

テニス肘の予防を配慮した指導法に関する研究

—各種テニス・ラケットを用いたプレイヤーの
前腕筋群への筋負担量からみて—

福 井 大 学 吉 澤 正 尹
(共同研究者) 大 阪 教 育 大 学 根 本 芳 男
岡 山 大 学 井 谷 徹
圓 山 医 院 圓 山 槇 雄
京 都 大 学 熊 本 水 頼
スウェーデン労働衛生研究所 Bengt Jonsson

Study of Teaching Points to Prevent Tennis Elbow
—From the Viewpoints of Muscular Load on the Forearm of the Tennis
Players and the Dynamic Features of the Various Tennis Rackets—

by

Masatada Yoshizawa

Department of Education, Fukui University

Yoshio Nemoto

Department of Education, Osaka Kyoiku University

Toru Itani

Okayama University Medical School

Makio Maruyama

Director, Maruyama Hospital

Minayori Kumamoto

College of Liberal Arts, Kyoto University

Bengt Jonsson

Swedish National Board of Occupational Safety and Health

ABSTRACT

Tennis elbow, epicondylitis, is one of the most well-known sports in-

juries commonly appeared in tennis players. It was considered that the tennis elbow might be principally caused by overuse of the wrist and elbow. Various new models of tennis rackets with new materials and types are developed by racket manufacturers. However, there was little considerations of physiological effects of new model rackets on tennis player.

In the present experiments, electromyographical and kinesiological studies were carried out to elucidate effects of dynamic features of various models of tennis rackets on muscular load on the forearm of tennis players. Tennis rackets used were eight types of four models of different manufacturers. Subjects employed were 11 University Tennis Club members who had participated in the official contests and gained good results. Electromyograms (EMGs) with bipolar surface electrodes were recorded from the extensor carpi radialis brevis and longus, and the flexor carpi radialis and ulnaris muscles. EMGs, strain curve of shaft of the test racket and video motion pictures were simultaneously recorded during forehand and backhand, with single and double hands, strokes with controlled ball by tennis ball machine, and service.

The results obtained in the present experiments were as follows.

(1) The larger moment of inertia of the test racket induced the higher amplitude level of EMGs during the strokes. (2) The smaller face area of the test racket induced the more prolonged vibration of the shaft and the higher amplitude level of EMGs after the ball impact. (3) The stiffness of the shaft of the test racket affects on the low amplitude level of EMGs. However, the softest shaft racket induced high amplitude level activity. (4) The high gut tension of the test racket induced the middle amplitude level of EMGs. (5) The double hand strokes could markedly attenuate the racket vibration and the high amplitude level of EMGs after the ball impact.

Therefore, from the results mentioned above, the following points would be recommended to prevent the tennis elbow for beginners and inferior players.

(1) Racket with larger face area with wider frame, lighter moment of inertia to swing, softer shaft and softer gut tension would be better than that chosen usually. (2) Double hand stroke would be better to learn first than single hand stroke.

はじめに

本来、健康の維持・増進を目的として行われ

るべき体育・スポーツ活動において、近年いろいろな形で起こる傷害に関する報告がみられる。肘関節にみられるスポーツ傷害の中で今回とりあげ

た肘関節の上顆にみられる炎症は、テニス・プレイヤーに多いところから既に1883年に tennis elbow [テニス肘] と名付けられ (Major, H.P.; O'Sullivan, S.; Winckworth, C.E.), 古くから広く知られており, 前腕筋群の使いすぎによって起こると言われている疾患である。

〔テニス肘〕はプロのテニス選手から一般テニス愛好家に至るまで, また近年のスポーツ人口の増加に伴って年齢を問わず幅広くみられることが報告されている。これら〔テニス肘〕に関する研究はこれまで整形外科学を中心として進められ, それらの結果は実践臨床に大いに役立てられてきている。一方, 〔テニス肘の予防〕という目的からラケットの大きさ・形状や材質など物理学的な知見から用具の改良が種々進められているものの, 運動を実施する<ヒト>と<用具>との関係を直接捉えた〔テニス肘予防〕に関する知見は十分に集積されているとは言えない。

