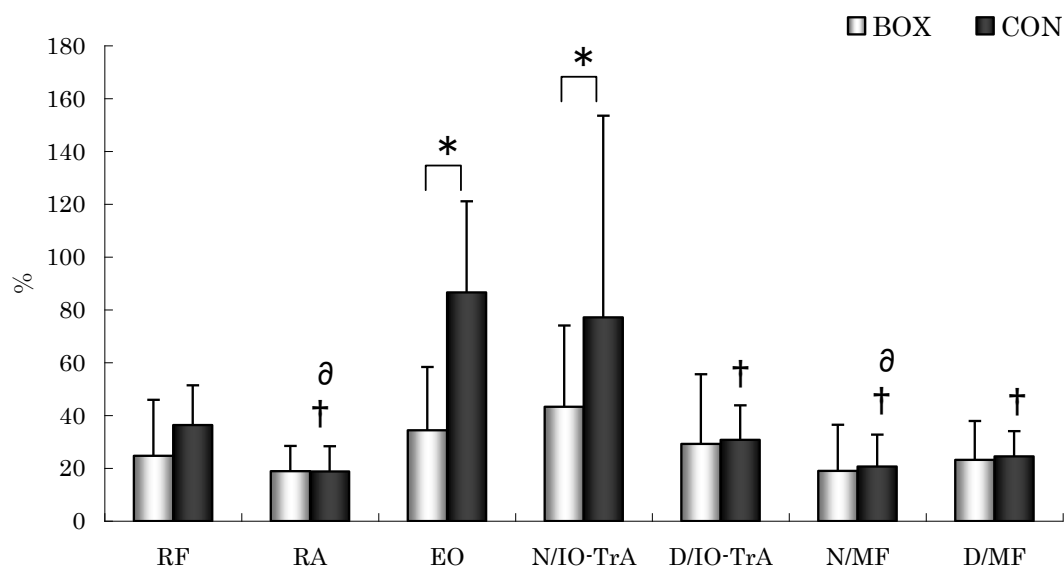


Figure V-2 BOX・CON間におけるスウェー行の筋活動

\* :  $p < 0.05$

† : vs EO(CON)  $p < 0.05$

∂ : vs N/TrA-IO(CON)

## (2) スウェー戻

スウェー戻の各筋の%MVCの結果、BOXはRFが $70.3 \pm 61.2\%$ 、RAが $9.3 \pm 6.8\%$ 、EOが $15.2 \pm 9.4\%$ 、D/IO-TrAが $15.5 \pm 9.4\%$ 、N/IO-TrAが $17.8 \pm 12.9\%$ 、D/MFが $80.2 \pm 92.0\%$ 、N/MFが $19.3 \pm 15.1\%$ であった。CONはRFが $23.6 \pm 10.4\%$ 、RAが $11.2 \pm 8.1\%$ 、EOが $27.9 \pm 17.8\%$ 、D/IO-TrAが $24.8 \pm 11.7\%$ 、N/IO-TrAが $37.3 \pm 42.4\%$ 、D/MFが $29.5 \pm 13.1\%$ 、N/MFが $28.9 \pm 13.2\%$ であった。スウェー戻の筋活動量ではBOXではD/MFおよびRFの筋活動が大きく、CONではN/IO-TrAおよびD/MFの筋活動が大きかった。BOXとCON間でRFおよびD/MFにおいて各筋の活動量に有意差が認められ、BOXの筋活動がそれぞれ有意に大きかった。

各群の筋間の活動では、BOXはD/MFとRAの間に有意差が認められた。

(Figure V-3)



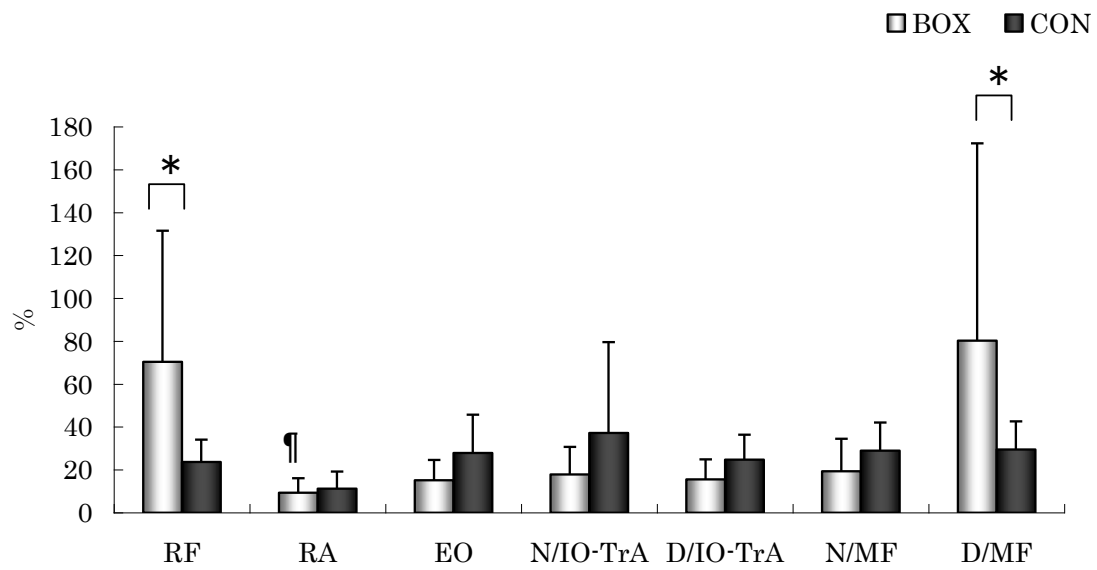


Figure V-3 BOX・CON間におけるスウェー戻の筋活動

\* :  $p < 0.05$

¶ : vs D/MF(BOX)  $p < 0.05$

## 2) BOX・CON 内におけるスウェー各相の相違

### (1) BOX

BOX 内における各筋の%MVCの結果，スウェー行，スウェー戻間における筋の活動量に有意差が認められた．スウェー戻の RF および D/MF の筋活動量がスウェー行に比べて有意に大きかった．(Figure V-4)

