K. Takagi; M. Kumamoto; K. Ito and M. Tukahara:
Electromyographical Analysis of Sarjant Jump

垂 直 跳 の 筋 電 図 学 的 解 析

京 都 大 学 高 木 公 三 郎
熊 本 水 頼
伊 藤 一 生
神戸商科大学 塚 原 政 義

緒 言

身体の動作分析を行なう時、映画などを利用する視覚的方法のみによつては正確な解析は行ない難い。この点に関し高木は投球動作を例として詳細な発表をし、筋電図学的に筋の働きを知りそれによつて裏付けられた動作分析を行なうべきことを説いた¹⁾。

筆者等はこの手法を他のあらゆる運動に適用して筋の働き方から裏付けられた動作分析を志した。先ず跳躍の最も基本的な形である垂直跳の解析を行なつたのでその結果について述べる。

跳躍の如き急激な動作は円盤電極による皮膚表面誘導による必要があるため、被検筋としては表在筋のみをえらんだ。また跳躍時に足底に加わる力およびその方向を知ることは動作分析に重要な資料となるので strain gauge を用いて筋電図と同時記録できるようにした。

実 験 方 法

a. 被検者：京都府代表国体五種競技選手および高校陸上競技部選手若干名。

b. 設 備

筋 電 計：三栄測器製 8 極脳波装置

電 極：径 10mm 皿状白金円盤

感 度：1.2mm/100 μ V

時 定 数：0.05 秒

跳躍力計：第 1 図の如きものを製作し、

記録には上記脳波装置を利用した。踏切板は檜柱目材、支持台は鋼鉄製である。strain gauge は新興通信製 S4 型を利用し、水平、垂直分力を同時測定できるようにした。脳波装置は跳躍力の測定のためには、感度：1.2mm/100 μ V 時定数：1.5 秒で使用した。

動作分析：Canon 8mm シネカメラを使用、64 コマで記録した。

c. 方法：被検筋としては腰部、脚部の表在筋のうち次のものをえらんだ。すなわち、

m. obliquus externus abdominis
m. rectus abdominis m. gluteus medius
m. gluteus maximus m. tensor fasciae latae
m. adductor magnus m. rectus femoris
m. vastus medialis m. sartorius
m. adductor longus m. gracilis
m. biceps femoris m. semitendinosus
m. tibialis anterior m. fibularis longus
m. gastrocnemius m. flexor digitorum
longus m. extensor digitorum longus

また跳躍力は踏切板（第 1 図）の I, II, III のそれぞれの垂直方向、水平方向の分力を測定した。跳躍に際して踏切板の上にカーボン紙を置き踏切足の位置を確認できるようにした。また足先が着地した場合 film と筋電図と双方に signal がはいるようにした。なお跳躍高は、被験者の正中面内に目盛板を立てて撮影した film によつて測定した。

図 1

計測装置図

図 2

図 3

実験結果

各被検者について得られた筋電図は殆んど同じ pattern を示していた。また踏切の際の足の位置が同じであると strain gauge に現われる歪みの pattern も殆んど同じであつた。その場合着地の位置が少々変わつても踏切りの pattern に顕著な差は認められなかつた。従つてこゝではそれらの pattern のうち代表的な一例を示し解析を進める。

得られた筋電図は第2, 3, 4 図に示す如くである。図において A, B, D の時期は第6図に示すような姿勢の瞬間である。すなわち A は跳躍のために膝及び股関節を屈曲させて、重心が最も下つた姿勢、B は膝、股関節が伸展して正に足先が踏切板を離れようとする瞬間、

C は重心が最も高くなつた瞬間、D は着地の瞬間姿勢を示す。また踏切時の足底に加わる力の記録は第5図に示す如くである。

考 察

まづ代表例についてその測定結果を検討してみる。撮影された film から重心軌跡を求めてみると²⁾、第7図の如くなる。これから踏切時の速度を求めると 290.4cm/sec を得る。これによつて重心が上昇する高さを計算すると 42.9cm を得る。実際の重心の上昇高は 44cm でありよく一致している。

