

運動器具の人間工学

加藤 修一、土井 伸哉
帝京技術科学大学 情報学部

筋力とは筋の等尺性収縮により発揮される最大筋力を指し、筋の生理的横断面積に比例し、人筋では $1[\text{cm}^2]$ あたり $6\sim 10[\text{kg}]$ とされている。しかし、同一個人でも中枢の興奮の程度により神経衝撃の頻度、動員される運動単位の数が変わり変動する。これを代表するものに握力や背筋力、屈腕力があるが、本研究ではグリップを主とする運動器具の使用時の筋負担について人間工学的に調べたものである。生理学的指標に筋電を用いた。瞬発力を示す筋パワーを調べることも重要であるが、今回は次の点に研究の目的を置いた。

1. 重量負荷の運動器具である筋力増大トレーニング用器具（ダンベル）の重量（ $1.0\sim 5.0[\text{kg}]$ ）、およびグリップ（握り部）の太さ（周長 $11.0\sim 17.1[\text{cm}]$ ）を変えたときの等尺性・等張性収縮
2. 軽量負荷の運動器具にテニスラケットを選び、グリップの太さとスイング時の等張性収縮

結果として以下のことがいえる

- ① 負荷の大きさに関係なく筋負担を軽減するグリップサイズがある
- ② 負荷の大きさ $5[\text{kg}]$ 、等張性収縮でグリップサイズが $17.1[\text{cm}]$ のとき筋負担の軽減が認められた
- ③ 腕橈骨筋、尺側手根屈筋で有意で、橈側手根屈筋では差異は認められない

Human factors engineering for sports goods

Shuichi Kato, Shinya Doi
Teikyo University of Technology
2289-23 Ohtani, Uruido, Ichihara, Chiba 290-01, Japan

It is well known strength means maximum strength by isometric constraction, which consists with grip strength, back strength, strength of arm flexor and so on. On grip strength for sports goods, however, use have no sufficient knowledge of human factors engineering. In this study, use tried to make clear the arm muscle load on the sports goods for grip strength, as following.

1. Isometric constraction and isotonic constraction for various loads of 1.0 to 5.0 kg, and grip circumference of 11.0 to 17.1 cm of muscle traning dumbbell.
2. Isotonic constraction, when to be played, for various grip circumference of tennis racket.

In conclusion we obtain following results.

- ① There is an optimum grip size to be able to reduce the muscle load to various grip weights.
- ② It is 17.1 cm in the grip size for load 5 kg at isometric constraction which is recognized by EMGs.
- ③ It is significant at brachio radialis, and no significant responses at flexor carpi radialis.

1. はじめに

「ビデオカメラの人間工学」⁽¹⁾ についての研究があるが、これは、人間工学のデザイン開発への活用ということからビデオカメラを取り上げ、「筋負担」「カメラのぶれ」「追随性」から望ましいビデオカメラの保持方法を求め、それによってビデオカメラの形状を考察している。

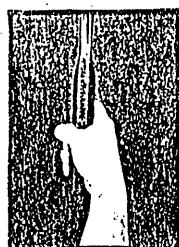
我々はこれに代わって、重量負荷の運動器具であるダンベルの重量、および握り部の太さを変えたときの等尺性・等張性収縮について、また、軽量負荷の運動器具にテニスラケットを選び、グリップの太さとスイング時の等張性収縮について検討した。

テニスに限らず、器具を用いる運動において、グリップはプレーヤーと器具を結ぶ大事な接点である。近年器具の研究開発が盛んになった。テニスラケットも大きくその形状を変えている。しかし、グリップの形状は大きな変化は見られない。

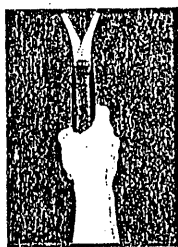
その理由として2つ考えられる。

テニスプレーヤーはグリップを握る際、イースタン、ウェスタン、コンチネンタルと呼ばれる基本的な握り方から個人にあった保持法を選ぶ。しかし、実際のプレー中はスイングの状態、打点の高低・前後・左右と case by case に握り方を変えるのが一般的である。これが1つ目の要因である。もう1つは“個人差”である。手の大きさ、握力、腕力が異なれば、当然最適なグリップ形状、大きさは異なると考えられる。