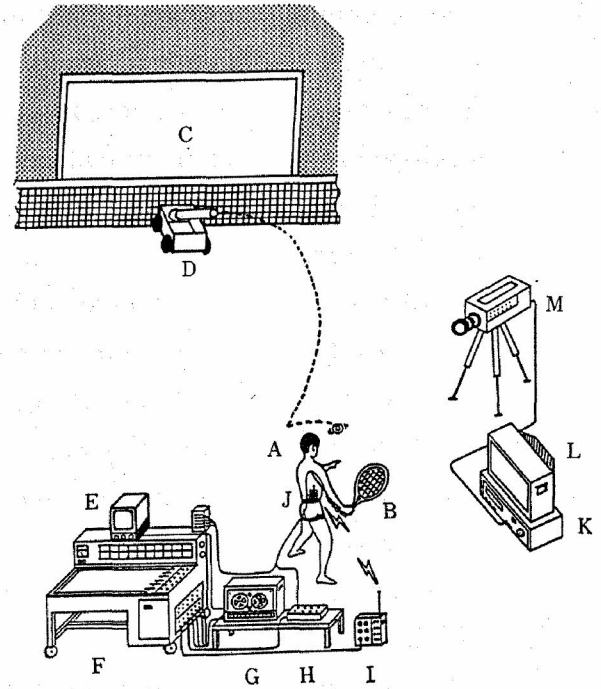
以上の点にかんがみ本研究は, 各種テニス・ラケットを用いた各ストロークにおけるプレイヤーの筋負担を定量的に評価し, 各ストロークならびに各種ラケットの筋負担量からみた〔テニス肘の予防法〕について検討するための基礎資料を得ようとするものである。

1. 方 法

実験は, 被験者が一定の条件で安定したストロークが行えるよう体育館内にて行った。実験装置の全容は図1に示したとおりである。

1.1 テスト・ラケット

本実験に用いられたラケットは, 硬式テニス・ラケットとして一般に市販されている4種類のものであった。これら4種のラケットはメーカーの示す適正なガット・テンションのものおよび適正テンションより高いテンションのものをそれぞれ用意し, 各被験者には計8本のラケットのテストを行わせた。また, 被験者に使いやすいグリップ



- | | |
|--------------|--------------|
| A: 被験者 | B: テスト・ラケット |
| C: 目標枠 | D: ボール・マシン |
| E: オシロ・スコープ | F: 万能型脳波計 |
| G: データ・レコーダー | H: ゴニオ・アンプ |
| I: テレメーター受信機 | J: テレメーター送信機 |
| K: VTR | L: モニター・テレビ |
| M: TVカメラ | |

図1 実験装置の全容

サイズのラケットが選べるようにそれぞれ2サイズずつ準備した。

各テスト・ラケットの特性の概要は表1に示したとおりである。表中のガット・テンションならびにフレームの硬さはスイス製の RATEST を用いて実験前に測定し, また, 表中のバランスはラケットの長軸の重心位置を計測した。

1.2 被験者

高等学校・大学のテニス部または地域のテニスクラブに5~6年にわたって所属し, 継続して練習を行っている男5名・女6名の計11名を被験者とした。いずれも地域の学生テニス選手権大会への出場経験があり, 基本的なストロークは十分に安定して行える者であった。

1.3 対象動作

今回対象とした動作はテニスにおける基本的なストロークで, とくに内側テニス肘の原因となっ

表1 テスト・ラケットの特性の概要

| ラケット | 特性 | | ガ ッ ト | フェイス エリア (横 幅) | フ レ ー ム | 重 量・ バ ラ ンス |
|------|----|---|----------|----------------------|---------|-------------------|
| | 1 | 2 | テンション | (横 幅) | スティフネス | |
| A | 1 | 2 | 適 正 高 | やや狭い (狭 い) | 軟 かい | やや重い・ トップ寄り |
| B | 1 | 2 | 適 正 高 | 広 い (広 い) | やや軟かい | 軽 い・ ややトップ寄り |
| C | 1 | 2 | 適 正 高 | やや広い (やや狭い) | やや硬い | やや軽い・ ややグリップ寄り |
| D | 1 | 2 | 適 正 高 | やや広い (やや広い) | 硬 い | 重 い・ ややトップ寄り |

ていると言われているフォアハンド・ストローク、外側のテニス肘に影響をもつと考えられているバックハンド・ストローク、ならびにわれわれのテニスストロークの先行研究 (Yoshizawa et al. 1987) から最も筋負担の高かったサービスの3つであった。

フォアハンド・ストロークならびにバックハンド・ストロークをできるだけ一定の条件で被験者に行わせるために、ボール・マシーン (Prince 製) を用い、新しいボールの中から弾みの等しいものを選び、4秒間隔で打ち出すように調節した。サービスは各被験者が通常行っている方法で、およそ4秒に1打のペースで行わせた。また、各ストロークの際、自己の最も打ち易い位置・動作で、藤善ら (1971) によるテニスのバックボード・テストの区画を参考にした枠内 (ネット上、縦1.5m×横4.0m) に打ち込むよう被験者に指示した。

1.4 記 録

以下に示す筋電図ならびにラケットの歪曲線はデータ・レコーダー (TEAC 社製 XR-510) に同時記録した。

(1) 筋電図：

筋電図は直径 5mm の皿状電極を用い、電極間距離は約 2cm とし、通常の皮膚表面誘導法によ

りオシロスコープ (日本電気三栄社製 2G46) ならびに18素子インク書き万能型脳波計 (日本電気三栄社製 1A59) を使用し、モニターおよび記録を行った。

被験筋は外側型のテニス肘に関係の深い前腕の長橈側手根伸筋・短橈側手根伸筋および内側型のテニス肘に影響をもつと考えられる 橈側手根屈筋・尺側手根屈筋の4筋を選んだ。