また第5図に示された足底に加わる力から重心の上昇高を計算してみる。身体を上昇させるのは重心の最下位から足が踏切板を離れるまでの間の垂直方向の力積である。今踏切

図 4

図 5

図 6

図 7

つた時の足の位置は第7図右上に示す如くで、踏切の力はⅠ，Ⅱの棒で全部支えていることになる。従つて第5図のⅠ，Ⅱの垂直分力について跳躍に有効なる力積を求める。すなわちA，Bの区間の歪曲線と基線との間の面積を求め換算すると20.2kg.secを得る。この場合の被検者の体重は65kgであるので

$$F.t = \frac{M}{G} (V_2 - V_1)$$

より踏切によつて得られる最終速度は305cm/secとなる。これより重心の上昇高は47.5cmとなる。実際の上昇高と比較して略一致した値が得られる。すなわちここにあげられた資

料は一応信頼に足るものと認めることができる。

今重心の移動をみると、第7図左において、1~5と急に前方に移り、そのあとは大体垂直に上昇している。1では腕は体側にあり、3で鉛直方向に、5では45°前方に出ている。すなわち脚の伸展とともに腕を前に振りだしており、このために急に重心が前方に移つたと考えられる。この間足底に加わる力は、第5図から明らかなように、前後の水平分力は殆んどなくて垂直方向の力のみが大きく、しかも急激に増加している。しかしながら第5図のAB区間の1/4を過ぎた頃（第7図では3~4の時期に対応する）から後方への分力が現われ始め、可成り強くなり、踏切直前には略45°前後の角度で後へ蹴つている。この後方への分力が重心の移動方向を変えて垂直に上昇させているものと考えられる。

次に筋電図から筋の働き方を考察してみる。筋の機能については Wells³⁾ (1955), Duvall⁴⁾ (1959) 高木⁵⁾ (1960) の記載を参照した。

重心が最下位に沈んだ位置、すなわちAにおいて *m. vastus medialis* に極めて強い放電が現われてくるのは膝関節の強い伸展が始まることを意味する。この場合 *m. rectus femoris* に余り強い放電が現われていないのは、この筋は二関節筋であつて股関節の屈曲にも働くからである。跳躍の場合膝関節の伸展とともに股関節も強く伸展しなければならないので、*m. rectus femoris* は強く働いていないと考えられる。*m. vastus medialis* の antagonist であるところの *m. semitendinosus*, *m. biceps femoris* に放電が見られるのは膝関節の固定の意味である。なおこの場合 *m. biceps femoris* の放電が稍強いのは二関節筋で股関節の伸展に参加しているためと考えられる。また *m. gluteus medius*, *m. gluteus maximus* にみられる放電は弱い、皮下脂肪層が厚いために皮膚表面誘導では著しく減弱された電位しか誘導出来ないこと、筋の横断面積が大なることから相当強い筋力を出しているとい

測できる。¹⁾ 以上述べた膝、股関節の伸展に関与する筋の放電は踏切板のI, IIに加わる垂直分力の増加と完全に対応している。この際 *m. fibularis longus*, *m. gastrocnemius*, *m. flexor digitorum longus* は足関節の伸展に主動的であるが、これらの antagonist である *m. tibialis anterior*, *m. extensor digitorum longus* にも殆んど同じ位の放電が認められるのは股、膝関節の強い伸展による力を足底に伝えるための足関節の強い固定に働いているものと理解される。しかしながらA, B区間の約1/3~1/4の間で水平分力が殆んどなくて垂直分力だけが現われ、ついで後方への水平分力が現われる現象については、筋電図にはそれを説明できる特徴は認められない。しかし踏切直前には足底に加わる力は後方へ約45°余りの傾きをもつが、これについては *m. fibularis longus*, *m. flexor digitorum longus* の足底屈に主動的に働く筋が、他の筋群の放電が休止したあとも足先が踏切板を離れるまで放電を続けていることによると考えられる。

結 論

1. 垂直跳の動作分析に当つて、映画による姿勢の変化の追求とともに、筋電図による筋の働き方の検討、strain gaugeによる跳躍力の推移の検討をあわせ行なつた。

2. 上昇の力が最も加わるのは、踏切の前半1/3~1/2の間で、主として股関節、膝関節の伸展によるものである。股関節伸展の主働筋は、*m. gluteus medius* *m. gluteus maximus* であり、膝関節伸展の主働筋は *m. vastus medialis* であつた。

文 献

- 1) 高木公三郎：四肢筋の筋電図学的研究，三重医学，4. 999~1018, 1960.
- 2) 松井秀治：1956. 運動と身体の重心，体育の科学社.
- 3) Wells, K.F.: 1955. Kinesiology, W.B. Saunders Co.
- 4) Duvall, E.N.: 1959. Kinesiology, the Anatomy of Motion, Pentice-Hall Inc.