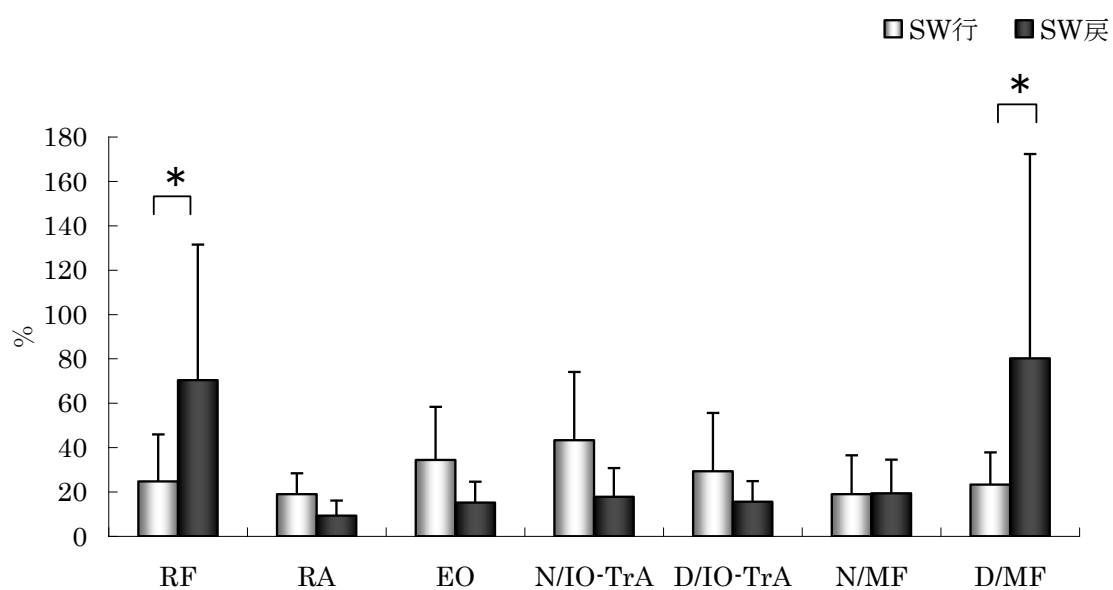


Figure V-4 スウェー各相における筋活動 (BOX)

\* :  $p < 0.05$

(2) CON

CON 内における各筋の%MVCの結果，スウェー行，スウェー戻間における筋の活動量に有意差が認められた．スウェー行のEOおよびN/IO-TrAの筋活動量がスウェー戻に比べて有意に大きかった．(Figure V-5)

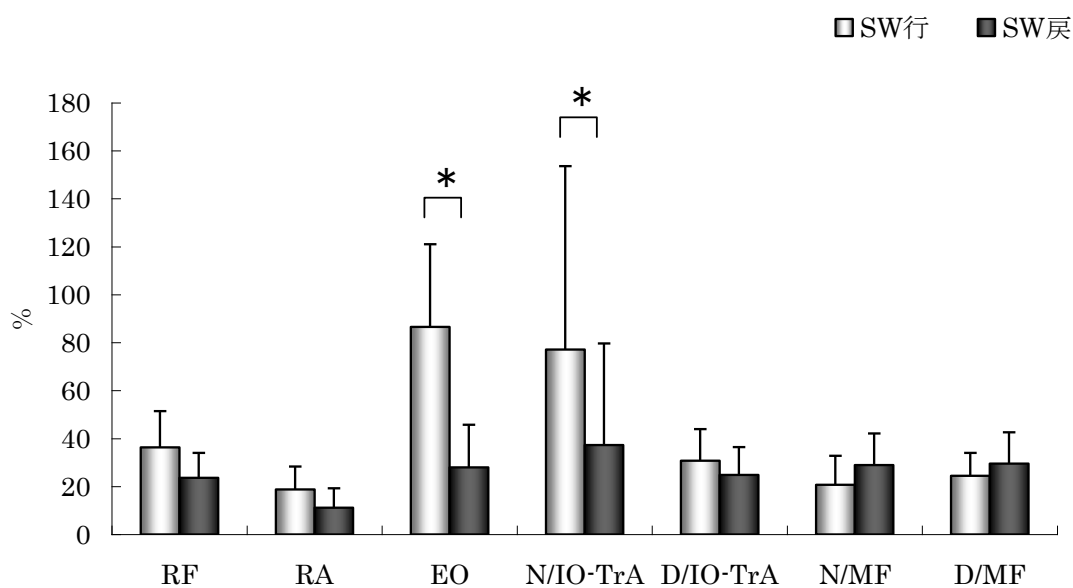


Figure V-5 スウェー各相における筋活動 (CON)  
\* :  $p < 0.05$

## 第4節 考察

### 1. スウェー動作時の体幹挙動について

三次元位置センサーでは BOX と CON の間で、T-L 間の相対角度と L-S 間の相対角度のいずれも差は認められなかった。スウェー動作はボクシングの防御技術の中で、体幹を後屈させてパンチをよける技術である（永松, 1987）。その際には体幹（胸腰椎）を後屈させるが、その角度は BOX, CON に差は認められず、三次元位置センサーで約  $23^{\circ}$ 、肩-上前腸骨棘角度、肩-大転子角度また動作分析においても肩-上前腸骨棘角度および肩-大転子角度は BOX, CON とともに  $23\sim 24^{\circ}$  であり、いずれの値も同様の結果であった。ボクシング競技においてスウェー動作の角度評価はこれまで行われていないことから、スウェー動作時の胸腰椎の後屈角度として参考値になると考えられる。

動作分析では体幹の後屈角度の結果、三次元位置センサー同様、BOX と CON の間で、肩-上前腸骨棘角度、肩-大転子角度いずれも差がなかった。また骨盤の後傾角度である上前腸骨棘-大転子角度にも差はなかった。股関節と膝関節の角度変化量の結果、非利き脚の膝関節においてのみ差があり、CON において角度が大きな傾向が認められた。動作分析のうち股関節と膝関節の角度変化量では、非利き脚（前方の脚）の膝関節においてのみ、CON の方が BOX よりも角度変化量が大きくなる傾向が認められた。以上より CON では BOX よりもスウェー動作において胸腰椎を後屈させる際、下肢をより深く屈曲させることで重心の後方移動へ抗していたことが示唆された。