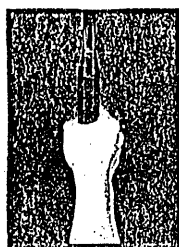
これが、グリップ形状を変えられない大きな要因であると思われる。



a. セミウェスタン



b. ウェスタン



c. コンチネンタル



d. イースタン

図-1. テニスラケットの基本的な握り方

テニスラケットをスイングする場合の腕部の筋負担を考える。

1. ウエイティング状態から後方にラケットを引くテイクバック始動時
2. テイクバック完了からスイングに移る瞬間
3. ボールを捉えるインパクトの瞬間にそれぞれ大きな負荷がかかると考えられる。

2. 目的

運動器具を使うと筋負担がかかる。それは器具によってどのように異なるのかを、本研究ではグリップを主とする運動器具の使用時の筋負担について人間工学的に調べる。生理学的指標に筋電を用いた。

- 2-1. 重量負荷の運動器具にダンベルを用い、重量、およびグリップ部の太さを変えたときの筋負担について調べる。
- 2-2. 軽量負荷の運動器具にテニスラケットを用い、実際にスイングしたときの筋負担について調べる。

3. 実験方法

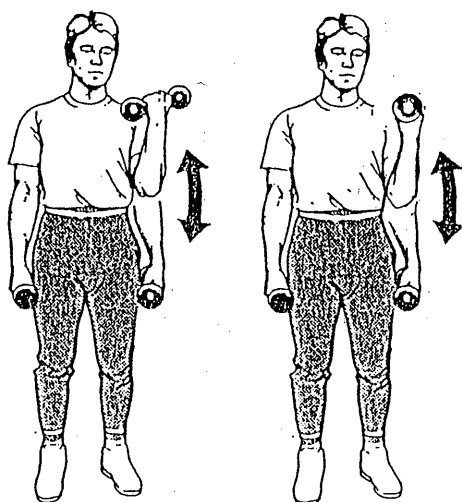
ラケットに限らず器具をもって運動する際に使用されと思われる前腕部の筋負担を測定した。筋負担は腕橈骨筋、尺側手根屈筋、橈側手根屈筋、桡指伸筋から表面筋電図を導出し、求めた。今回は、個人差の大きいデータを測定することから、被験者は一人とした。

- 3-1. 重量負荷のダンベルを使用して、重量、グリップの周長を変えて、図-2 の状態A、B、Cのような条件をつけて実験をおこなった。A、B、Cの各状態について、1.0~5.0[kg] まで、1[kg] 刻みの各状態について、グリップ周長が11.0[cm]、13.2[cm]、15.6[cm]、17.1[cm] になるようにグリップの太さを変えて測定を行った。

- 3-2. テニスでは、先に述べたようにさまざまなグリップの握り方(図-1)・スイング状態があるわけだが、本研究を進めるにあたり以下の条件をもうけた。

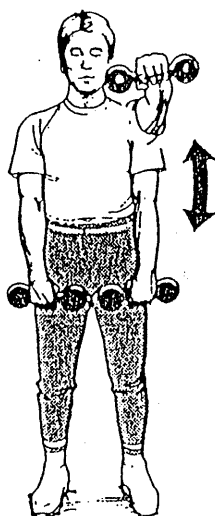
1. グリップの握り方は基本的なイースタン・グリップと限定する
2. スイングはレベルスイング(ボールの高さに合わせて水平に打ち出すスイング)
3. 打点は要(ベルト)の高さの体のやや前方とする
4. スイートスポット(芯)で打ったデータのみ有効とする

この条件のもとで実際にスイングして、疑似ボールをうちそのときの筋電を測定する。今回はテイクバックを終えた状態からスイングを開始した。



状態 A

状態 B



状態 C

図-2. 測定状態

4. 測定装置と測定条件

測定装置：日本光電（KK）製ニューロバック
PROGRAM MODE: EMG-SURFACE

被験者：22才男子

測定時間：5[S]

バンドパス・フィルタ帯域：high cut 3[kHz]
（ベッセルフィルタ） low cut 500[Hz]