(2) ラケットの歪曲線：

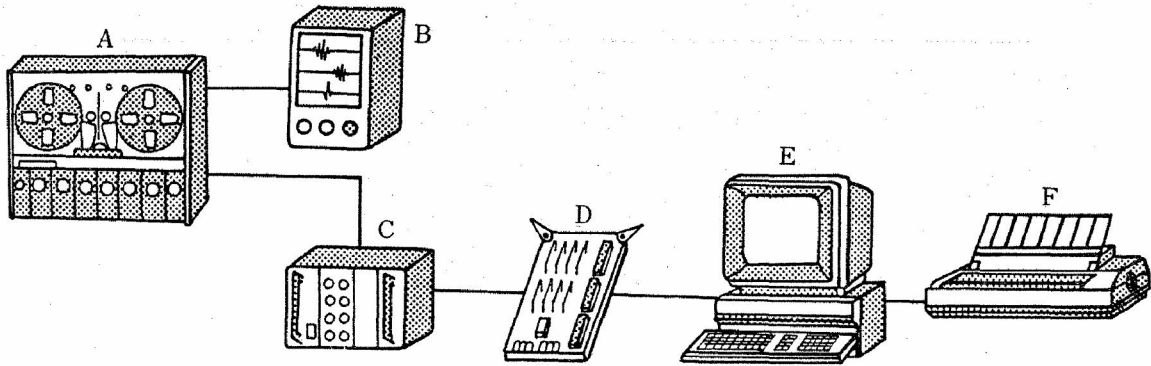
各テスト・ラケットにはグリップ・エンドから 21.5cm の位置にペーパー・ストレイン・ゲージを貼付し、スウィング中のラケットの歪みならびにボール・インパクト時の衝撃をテレメトリー・システム (日本電気三栄社製 511) を用いて記録できるようにした。

(3) フォーム：

ストローク動作中のフォームは VTR システムを用いて記録した。

1.5 処理・分析

筋電図は図2に示したようにデータ・レコーダーによって再生された筋電図波形を RMS (root mean square) 化したものを A/D 変換し、マイクロコンピュータによって 100Hz にてサンプリングを行いアンプリチュード分布の分析を行った。



A: データ・レコーダー, B: オシロ・スコープ, C: RMS ディテクター,
D: A/D コンバーター, E: マイクロ・コンピューター, F: プリンター

図2 筋電信号のデータ処理・分析システム

本報告では各テスト・ラケットを用いて連続してストロークを行わせ、安定した10ストロークを選んで分析の対象とし、全筋放電のアンプリチュードの分布を上記の方法にて分析し、各被験者内でテスト・ラケットごとの筋負担の特性を検討し、さらにその傾向についてテスト・ラケット間で比較を行った。

2. 結果ならびに考察

2.1 重さならびにバランスの異なるラケットを用いた場合にみられる筋放電の差異

テニス・ストロークに必要なエネルギーの大半がラケット・スウィングに消費されることを考えると、まずラケットの重さが筋負担としてどのように影響しているかが興味あるところである。

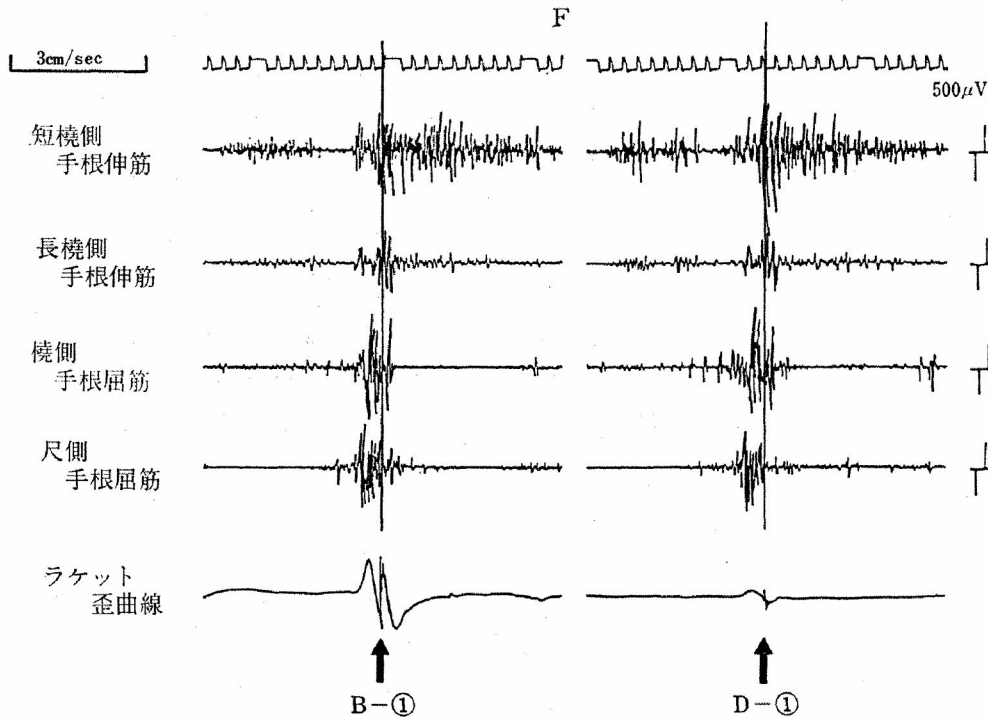
図3は今回のテストのなかで最も軽いもの(B-1)と最も重いラケット(D-1)を用いて、それぞれフォアハンド・ストロークを行った時の筋電図ならびにラケットの歪曲線を示したものである。これらの図はいずれもフォワード・スウィング直後からのフォロー・スルーまでを示したもので、図中央の縦線はラケットの歪曲線からみたボール・インパクト時点を示したものである。