スウェー動作はボクシングの防御技術の中で、体幹（胸腰椎）を後屈させてパンチをよける防御技術である（永松, 1987）。日本国内ではスウェー動作の指導の際、胸腰椎を後屈させることに重点が置かれている（豊嶋, 1992; 齋藤, 1994）。一方、同じスウェー動作でも英国では Lay Back (Blower, 2007)、米国では Sway や Pull (Hatmaker, 2004) と呼ばれており、胸腰椎を後屈するこ

とよりも、利き側の脚（後側の脚）の膝関節を屈曲することで体幹全体を後側へ倒すことを指導上、強調している（Blower, 2007; Hatmaker, 2004）。本結果から、BOXはCONよりも日本国内のボクシング指導書にある方法に近い形で、スウェー動作を行っていたことが示された。

## 2. スウェー時の筋活動について

表面筋電図ではBOXとCON間の%MVCにおいて、スウェー行ではEOおよびN/IO-TrAに有意差が認められ、CONの筋活動が有意に大きかった。ボクシングの構え姿勢は、利き手側が後側になる斜め姿勢である（Figure V-1）。その形のまま体幹が後屈するために、体幹（胸腰椎）が利き手側、つまり後方へ斜めに引かれるのに抗する形、例えば右利き選手では胸腰椎が後屈しながら、右回旋したために、利き手側のEOおよび非利き手側のIO-TrAが遠心性収縮したため、このような結果が得られたと考えられる。さらにCONではBOXよりもEO、N/IO-TrAの筋活動が有意に大きく、CONのEOとN/IO-TrAは同じCONの他の筋と比較しても有意に筋活動が大きかった。CONではパンチ動作時と同様、スウェー動作においても不慣れな運動のために、EOとN/IO-TrAを他の体幹筋群と協調的に働くことができず、活動が大きくなりすぎていた可能性が示唆された。

スウェー戻ではRFおよびD/MFにおいて有意差が認められ、BOXの筋活動が有意に大きかった。スウェー戻は後屈した体幹がもとの構えの位置へ戻る相である。BOXでは後方へ倒れた体幹を素早く戻すため、利き脚（後脚）で支えていたために後脚であるRFの筋活動が大きくなったことが示唆された。同様にBOXではもとの構え姿勢にもどったために体幹が軽度前屈し、その結果、利き手側のMFの筋活動が大きくなったことが示唆された。一方、CONでは体幹の前屈が起こるほどの構え姿勢までは戻っていなかったため、MFの活動量は小さかったことが示唆された。Horak & Nashner (1986) は外乱による身体動揺に対する共同筋活動の研究において、床面が前方に移動後に身体が後方へ

倒れる際には，前脛骨筋，大腿四頭筋，腹筋の順に筋活動がおこることを報告している．また同様に床面が後方に移動後，身体が前方へ倒れる際には，腓腹筋，ハムストリングス，脊柱起立筋の順に筋活動が起こっていたと報告している．本研究でも体幹が後屈した結果，EO，N/IO-TrA，さらには RF の筋活動が大きくなっていたと考えられた．

## 第5節 まとめ

ボクシング熟練者 (BOX) と初心者 (CON) に分けて、ボクシングの胸腰椎伸展による防御動作であるスウェー動作時の体幹回旋挙動と体幹筋活動を比較した。

1. 三次元位置センサーの結果、BOX・CON 群間の胸腰椎伸展角度に差はなかった。またいずれの群も腰椎伸展角度は約  $23^{\circ}$  であった。
2. 動作分析の結果、CON は BOX よりも非利き脚の膝関節角度変化量が大きくなる傾向を認めた。
3. 表面筋電図では BOX と CON 間の %MVC において、スウェー行では EO および N/IO-TrA に有意差が認められ、CON の筋活動が有意に大きかった。スウェー戻では RF および D/MF において有意差が認められ、BOX の筋活動が有意に大きかった。
4. CON は BOX よりも膝関節の屈曲を用いてスウェー動作を行いながら、スウェー行ではローカル筋活動が大きかった一方、BOX は CON よりもスウェー戻に RF, D/MF を活動させることで、構え姿勢まで戻っていた可能性が示された。

## 第 6 章

### 総 括

#### 第 1 節 結論

##### 1. アマチュアボクシング選手の外傷・障害調査

研究課題 1 において，日本国内のアマチュアボクシング選手における腰痛経験者を調査する目的でアンケート調査を行った結果，国内のボクシング選手は諸外国と比べ，腰痛の割合が多かった．腰痛経験者はジュニアで全外傷・障害発生部位のうちで 28.6%と 2 番目に多かった．その割合はシニアの腰痛経験者（17.5%）に比べても多く，外傷・障害発生件数もジュニアの方がシニアに比べて多かった．仮説とは異なり，ジュニアからレベルの高いシニアに移行するに従い，シニアの選手ではジュニアのときに腰痛の経験のないものが，日本のトップレベルまで競技を継続できている可能性が示唆された．

##### 3. 大学ボクシング選手の腰痛と身体特性

大学アマチュアボクシング選手にみられる腰痛の特性を調査した．腰痛経験者は 120deg/sec の角速度の体幹回旋最大筋力が腰痛あり群で有意に低値を示した．また，腹筋群の筋力が低下していたことが示された．さらに画像所見の結果，対象選手のうち 27.8%に腰椎分離所見が認められた．本研究の対象者数は少ないものの，椎骨の運動分節後方部分に負荷のかかる動作がボクシング競技において多いことがこの理由として考えられた．



#### 4. ボクシングの攻撃・防御動作時の腰部挙動および体幹筋活動の検討

研究課題 1, 2 の結果から, ボクシング動作時の体幹筋活動と腰部挙動を明らかにすることは, ボクシング選手の腰痛の原因を解明する一助になると考えた。しかし, これまでスポーツ動作時の体幹筋活動を調査している研究が少ない。そこで, まず腰痛の既往のない者を対象者とし, ボクシング経験者と未経験者に分け, ボクシングの攻撃動作であるストレートパンチ動作 (研究課題 3-1) と防御動作であるスウェーイング動作 (研究課題 3-2) を行わせ, 体幹挙動と体幹筋活動を比較した。