接触抵抗：15[kΩ]以下

電極：シールド付き塩化銀電極

5. 結果・考察

5-1. 図-3 は、実験3-1のデータである。

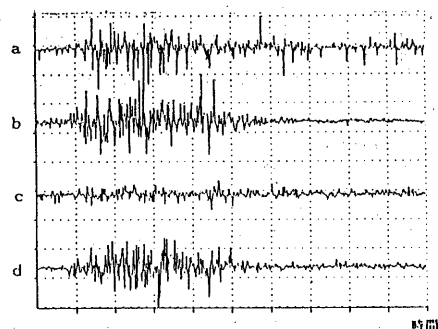


図-3-1. 状態A 負荷5[kg]

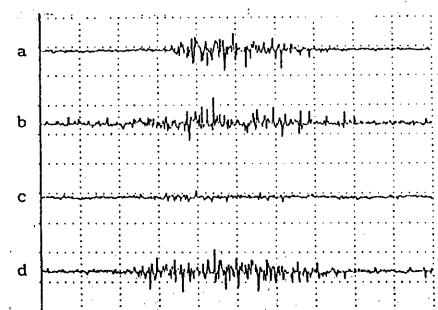


図-3-2. 状態A 負荷1[kg]

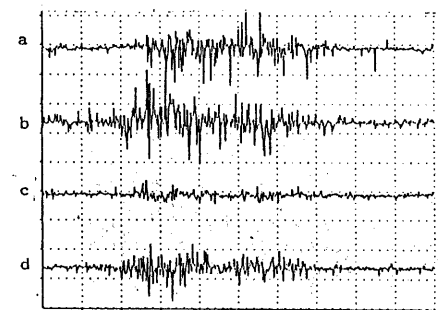


図-3-3. 状態C 負荷5[kg]

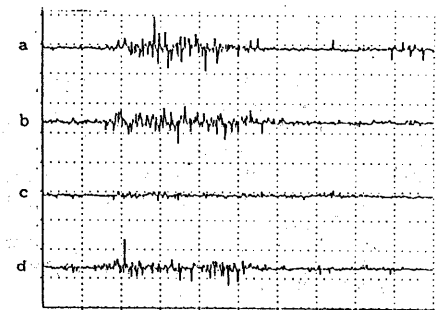


図-3-4. 状態C 負荷1[kg]

図-3-1 は、状態Aで 5[kg] を持ったときの筋電図
 図-3-2 は、状態Aで 1[kg] を持ったときの筋電図
 図-3-3 は、状態Cで 5[kg] を持ったときの筋電図
 図-3-4 は、状態Cで 1[kg] を持ったときの筋電図
 である。

また、図中

aは腕橈骨筋

bは尺側手根屈筋

cは橈側手根屈筋

dは総指屈筋

である。以下のデータもこれにしたがう。

5[kg] を持ったとき、1[kg] を持ったときより筋電図の振幅・周波数が増大が見られる(図-4 参照)。これは大きな力を使ったとき筋電図の振幅・周波数が増大することを意味している。