これら両ラケットでの筋放電パターンを比較すると、まずバック・スウィングからフォワード・

スウィングの切り換え時期、B-1には弱い持続放電がみとめられたが、D-1では弱い持続放電に加えて断続的ではあるがやや強い放電がみとめられた。ボール・インパクト直前では、強い短橈側手根伸筋の放電が減少するインパクト前150msごろからインパクトまで尺側手根屈筋に、また橈側手根屈筋にはインパクト直後まで顕著な放電がみとめられた。これら屈筋群にD-1を用いてのストローク時には高いレベルの放電が多い傾向がみとめられた。

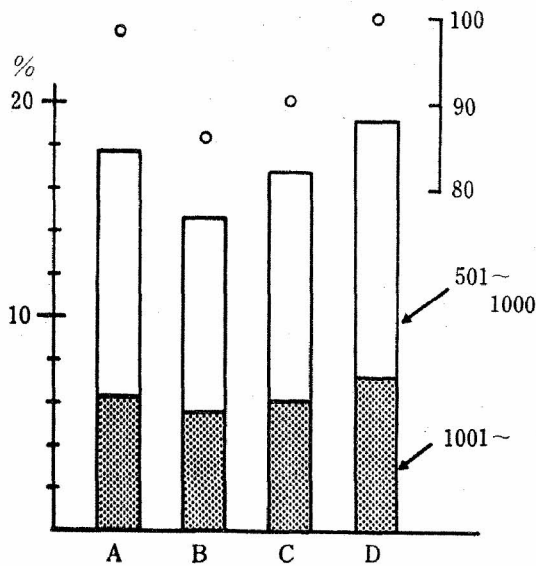
インパクト時からフォロー・スルーにかけては伸筋群に強い放電がみられ、とくに短橈側手根伸筋には顕著な放電がインパクト後400~500msの間持続し、その後は徐々に減少する傾向がみとめられた。この短橈側手根伸筋におけるB-1とD-1を用いた場合の放電パターンを比較するとD-1に非常に高いアンプリチュードの放電が多数みとめられた。

図4はフォアハンド・ストロークを4秒に1ストロークの割合で連続して10ストローク行った場合の橈側手根屈筋における高いレベルの筋放電(501以上)の出現率を4種のテスト・ラケットについて比較したものである。また、棒グラフ上部の○印はラケットの回転の慣性能率を示したもので、最も大きな値を示したDのラケットを100と



テスト・ラケットのうち最も軽いラケット (B-1) および最も重いラケット (D-1) によるフォアハンド・ストローク時の筋電図ならびにラケット歪曲線である。↑印で示した縦線はボール・インパクト時を表す。

図3 重さの異なるラケットでのフォアハンド・ストローク



4種のテスト・ラケット別に、高いレベルの筋放電の出現率を示した。図上部の○印は重さならびにバランスから計算された回転慣性の最大値を示すラケットを100とした各ラケットの指数である。