研究課題 3-1 の結果, ボクシング経験者は下肢をその場で速く移動させると同時に, 骨盤を大きく回旋させ, パンチ動作を行っていたのに対し, 未経験者は下肢動きが少なく, 主に体幹を回旋させ, パンチ動作を行っていた。また未経験者は経験者よりもパンチ動作時の内腹斜筋-腹横筋 (ローカル筋) 活動量が大きいことが示された。

研究課題 3-2 の結果, 未経験者は経験者よりも膝関節の屈曲し, スウェーイング動作を行っており, スウェーイング動作では腹直筋, 内腹斜筋-腹横筋活動が大きかった。一方経験者は未経験者よりもスウェーイングに戻りに大腿直筋, 多裂筋活動させることで, 構え姿勢まで戻っていたことが示唆された。

以上より, スポーツ動作時の体幹筋活動の測定は可能であることが示唆され, 腰痛予防の観点からボクシング初心者がボクシング動作を行う際には, 第一にパンチ動作において体幹 (胸椎・腰椎) の捻じれを防ぐため, 体幹全体, 特に骨盤部を回旋させること。第二にボクシング動作の際には内腹斜筋-腹横筋 (ローカル筋) のみに筋活動が集中しすぎないように, ローカル筋を始めとした腹筋群全体を強化していくことが重要であることが示唆された。このことはボクシング初心者の腰痛を防ぐための一知見として役立たせることが可能であると思われる。

## 第2節 今後の展望

### 1. ボクシング競技と腰痛について

本研究ではジュニアとシニアのボクシングによる外傷・障害特性の違い，ボクシング選手にみられる腰痛の特性，ボクシング経験者と未経験者のストレートパンチ動作とスウェーイング動作の違いからボクシング動作から腰痛に至ると考えられる要因を明らかにすることを試みた．今後は腰痛のある選手でパンチ動作等の評価を行い，腰痛によるボクシング動作の変化を本研究で用いた動作分析や筋電図といった手法により解析していく必要がある．

ボクシング競技は手拳部により対戦相手に直接，加撃するコンタクト競技であり，一試合の中で攻防が常に変化する．ボクシング競技の多々ある動作技術のなかで，本研究ではストレートパンチ動作とスウェーイング動作を取り上げている．そのためにボクシング競技全体を概説できる内容ではない．また本研究で取り上げた動作は空中にパンチを放つ動作であり，実際の的にあててはいない．今後はパンチ動作では実際に的にパンチを加え，その衝撃力を評価し，その際の体幹筋活動の変化を本研究の結果と比較する等，ボクシング競技の実際の動きに近づけて，研究を継続していく必要があると考える．

ボクシングの技術向上という点から考えると，日本のボクシング選手の技術と海外のボクシング選手との技術の違いが示唆される結果も得られていたことから，日本国内と海外の選手の技術を比較・検討していく必要もあると考えられる．

### 2. スポーツ選手と腰痛について

各種スポーツにおける実際の動作でローカル筋，グローバル筋活動の相違がどのように脊椎の安定性に寄与しているのか，という観点から検討された研究は少ない．様々なスポーツ動作に着目し，そのスポーツ特有の動作からローカル筋，グローバル筋活動の違いを研究していくことは，腰痛の予防の観点から

みた効果的な筋活動の究明につながると考える。将来的には腰痛を予防するための動作が、そのスポーツにとって効率のよい動作につながり、パフォーマンスの向上に寄与できる可能性もあると考える。特に運動連鎖を用いて胸腰椎の回旋動作を行うことで、下肢の力を上肢へ伝える競技、例えば野球のバッティング動作やゴルフのスイング動作等には、本研究の結果が応用できると考えられ、今後も様々な動作で継続して研究を行っていく必要があると考える。

### 3. 本研究の限界

本研究で解析を行ったローカル筋である腹横筋、多裂筋は体幹深部にある筋である。先行研究では身体表面からでも実際に深部筋の活動と同様の筋活動が得られていたことから (Hodges & Richardson, 1997a)、本研究では表面筋電図によりローカル筋活動の解析を行った。しかしながら、さらに厳密に解析を進めるためには、今後は体幹深部の筋に直接、ワイヤー電極や針電極を刺入して実際のローカル筋活動を確認していく必要がある。腰部の安定性を筋活動だけではなく、実際の椎骨の動きをモニターするなどして評価を行うことも重要である。

### 4. 現場への啓蒙

本研究で得られた結果をもとに、体幹、特にローカル筋を中心とした腹筋群を強化するトレーニングの重要性をボクシング選手に継続的に教授していくことが必要である。またトレーニングにおいては、体幹筋や下肢筋強化といったトレーニングだけでなく、股関節周囲を中心にして身体各部位のバランスのとれた柔軟性獲得のためのストレッチングの重要性を、スポーツ現場にエビデンスとして粘り強く伝えていくことが、スポーツ選手の腰痛の予防の観点から重要であると考えられる。

## 謝 辞

博士論文の執筆を終えるにあたり、多くの方々に御指導を承り、また御支援頂きましたことに深甚なる謝意を表します。人間総合科学研究科スポーツ医学専攻 田中喜代次教授ならびに向井直樹准教授、臨床医学系整形外科 坂根正孝准教授におきましては、快く主査及び副査を引き受けて頂いたこと、審査会における建設的な御意見を頂いたことによって博士論文の厳密さを高めることができたことを感謝致します。

公私に渡り多大なる御指導を賜りました、人間総合科学研究科スポーツ医学専攻 宮川俊平教授には深甚なる謝意を表します。本学大学院に入学してからの計5年間、先生のもとで学ばせていただき、研究者としてのありかたについて御指導を賜り、自分自身を高めることができました。心より感謝いたします。本専攻 宮本俊和准教授、早稲田大学スポーツ科学学術院 金岡恒治准教授には研究計画以前に、研究とは何かという初歩の段階から多大なる御指導を賜り、深く感謝しております。また数多くの御助言、御指導を賜りました本専攻 白木仁教授、竹村雅裕講師には深く感謝しております。