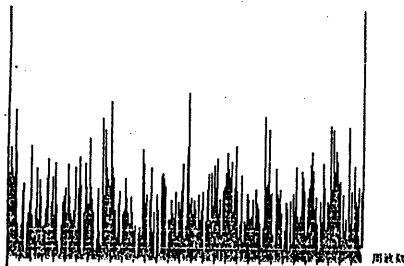


図-4-1. 図-3-1. aに対するパワースペクトル

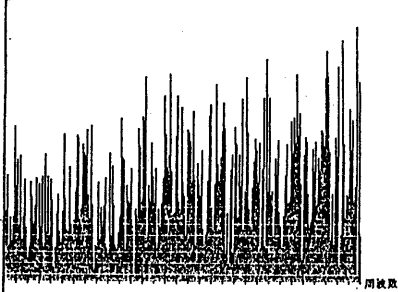


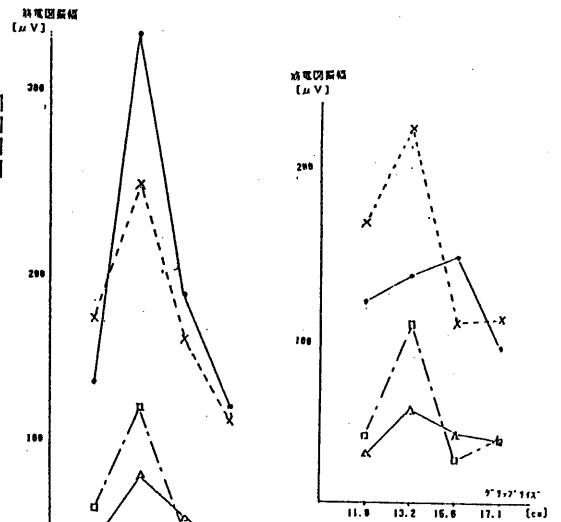
図-4-2. 図-3-2. aに対するパワースペクトル

上の結果から、筋電図の振幅の大きさに注目してデータを整理したものが、グラフ-1 である。

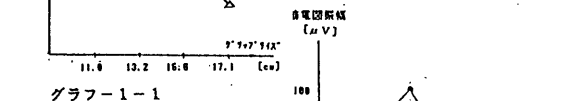
グラフ-1-1 は、A状態で 5[kg] を持った状態で、グリップの太さを変えたときのグラフである。縦軸に振幅の大きさ、横軸にグリップの太さをとった。

以下、グラフ-1-2、1-3 は、それぞれB状態、C状態で 5[kg]、

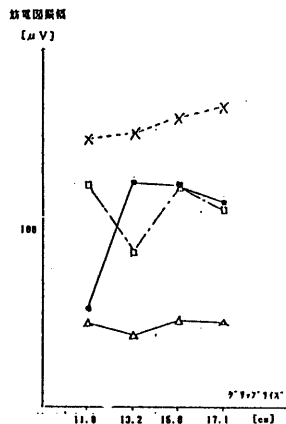
グラフ-1-4、1-5、1-6 は、A状態、B状態、C状態で 1[kg] を持ったときの筋電の振幅と、グリップの太さとの関係を表したものである。



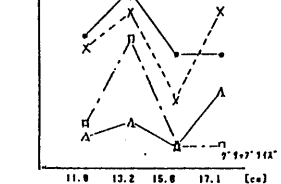
グラフ-1-2



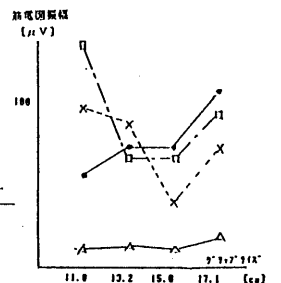
グラフ-1-1



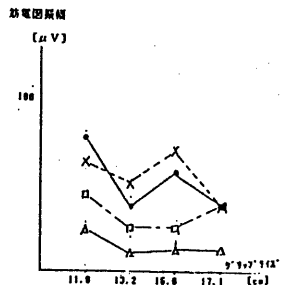
グラフ-1-3



グラフ-1-4



グラフ-1-6



グラフ-1-5

—○— 腕橈骨筋
 -x- 尺側手根屈筋
 -△- 橈側手根屈筋
 -□- 総指屈筋

グラフ-1. 筋電図振幅とグリップサイズの関係

グラフー1-1では、グリップサイズ 13.2[cm]で明らかに大きな振幅がみられる。逆に 17.1[cm]では、振幅が小さくなっている。これは他のデータについても言えることである。したがって 17.1[cm]付近では、筋負担が少なくすむと考えられる。

腕橈骨筋・尺側手根屈筋が各状態で活発に動いている。また、状態Cのとき捻指伸筋が大きな振幅（他の状態の2倍～3倍）を示す。

全体的に橈側手根屈筋はそれほど活発な反応を示していない。一般にスポーツプレーヤーが使用する器具はそれほど重くないので省略したが、かなり重い物を持ったときは、ここからも活発な反応がみられた。

グラフー1-6ではグリップサイズ 17.1[cm]で一樣に振幅が大きくなっているが、これはデータ件数が少ないため、測定時に余分な力が入った分まで拾ったためではないかと思われる。

以上の結果から次のことが考えられる。

- (1) グリップサイズ 17.1[cm] 付近で、筋負担が少なくすむと考えられる。
- (2) 橈側手根屈筋に関しては、今回のような条件では考えなくてもよいと思われる。