図4 フォアハンド・ストローク時にみられる高いレベルの筋放電の出現率

し、各ラケットの回転の慣性能率をDに対する指数 (%) で示したものである。この指数は振りの

重さ、軽さを決定する要因となるものである。

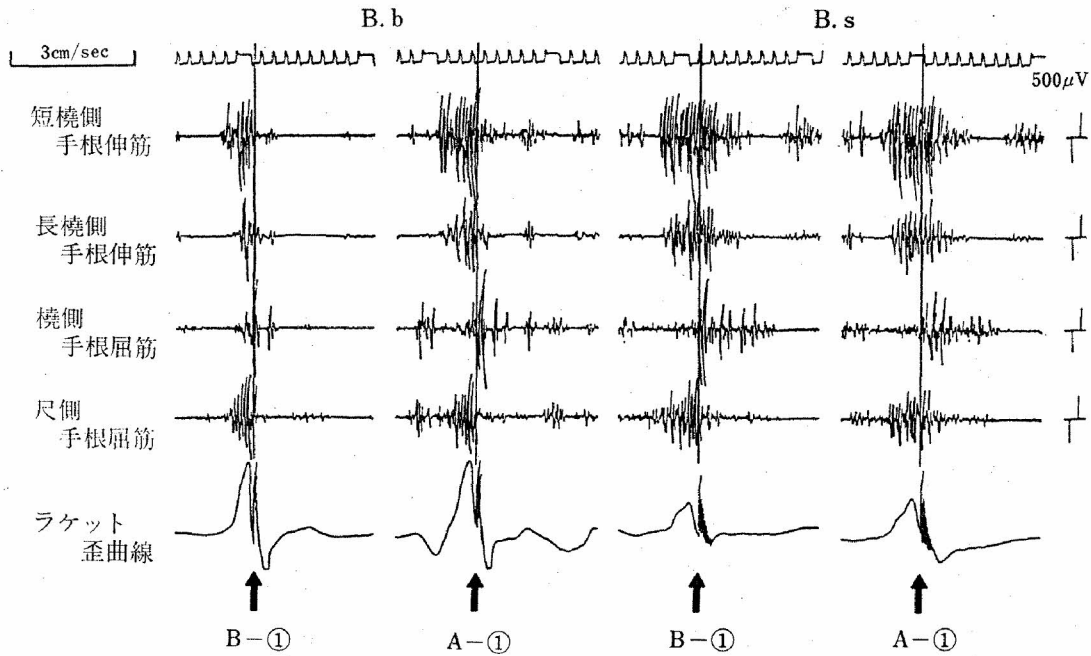
図4にみられるように各ラケットにおける高いレベルの筋放電の出現率と回転の慣性能率の指数との順位が一致した。

これらのことから、回転の慣性モーメントの大きなラケットになるに従って、強い筋収縮を多くすることによってストロークを行っていることが明らかとなった。

2.2 フェイス・エリアの異なるラケットを用いた場合にみられる筋放電の差異

ラケットでストロークを行う際の振動や衝撃を、フレームを拡大することによって、少なくともようとして設計されたものが、いわゆるデカラケットである。この種のラケットは近年、初心者を中心にかなり多くのプレイヤーに使われるようになってきたものである。

図5は今回のテストのなかで最もフェイス・エリアの広い、いわゆるデカラケット (B-1) と最もフ



フェイス・エリアの広いラケット (B-1) および狭いラケット (A-1) による両手 (B. b) ならびに片手 (B. s) のバックハンド・ストローク時の筋電図・ラケット歪曲線である。↑印で示した縦線はボール・インパクト時を表す。

図5 フェイス・エリアの異なるラケットでのバックハンド・ストローク

フェイス・エリアの狭いラケット (A-1) を用いてバックハンド・ストロークを行った時の筋電図ならびにラケットの歪曲線を示したものである。

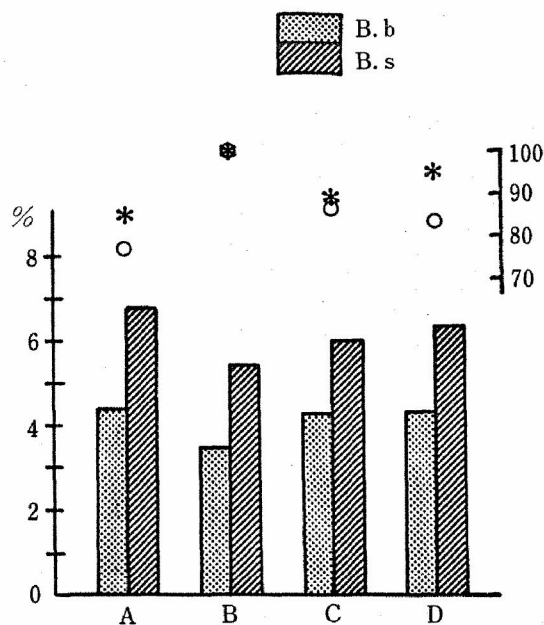
図3の B-1 ラケットでのフォアハンド・ストロークと図5に示した同じ B-1 ラケットでのバックハンド・ストロークにおけるラケットの歪曲線をみると、両者間に顕著な差異がみとめられた。まず、この被験者が通常行っている両手でのバックハンド (B. b) では、フォアハンド・ストロークと比較すると、ラケットの歪曲線の振幅が大きく、歪曲線の立ち上がりからインパクトまでの時間を考慮に入れても、かなり急速なラケット・スウィングが行われていることは明らかである。一方、片手のみでのバックハンド (B. s) をみると、ラケットの歪みはフォアハンドよりさらに小さく、スウィングがシャープでないことがうかがえる。また、インパクト後の歪曲線にみられる帯状の波形は、ボール・インパクトによるラケットの振動波形であるが、片手でのバックハンド