本研究を遂行するにあたり、ボクシング競技全体を通して多大なるご協力を頂きました法政大学人間環境学部 日浦幹夫准教授、永野秀雄教授、法政大学ボクシング部監督 斎藤誠氏に心より感謝しております。筑波大学大学院博士課程人間総合科学研究科 大久保雄氏、永井智氏、池宗佐知子氏、辰村正紀先生、椎名逸雄先生、関東学園大学スポーツセンター 田口直樹氏、国立スポーツ科学センター 半谷美夏先生、筑波大学大学院博士課程スポーツ医学専攻およびスポーツ医学研究室の方々、宮本研究室の方々には、日頃から多くの協力および示唆を頂き、感謝しております。また法政大学ボクシング部、ワールドスポーツボクシングジム、駒澤大学ボクシング部、早稲田大学ボクシング部、自衛隊体育学校ボクシング班、千葉県アマチュアボクシング連盟、日本アマチュアボクシング連盟の選手・指導者・関係者・保護者の皆様には、快く研究に協力をいた

だきましたことを記して感謝いたします。

最後に、多忙な研究生活に理解を示し、精神面の大きな支えとなってくれた妻である朱美には心より感謝しています。

## 文 献

- 阿部均 (2000) 競技スポーツと腰痛 メディカルチェックにおける疫学調査.  
脊椎脊髄ジャーナル 13: 489-495
- 秋本毅, 河野左宙, 笠原俊昭, 須川勲, 桑渡田恵生 (1980) 脊椎分離の発生と  
その初期治療. 整形災害外科 23: 1653-1660
- American Academy of Neurology (1997) Practice parameter The  
management of concussion in sports (summary statement): Report of the  
Quality Standards Subcommittee. Neurology 48: 581-585
- 青木治人, 清水邦明 (1993) 発育期サッカー少年のスポーツ外傷・障害. 臨床  
スポーツ医学 10: 1427-1431
- Armstrong S (1967) Lumber disc lesion. Edinbargh: Livingstone, 35-45
- 浅見俊雄 (1990) 体力運動能力の測定. 臨床スポーツ医学 臨時増刊 vol.7:  
36-38
- 浅見俊雄, 宮下充正, 渡辺融 (1984) 現代体育・スポーツ大系 21 レスリング・  
ウェイトリフティング・ボクシング. 講談社: 東京, 152-192
- Augustus A, White III, Manohar M, Panjabi (1990) Clinical Biomechanics of  
the Spine. Lippincott Williams & Wilkins; 2 edition, 107
- Barr KP, Griggs M, Cadby T (2005) Lumbar stabilization: core concepts and  
current literature, Part 1. Am J Phys Med Rehabil 84: 473-480
- Beimborn DS, Morrissey MC (1988) A Review of the Literature Related to  
Trunk Muscle Performance. Spine 13: 655-660
- Bergmark A (1989) Stability of the lumbar spine. A study in mechanical  
engineering. Acta Orthop Scand Suppl 230: 1-54
- Bianco M, Pannozzo A, Fabbriatore C, Sanna N, Moscetti M, Palmieri V,  
Zeppilli P. (2005) Medical survey of female boxing in Italy in 2002-2003.  
Br J Sports Med 39: 532-536

- Bledsoe G, Li G, Levy F (2005) Injury risk in professional boxing. *South Med J* 98: 994-998
- Bledsoe GH, Li G, Levy F (2005) Injury risk in professional boxing. *South Med J* 98: 994-998
- Blower G (2007) *BOXING Training, Skills and Techniques*. The Crowood Press: Wiltshire, 37
- Bull A, McGregor A (2000) Measuring spinal motion in rowers: the use of an electromagnetic device. *Clinical Biomechanics* 15: 772-776
- Cantu RC (1998) Second-impact syndrome. *Clin Sports Med* 17: 37-44
- Cherkin DC, Wheeler KJ, Barlow W, Deyo RA (1998) Medication use for low back pain in primary care. *Spine* 23: 607-614
- Cholewicki J, McGill S (1996) Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech* 11: 1-15
- Cholewicki J, McGill SM, Norman RW (1991) Lumbar spine loads during the lifting of extremely heavy weights. *Med Sci Sports Exerc* 23: 1179-86
- Chou R, Qaseem A, Snow V, Casey D, Cross JT Jr, Shekelle P, Owens DK (2007) Clinical Efficacy Assessment Subcommittee of the American College of Physicians; American College of Physicians; American Pain Society Low Back Pain Guidelines Panel. Diagnosis and treatment of low back pain: a joint clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. *Ann Intern Med* 147: 478-491
- Cooper RG, St Clair Forbes W, Jayson MI (1992) Radiographic demonstration of paraspinal muscle wasting in patients with chronic low back pain. *British Journal of Rheumatology* 31: 389-394
- Cresswell A (1993) Responses of intra-abdominal pressure and abdominal muscle activity during dynamic trunk loading in man. *Eur J Appl Physiol*

- Occup Physiol 66: 315-320
- Cresswell A, Blake P, Thorstensson A (1994) The effect of an abdominal muscle training program on intra-abdominal pressure. Scand J Rehabil Med 26: 79-86
- Cresswell AG, Grundström H, Thorstensson A (1992) Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intra-muscular activity in man. Acta Physiol Scand 144: 409-418
- Cyron BM, Hutton WC, Troup JD (1976) Spondylolytic fractures. J Bone Joint Surg Br. 58-B(4): 462-466
- Davies GJ (1987) A compendium of isokinetics in clinical usage. 3rd ed. S&S Publishers, United kingdom: 1-108
- De Troyer A, Estenne M, Ninane V, Van Gansbeke D, Gorini M (1990) Transversus abdominis muscle function in humans. J Appl Physiol 68: 1010-1016
- Delitto A, Rose SJ, Crandell CE, Strube MJ (1991) Reliability of isokinetic measurements of trunk muscle performance. Spine 16: 800-803
- Deyo RA, Rainville J, Kent DL (1992) What can the history and physical examination tell us about low back pain? JAMA 268: 760-765
- d'Hemecourt PA, Gerbino PG 2nd, Micheli LJ (2000) Back injuries in the young athlete. Clin Sports Med 19(4): 663-79
- Dreisinger E, Nelson B (1996) Management of back pain in athletes. Sports Med 21: 313-320
- Feuerstein M, Marcus SC, Huang GD (2004) National trends in nonoperative care for nonspecific back pain. Spine J 4: 56-63
- 福原俊一, 鈴嶋よしみ, 高橋奈津子, 紺野慎一, 菊池臣一 (2003) RDQ 日本語 JOA 版マニュアル: 東京, 4-26
- Gambrell R (2007) Boxing: Medical Care In and Out of the Ring. Current