5-2. 5-1の結果を考慮し、テニスラケットのグリップサイズをいくつか設けて、実際にテニスラケットを持ってスイングしたとき測定したデータが図-5である。

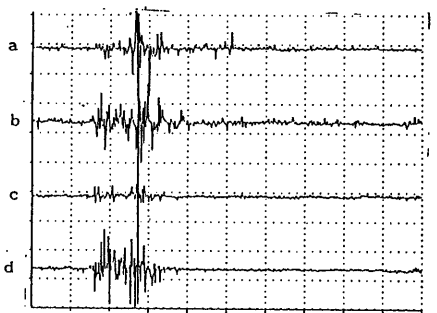


図-5-1. 細い (11.0[cm]) グリップ 時間

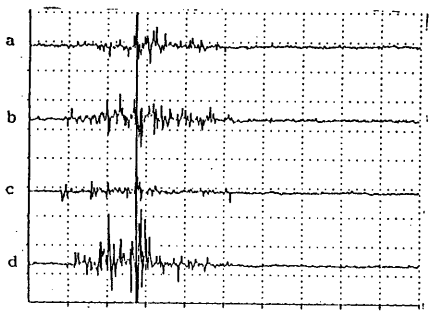


図-5-2. 太い (16.5[cm]) グリップ 時間

図-5-1は、11.0[cm]のグリップでスイングしたときのデータ、図-5-2は、16.5[cm]のグリップでスイングしたときのデータである。

図中線の付近でボールをインパクトしている。これより前部はスイング始動による筋電、後部はフォロースルーによる筋電である。

16.5[cm]のグリップのときの方が筋電図の振幅が小さくなっている。他の被験者についてのスイング状態での筋電図データはないが、この被験者に関してはある程度太いグリップの方が筋負担が少なくなることはわかった。これは被験者の手のひらの大きさが一般的に言って大きい方であるという要因が関係していると考えられる。手のひらの大きさとグリップサイズの関係を考察していく上で興味深い。

グリップの太さは、スイングのしやすさ、持ち易さなどの使用条件と筋負担とで決められるものと考えられるから、この点から太さについては考える必要があるのが今後の課題である。

また、今回のデータは、典型的なテニスプレーヤー（22才・男）についてのデータであるため、他の被験者数人についてのデータをとって比較検討した（図-6）

それによると

1. 人によって異なるが筋電の振幅が大きくなるグリップサイズ・振幅が小さくなるグリップサイズの存在が見られる
2. 橈側手根屈筋から導出した筋電図の振幅が全体的に小さい

などの共通点が見られた。

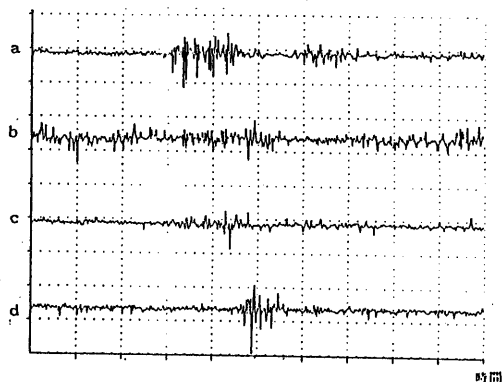


図-6. 他被験者の測定データ 時間

グリップサイズについても、今回は 17.1[cm] で筋負担が小さくなるという結論を出したが、これより大きいものについても調べなくてはならない。また、これも個人差があり、手の大きさ・握力などとの関連があるのではないかと思われる。

今後は、テニスラケットのグリップを考察するに当たり、実際にスイングしての測定、グリップ形状を変えての測定、準備電位の測定などを進めていく予定である。

また、打球時にどのような負荷がかかっているか、瞬発力についての測定なども今後の課題として残る。

最後に今回の研究を進めるにあたって筋電の測定の被験者をしてくださった入たち、ならびにアドバイスをいただいた、野中 博文君に心から感謝いたします。

7. 参考文献

- (1) 勝浦 哲夫：ビデオカメラの人間工学、1990、人間工学学会誌（26号）
- (2) 最新テニス技術百科、1991、学習研究社
- (3) 斎藤 正男：生体工学、1985、コロナ社