においてその振動が最も顕著で、両手でのバックハンド、フォアハンドの順で減少する傾向がみとめられた。

図5より B-1 と A-1 を比較すると両手・片手を問わず、バックハンド・ストロークでは A-1 の場合の方がラケットの振動の大きさ・持続時間ともに長い傾向がみられた。また筋電図には A-1 を用いた方がより顕著な放電がみとめられた。

これらの筋放電のうち特に高いレベル(1001~)のみを抽出して、バックハンド・ストロークにおける出現率をラケットごとに比較したものが図6である。また、グラフ上部の○印はラケットのフェイス・エリアの、また * 印はラケットの横幅の、最も大きな値を示した B のラケットを 100 とした場合の各ラケットの指数を示したものである。

図6にみられるように、フェイス・エリアが小さく横幅の狭いラケットほどとくに高いレベルの筋放電が多くみられる傾向を示した。この傾向は



4種のテスト・ラケット別に、特に高いレベルの筋放電の出現率を示した。図上部の○印はフェイス・エリアの最大値を、*印はフェイス横幅の最大値を示すラケットを100として各ラケットの指数を示したものである。

図6 バックハンド・ストローク時にみられる高いレベルの筋放電の出現率

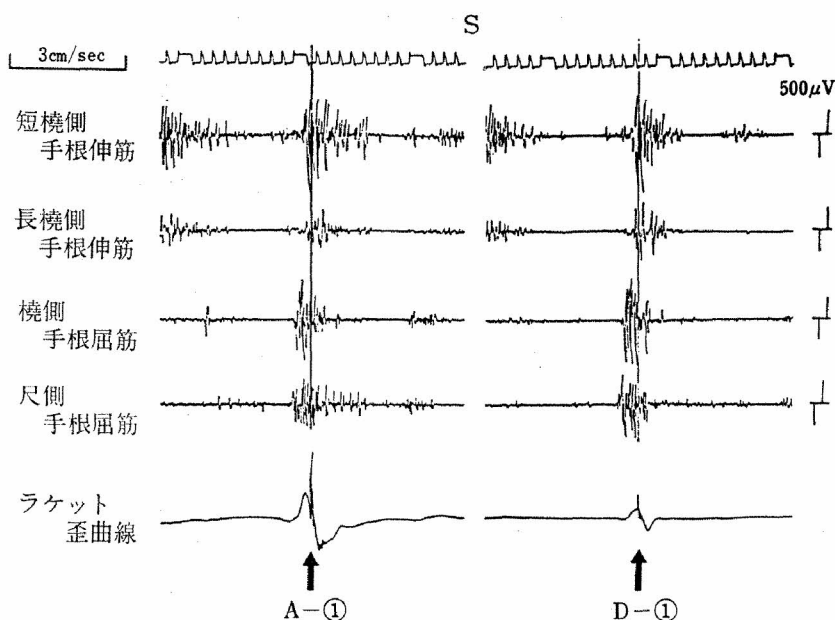
片手でのバックハンド (B. s) において、より顕著であった。

このラケットの振動は、基本的にはラケットの材料固有の特性に左右されるが、一方ではストローク時にスイート・スポットを外した場合 (オフセンター・ヒット)、ラケットへの振動が大きくなることはすでによく知られている (三浦, 1986)。

今回の実験結果からは、必ずしもフェイス・エリアや横幅の広さのみによる影響であるとは断じ難いが、対象としたストロークのうち最も不安定であったと考えられる片手でのバックハンド・ストローク (B. s) において、フェイス・エリアが大きくなるほど強い筋収縮が少なくても安定したストロークが可能であることを示唆するものであったことは非常に興味深い点である。

2.3 フレームの硬さの異なるラケットを用いた場合にみられる筋放電の差異

図7は今回のテストのなかで最もフレームの柔らかいもの (A-1) と最も硬いラケット (D-1) を用いて、それぞれサービスを行った時の筋電図ならびにラケットの歪曲線を示したものである。

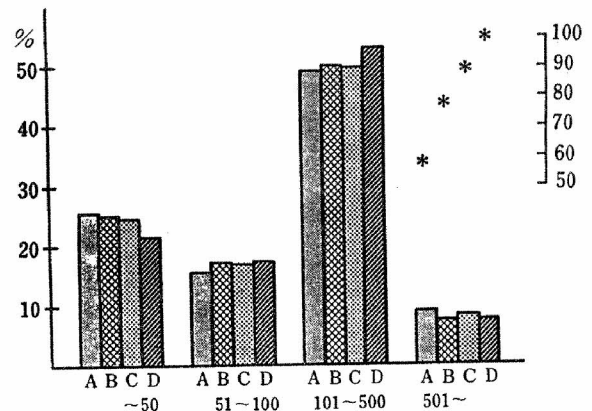


テスト・ラケットのなかで最もフレームの軟らかいもの (A-1) と最も硬いもの (D-1) を用いてのサービスを行った時の筋電図ならびにラケットの歪曲線である。↑印で示した縦線はボール・インパクトを表す。