- Sports Medicine Reports 6: 317–321
- Gatt CJ Jr, Hosea TM, Palumbo RC, Zawadsky JP (1997) Impact loading of the lumbar spine during football blocking. *Am J Sports Med* 25: 317-321
- Granhed H, Morelli B (1988) Low back pain among retired wrestlers and heavyweight lifters. *Am J Sports Med* 16: 530-533
- Hangai M, Kaneoka K, Hinotsu S, Shimizu K, Okubo Y, Miyakawa S, Mukai N, Sakane M, Ochiai N (2009) Lumbar intervertebral disk degeneration in athletes. *Am J Sports Med* 37(1):149-55
- Harmon KG (1999) Assessment and management of concussion in sports. *Am Fam Physician* 60: 887-892
- Hasue M, Fujiwara M, Kikuchi S (1980) A new method of quantitative measurement of abdominal and back muscle strength. *Spine* 5: 143-148
- Hatmaker M (2004) *Boxing Mastery*. Tracks Publishing: California, 132-135
- Healy JF, Healy BB, Wong WH, Olson EM (1996) Cervical and lumbar MRI in asymptomatic older male lifelong athletes: frequency of degenerative findings. *J Comput Assist Tomogr.* 20:107-112
- Hickey J, Fricker A, McDonald A (1997) Injuries to elite rowers over a 10-yr period. *Med Sci Sports Exerc* 29: 1567-1572
- Hides JA, Stokes MJ, Saide M, Jull GA, Cooper DH (1994) Evidence of lumber multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine* 19: 165-172
- Hodges P, Richardson C (1996) Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine* 21: 2640-2650
- Hodges P, Richardson C (1997a) Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther* 77: 132-142
- Hodges P, Richardson C (1997b) Feedforward contraction of transversus

- abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res* 114: 362-370
- Hodges P, Richardson C (1997c) Relationship between limb movement speed and associated contraction of the trunk muscles. *Ergonomics* 40: 1220-1230
- Horak FB, Nashner LM (1986) Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol* 55: 1369-1381
- Ichikawa N, Ohara Y, Morishita T, Taniguichi Y, Koshikawa A, Matsukura N (1982) Aetiological study on spondylolysis from a biomechanical aspect. / Une etude etiologique de la spondylolysis sous son aspect biomecanique. *British Journal of Sports Medicine* 16: 135-141
- 市川宣恭, 広橋賢次, 小松堅吾, 若林亘, 長田明, 馬場康夫, 渡辺径宏, 越宗正晃, 黒田晃司, 松田英樹, 神原俊和, 前田勉 (1974) スポーツ選手の腰部障害 特に重量物挙上様式をとる種目を中心として. *臨床整形外科* 9: 140-148
- 市川宣恭, 若林亘, 越宗正晃, 黒田晃司, 越川亮 (1975) スポーツ選手の腰部障害—特に脊椎分離を中心として—. *災害医学* 12: 931-937
- 池上康男 (1983) 写真撮影による運動の3次元解析法. *Jpn J Sports Sci* 2: 163-170
- 岩井一志, 中里浩一, 入江一憲, 藤本英男, 中嶋寛之 (2002) 腰痛を有する大学レスリング選手の身体的特徴. *体力科学* 51: 423-436
- 泉重樹, 宮川俊平, 宮本俊和, 金岡恒治, 日浦幹夫 (2007) 経絡テストによる大学ボクシング選手のコンディション評価. *日本臨床スポーツ医学会誌* 15(3): 385-394
- Izumi S, Miyakawa S, Miyamoto T, Kaneoka K, Hiura M (2009) Application of M-Test for evaluation of the physical condition of boxers; Comparison of the results between those with and without a history of low back pain.

Acupuncture in Medicine (投稿中)

泉重樹, 宮本俊和, 原賢二, 池宗佐知子, 堀雅史, 宮川俊平 (2006) 大学ボクシング部におけるトレーナー活動ー鍼治療を中心にした報告ー. 全日本鍼灸学会雑誌 56: 815-820

Janson L, Archer T, Norlander T (2003) Timing in sports performance: psychophysiological analysis of technique in male and female athletes. Athletic Insight Dec 2003: Vol. 5 Issue 4

Johnson W, Weiss B Jr, Stento K, et al (2001) Stress fractures of the sacrum. An atypical cause of low back pain in the female athlete. Am J Sports Med 29: 498-508

Jordan BD, Voy RO, Stone J (1990) Amateur Boxing Injuries at the US Olympic Training Center. The Physician and Sportsmedicine 18: 80-90

小林昭, 高沢晴夫, 城所靖郎, 鞆田幸徳, 鈴木征雄, 塚本創一郎, 中嶋寛之, 藤巻悦夫, 赤松功也, 土方貞久, 大井淑雄 (1975) 第 7 回アジア競技大会日本代表選手の腰部障害について. 災害医学 18: 905-919

Koes B, van Tulder M: 腰痛 (急性), 葛西龍樹 (監訳) (2007) クリニカルエビデンス・コンサイス issue 16 日本語版. 医学書院: 東京, 790-796

小島正裕, 寺尾保信, 宮脇剛司ほか (2007) ボクシングによる眼窩底骨折の 4 例. 日本形成外科学会会誌 27: 239-243

厚生統計協会 (2007) 健康状況と受療状況. 国民衛生の動向 2007: 9-12

Kujala M, Kinnunen J, Helenius P, et al (1999) Prolonged low-back pain in young athletes: a prospective case series study of findings and prognosis. Eur Spine J 8: 480-484

Kulas A, Schmitz R, Shultz S, Henning J, Perrin D (2006) Sex-specific abdominal activation strategies during landing. J Athl Train 41: 381-386

Kuukkanen TM, Mälkiä EA (2000) An experimental controlled study on postural sway and therapeutic exercise in subjects with low back pain.