図7 フレームの硬さの異なるラケットでのサービス

図7のラケットの歪曲線からみられるようにD-1と比較してA-1ではフレームが柔らかいことから、スウィング中の歪みならびにインパクトの衝撃による歪みは大きく、振動も長く残る傾向がみとめられた。このラケットの歪曲線はシャフトに貼布したストレイン・ゲージによる記録であるため、A-1での場合の方が、ボール・インパクトの衝撃をよく吸収していることになる。一方、インパクト後の振動と筋放電についてみると、A-1での場合の方がインパクト後にとくに高いレベルの放電がみとめられ、かなり強い放電が持続した。

図8から各放電レベルでの出現率を4種のテスト・ラケットについてみると、51~500レベルの筋放電の出現率がフレームの硬軟の度合(図8の*印)や順序に一致する傾向がみとめられ、低いレベル(50以下)では軟らかいほど出現率が高い傾向を示した。また、高いレベル(501~)での放電は、フレームの硬軟の度合いや順序とは必ず



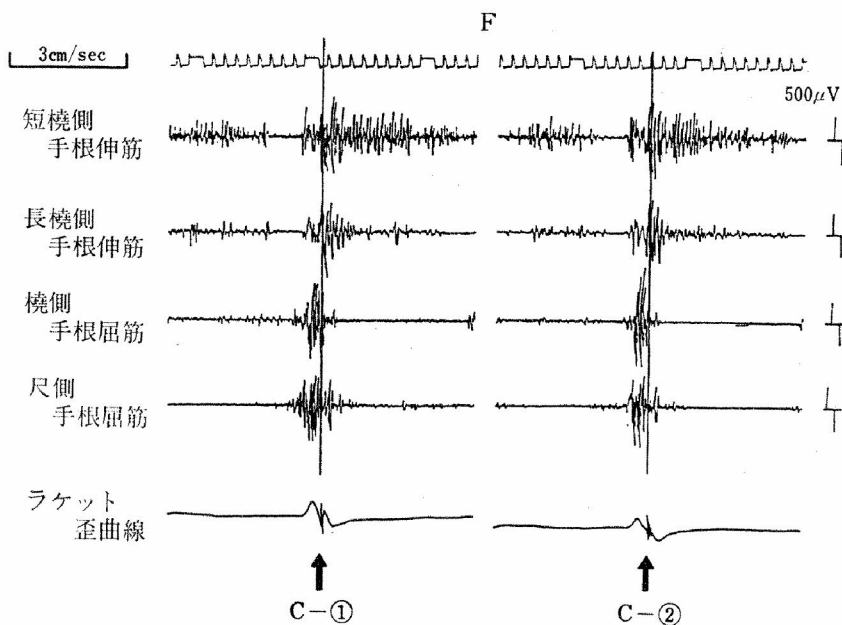
4種のテスト・ラケット別に、各レベルでの筋放電の出現率を示した。*印はフレームの硬さの最大値を100として各ラケットの指数を示したものである。

図8 サービス時にみられる各レベルの筋放電の出現率

しも一致する傾向は示さなかったが、もっとも軟らかいフレームの場合に出現率の高かったことが特徴的であった。

2.4 ガットテンションの異なるラケットを用いた場合にみられる筋放電の差異

図9は今回のテストのなかでフレームの硬さが



フレームのサイズや硬さならびに重さなどがテスト・ラケットの中では中間的なラケットでガットテンションの適正なもの(C-1)と約23%高いテンションのもの(C-2)を用いてのフォアハンド・ストローク時の筋電図ならびにラケットの歪曲線である。↑印で示した縦線はボール・インパクトを表す。

図9 ガットテンションの異なるラケットでのフォアハンド・ストローク

中間的な同種のラケットでガットテンションがメーカーの示した適正なものと、それよりおよそ20%高いテンションのラケットを用いて、それぞれフォアハンド・ストロークを行った時の筋電図ならびにラケットの歪曲線を示したものである。

図9より、この両ラケットのストローク時の歪曲線を見ると、先のフレームの硬さによる影響で述べたのと同様に、ガットテンションの高いラケットでのストロークの場合にはボール・インパクトによる振動が長く残る傾向が4種のテスト・ラケットに共通してみとめられた。

これらテスト・ラケット毎のフォアハンド・ストローク時の筋放電の各レベルでの出現率をみると、低いレベルや高いレベルの筋放電にはガットテンションの差による一定の傾向はみられなかったが図10に示したように中間的なレベル(101~500)は4種のテスト・ラケットとも同様のラケ

ット内でみれば、ガットテンションが高いほど、その出現率が高い傾向がみとめられた。この結果から4種のテスト・ラケットを使用した場合ともに、およそ半数が集中している中間的なレベルの筋放電によってガットテンションの高低に対応しているものと考えられる。

ま と め

I. 本実験で用いたテスト・ラケットは表1に示したものだけでも種々の特性を持っており、それらが複合的にプレイヤーに影響を及ぼしていることは言うまでもないが、今回はそれぞれのテスト・ラケットにおける単一の特性とテニス・ストローク時の筋放電パターンならびに筋放電の定量分析結果との関係から以下の点が明らかとなった。

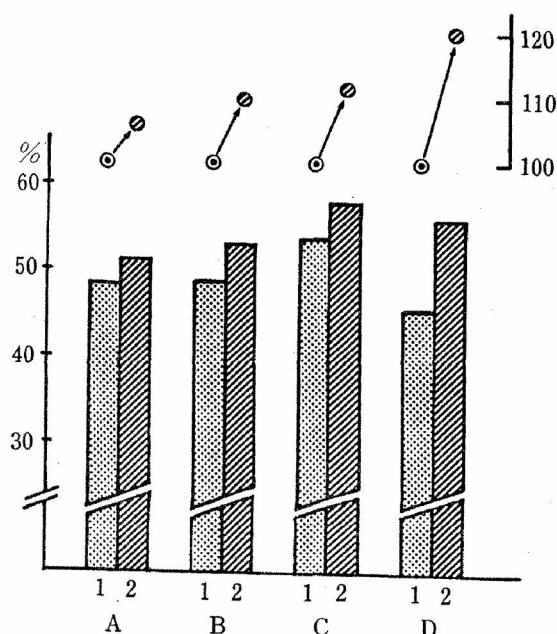
(1) ラケットの重量とそのバランスから試算した指数からみたラケットの振りの重さは、高いアンプリチュードの筋放電に影響を及ぼしているものと考えられる。

(2) フレーム・サイズが小さいほど、実際のストローク時のボール・インパクトによる振動が持続する傾向がみられ、また、高いレベルの筋放電の出現率が高い傾向がみとめられた。

(3) フレームの硬さは比較的低いレベルの筋放電の出現率に影響を及ぼしているものと考えられるが、軟らかなフレームでの場合には高いレベルの筋放電の出現率が高い傾向がみられたことが特徴的であった。

(4) ガットテンションが高い場合は、中間的なレベルの筋放電の出現率を高める傾向がみとめられた。

II. 上記の4項目ならびにバックハンド・ストローク時の筋放電のアンプリチュードの各レベルでの分布からみて、テニス・ストロークの指導にあたってはテニス肘を予防するために、以下の点に配慮する必要がある。



4種のテスト・ラケット別に、中間的なレベルの筋放電の出現率を示した。A~Dにおける1のラケットはそれぞれメーカーが示した適正テンションの範囲のもので、2が適正のものより高いテンションのラケットである。図の上部にはそれぞれ1のテンションを100とした(●)ときの2のテンションの指数を⊗印で示した。

図10 フォアハンド・ストローク時にみられる中間的なレベルの筋放電の出現率

(1) ラケットを選ぶにあたっては、

- ① フェイス・エリア（横幅）が広く、
- ② 重量とバランスの両面からみて振りが軽く、
- ③ フレームのやや軟らかなもので、かつ
- ④ ガットテンションは高過ぎない

ようにする。

(2) ストロークに際しては、片手でのストロークは不安定になりやすいことから前腕にはさらに大きな筋負担となるので、基本的な練習として、出来る限り両手でのストロークを試みさせるようにする。

すでに述べたように今回はラケットの単一の特性からのみ筋放電との関係の分析を試みたが、今後さらにテニス・ラケットの複合的な特性と筋負担量との因果関係について統計的に分析する予定である。

稿を終るにあたって、デサントスポーツ科学振興財団をはじめ、ご協力いただいた関係各方面・各位に深謝の意を表する次第である。

文 献

- 藤善尚憲, 中山厚生; 「テニスのスキルテストに関する研究」, 天理大学学報体育編, **10**: 94—104 (1971)
- Major, H.P.; “Lawn-tennis elbow”. *British Med. J.*, **2**: 557 (1883)
- 三浦公亮; 「ラケットを選ぶ3つの条件—テニス肘にならないために—」, *J. J. Sports Sci.*, **2**(5): 365—369 (1983)
- O’Sullivan, S.; “Tennis elbow”. *British Med. J.*, **2**: 1168 (1883)
- Winckworth, C.E.; “Lawn-Tennis elbow”. *British Med. J.*, **2**: 708 (1883)
- Yoshizawa, M., Itani, T., Jonsson, B.; “Muscular load in Shoulder and Forearm Muscles in Tennis Players with Different Levels of Skill”, In B. Jonsson (Ed.). *BIOMECHANICS X-B*: 621—627 (1987)