- Clin Rehabil 14: 192-202
- Lee JH, Ooi Y, Nakamura K (1995) Measurement of muscle strength of the trunk and the lower extremities in subjects with history of low back pain. Spine 20: 1994-1996
- Lundin O, Hellström M, Nilsson I, Swärd L (2001) Back pain and radiological changes in the thoraco-lumbar spine of athletes. A long-term follow-up. Scand J Med Sci Sports 11: 103-109
- Matsukura N (1982) A mechanical investigation of the developing factors in spondylolysis. J Physical Fitness Japan 31: 112
- Mayer TG, Smith SS, Keeley J, Mooney V (1985) Quantification of lumbar function. Part 2: Sagittal plane trunk strength in chronic low-back pain patients. Spine 10: 765-772
- Mayer TG, Smith SS, Kondraske G, Gatchel RJ, Carmichael TW, Mooney V (1985) Quantification of lumbar function. Part 3: Preliminary data on isokinetic torso rotation testing with myoelectric spectral analysis in normal and low-back pain subjects. Spine 10: 912-920
- McCulloch J, Transfeldt E 編 (鈴木信治ほか訳): (1999) Macnab 腰痛. 医歯薬出版: 東京, 75-78
- Mellin G (1988) Correlations of hip mobility with degree of back pain and lumbar spinal mobility in chronic low-back pain patients. Spine 13: 668-670
- Micheli LJ, Wood R (1995) Back pain in young athletes. Significant differences from adults in causes and patterns. Arch Pediatr Adolesc Med 149: 15-8
- Mundt DJ, Kelsey JL, Golden AL, Panjabi MM, Pastides H, Berg AT, Sklar J, Hosea T (1993) An epidemiologic study of sports and weight lifting as possible risk factors for herniated lumbar and cervical discs. The

- Northeast Collaborative Group on Low Back Pain. Am J Sports Med 21: 854-60
- Nachemson A (1992) Newest knowledge of low back pain. A critical look. Clin Orthop Relat Res 279: 8-20
- Nachemson A, Morris JM (1964) In vivo measurements of intradiscal pressure. Discometry, a method for the determination of pressure in the lower lumbar discs. J Bone Joint Surg 46: 1077-1092
- Nadler SF, Wu KD, Galski T, Feinberg JH (1998) Low back pain in college athletes. A prospective study correlating lower extremity overuse or acquired ligamentous laxity with low back pain. Spine 23: 828-833
- 永松栄吉 (1987) ボクシング. 成美堂出版: 東京, 70-71
- 長総義弘, 菊地臣一, 紺野慎一 (1994) 腰痛・下肢痛・膝痛に関する疫学的検討. 整形・災害外科 37: 59-67
- 中嶋寛之 (1985) スポーツ整形外科的メディカルチェック. 臨スポーツ医 2: 735-740
- 中嶋寛之 (1994) 関節外科 special 発育期のスポーツ障害, 初版, 発育期スポーツ競技者にみられる特徴. メジカルビュー社: 東京, 20-28
- 中村耕三, 大井淑雄, 三浦敦, 高山典子, 南雲光則, 金子操 (1991) 健常成人男性の体幹回旋筋, 屈筋, 背筋の筋力の関係. 理学診療 2: 92-95
- Nicolas JA, Grossman RB, Hershman EB (1977) The importance of a simplified classification of motion in sports in relation to performance. Orthop Clin North Am 8: 499-532
- 日本アマチュアボクシング連盟 (1992) 日本アマチュアボクシング競技規則. 日本アマチュアボクシング連盟: 東京, 1-25
- 日本整形外科学会 (1986) 腰痛治療成績判定基準. 日本整形外科学会誌 60: 391-394
- 日本整形外科学会, 日本リハビリテーション医学会 (1995) 関節可動域表示な

- らびに測定法. リハビリテーション医学 32: 208-217
- 小田桂吾, 斉藤秀之, 田中直樹, 田中利和, 金森章浩 (2002) 高校ラグビー選手の柔軟性と腰痛の関連性について. 日臨スポーツ医会誌 10: 519-523
- Ohhashi G, Tani S, Murakami S, Kamino M, Abe T, Ohtuki J (2002) Problems in health management of professional boxers in Japan. Br J Sports Med 36: 346-352
- 大久保雄, 金岡恒治, 中谷美夏, 椎名逸雄, 辰村正紀, 泉重樹, 宮川俊平 (2007) 体表で計測した腰部角度変化と腰椎椎体角度変化との関係. 体力科学 56: 818
- O'Sullivan P, Twomey L, Allison G, Sinclair J, Miller K (1997) Altered patterns of abdominal muscle activation in patients with chronic low back pain. Aust J Physiother 43: 91-98
- Panjabi M (1992a) The stabilizing system of the spine Part 1: Function, dysfunction, adaption, and enhancement. Journal of Spinal Disorders 5: 383-389
- Panjabi M (1992b) The stabilizing system of the spine Part 2: Neutral zone and stability hypothesis. Journal of Spinal Disorders 5: 390-397
- Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N (2001) Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. Spine 26: 1873-1878
- Powell MC, Wilson M, Szypryt P, Symonds M, Worthington S (1986) Prevalence of lumbar disc degeneration observed by magnetic resonance in symptomless women. Lancet 13: 1366-1367
- Radebold A, Cholewicki J, Panjabi MM, Patel TC (2000) Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. Spine 25: 947-954
- Richard J, Butler MS (1994) Neuropsychological investigation of amateur

- boxers. *Br J Sports Med* 28: 187-190
- Richardson C, Bullock MI (1986) Changes in muscle activity during fast, alternating flexion-extension movements of the knee. *Scand J Rehabil Med* 18: 51-58
- Richardson C, Jull G, Hodges P, Hides J: 齋藤昭彦 訳 (2002) 脊椎の分節的安定性のための運動療法: 腰痛治療の科学的基礎と臨床. エンタプライズ: 東京, 4-146
- 李俊熙, 中村耕三, 山口修, 大井淑雄 (1993a) 腰痛症における体幹筋の機能－伸展力・屈曲力比の検討－. *理学診療* 4: 95-98
- 李俊熙, 中村耕三, 山口修, 大井淑雄 (1993b) MRI 横断像による体幹筋断面積の検討－腰痛歴の有無による比較－. *理学診療* 4: 3-7
- 李俊熙, 大井淑雄, 中村耕三 (1994a) 体幹筋力と腰痛. *Journal of Clinical Rehabilitation* 3: 648-654
- 李俊熙, 大井淑雄, 中村耕三 (1994b) 等速性運動による体幹筋力測定 その測定速度についての考察. *Journal of Clinical Rehabilitation* 3: 355-358
- Sairyo K, Katoh S, Sasa T, Yasui N, Goel VK, Vadapalli S, Masuda A, Biyani A, Ebraheim N (2005) Athletes with unilateral spondylolysis are at risk of stress fracture at the contralateral pedicle and pars interarticularis: a clinical and biomechanical study. *Am J Sports Med* 33: 583-590
- 齋藤義信 (1994) 目で見えるボクシング. 成美堂出版: 東京, 86-88
- Saunders RL, Harbaugh RE (1984) The second impact in catastrophic contact-sports head trauma. *JAMA* 252: 538-539
- Saunders S, Rath D, Hodges P (2004) Postural and respiratory activation of the trunk muscles changes with mode and speed of locomotion. *Gait Posture* 20: 280-290
- 佐藤多賀子, 長岡正宏, 長尾聡哉ほか (2006) Boxer's knuckle の手術成績. *日本手の外科学会雑誌* 23: 151-153

- Schibek S, Guskiewicz KM, Prentice WE, Mays S, DAVIS JM (2001) The effect of core stabilization training on functional performance in swimming. Master's thesis, University of North Carolina, Chapel Hill
- 関野宏明, 服部光男, 片山容一, 小野陽二, 平川公義 (1996) わが国のアマチュア・ボクシングにおける急性脳損傷 アンケート調査による. 臨床スポーツ医学 13: 227-231
- 島津晃, 浅田莞爾 (1993) バイオメカニクスからみた整形外科 改訂第2版. 金原出版: 東京. 300-312
- Smith MS, Dyson RJ, Hale T, et al (2000) Development of a boxing dynamometer and its punch force discrimination efficacy. J Sports Sci 18: 445-450
- Soler T, Calderón C (2000) The prevalence of spondylolysis in the Spanish elite athlete. Am J Sports Med 28: 57-62
- Stanton R, Reaburn PR, Humphries B (2004) The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. J Strength Cond Res 18: 522-528
- Stinson JT (1993) Spondylolysis and spondylolisthesis in the athlete. Clin Sports Med 12: 517-528
- Swärd L, Hellström M, Jacobsson B, Nyman R, Peterson L (1991) Disc degeneration and associated abnormalities of the spine in elite gymnasts. A magnetic resonance imaging study. Spine 16: 437-43
- 田中正一 (1994) 体幹の筋力の評価. 総合リハビリテーション 22: 211-216
- 谷論, 大橋元一郎, 大槻穰治ほか (2001) プロボクシングにおけるパンチの影響 全国規模のアンケート調査より. 日本臨床スポーツ医学会誌 9: 413-416
- 谷論, 大橋元一郎, 大槻穰治, 奥野憲司, 阿部俊昭 (2002) プロボクシングにおける急性硬膜下血腫の発生に関する検討 過去 23 年間の統計より. 日本臨床スポーツ医学会誌 10: 310-314



- Thorstensson A, Carlson H (1987) Fibre types in human lumbar back muscles. *Acta Physiol Scand* 131: 195-202
- 豊嶋建広 (1993) ボクシングのパンチ力に及ぼす影響. *Jpn. J. Sports Sci.* 12: 791-796
- 豊嶋建広 (1992) トレンディボクシング. ベースボールマガジン社: 東京, 114-115
- 豊嶋建広, 永見邦篤 (1996) 腰部の動きと力の発現 ボクシングのパンチ力と腰部の移動距離及び速度との関係. *麗澤大学紀要* 4: 15-23
- 豊嶋建広, 田中越郎, 中野昭一 (1991) ボクシングのパンチ力に及ぼす腰部の動きの影響. *体力科学* 40: 626
- Tracy MF, Gibson MJ, Szypryt EP, Rutherford A, Corlett EN (1989) The geometry of the muscle of the lumbar spine determined by magnetic resonance imaging. *Spine* 14: 186-193
- Urquhart DM, Hodges PW (2005) Differential activity of regions of transversus abdominis during trunk rotation. *Eur Spine J* 14: 393-400
- Videman T, Sarna S, Battie C, et al. (1995) The long-term effects of physical loading and exercise lifestyles on back-related symptoms, disability, and spinal pathology among men. *Spine* 15: 699-709
- Wallace MB, Flanagan S (2000) Boxing: Resistance training considerations for modifying injury risk. *NSCA Japan* 7: 22-29
- White A, Panjabi M (1978) *Clinical Biomechanics of the Spine.* J B Lippincott: Philadelphia, 277-344
- Willardson JM (2007) Core stability training: applications to sports conditioning programs. *J Strength Cond Res* 21: 979-985
- Winter DA (1979) *Biomechanics of human movement,* John Wiley & Sons: New York
- 山中拓人, 近藤剛史, 上野俊明ほか (2005) 高校アマチュアボクシング選手の

- 口腔外傷に関するアンケート調査 階級による比較. スポーツ歯学 8: 21-24
- 吉福康郎 (1984) 格闘技における打の動作. Jp. J. Sports Sci 3: 188-198
- Zazryn T, Cameron P, McCrory P (2006) A prospective cohort study of Injury in amateur and professional boxing. Br J Sports Med 40: 670-674
- Zazryn T, Finch C, McCrory P (2003) A 16 year study of injuries to professional boxers in the state of Victoria, Australia. Br J Sports Med 37: 321-324