歩 行 の 實 験 的 研 究

——主として筋の働き方について——

近 藤 四 郎

緒 言

人類の特徴として先ず挙げられる直立歩行が文化の發達にいかに関与したかは、我々が日ごろこれを全く忘却しているほど大なるものがある。

直立歩行の基本的解明は古人骨の特異性から論考するものと、現代人を被検者として選りその實驗から研究する立場があり、言うまでもなく我々は兩者の方法を併せ用いたいわけである。また人類に近い動物として猿類を實驗對象とすることも當然考えられるが、實施の困難なために、現状では殆ど觀察だけに止められている。

本研究は歩行時の筋の働き方を知ることに重點を置いた。

従つて現代人を用いたわけであるが、筋の機能の解明は現代人そのものゝ歩行がいかに行

第1圖 歩行時の股、膝、足腿關節の角度の變化

われているかを實證するばかりでなく、古代人の動作を推論するよすがともなる。古代人の動作を推論する場合、先ず骨の形態がいかなる機序により變轉するか問題になる。現代人の筋の機能を以て直ちに骨の形態が異つてゐる古代人の動作を斷定することはできないが、

第2圖 歩行の着地、離地時間の關係

推論に確實性を増與することは否めないであろう。

さて歩行の研究の歴史を回顧すると、それは 19 世紀前半より終りへかけて相當盛んに行われた。即ち O. FISCHER の浩瀚な研究が出る前に以下に挙げる人々の業績が顯著なものである。WEBER 兄弟 (1836 年), CARLET (1872), MAREY (1882), MUYBRIDGE (1918) 等があるが、何れも寫眞機、キモグラフィオンを用いて歩行動作を捕促し、その時空關係の記録より歩行を論じたにすぎない。かくて FISCHER は BRAUNE と共にガイスラー管を被檢者の四肢、頭頂等に附着し、その斷續放電により歩行の各時點に於ける位置を寫眞に收めてその結果を力學的に解明したことは人の知るところであり、BERNSTEIN はこれを大成して歩數と體の振巾に關する重要な公式などを案出した。その後、活動寫眞などを利用した詳細な研究も出たが、何れも力學的な面に注目して筋の働きなどは推定として附言されるにとどまり、人間の歩行研究から外れることを如何ともし得なかつた。FISCHER 自身も WEBER 等のあまりに機械的な考え方を排しながらも、その大きい研究の大部分を空間に於ける位置の決定、速度、加速度、重力、足底壓等に捧けて、筋の働き方に關しては常識の範圍を越えることができなかった。もとより上述の歩行の研究が寫眞技術等の幼稚な當時にあつてはそのことに制約され、新しい實驗方法が用いられない限り多くの學者が力學的な問題に踞蹠していたのも致し方ないであろう。

第3圖 FISCHER による

FISCHER 以後の研究は枚舉に遑なく、ガス代謝による歩行の經濟速度、効率等に關するもの、力學的、電氣的實驗法による足底壓の研究等がある。また筋活動電流を應用して筋の働きを

第4圖 歩行時の筋電圖

推でなく筋活動電流により實證し、各時點に於いていかなる筋が働くか、またその筋の力の程度、機能等も併せ考察した。

従つて歩行が筋の力によつて行われるという周知の事實にも拘らず從來閑却されていた筋の働きという重要な基礎事實を、幾分でも解明し得たと自負している次第である。

研究方法

先ず歩行動作を映畫に撮りその引伸寫眞により股、膝、足腿關節の角度の變化を測定した。但し第1圖の如く胸骨上縁を a 、股、膝は夫々その中點を b, c とし、腓骨踝を d 、第5中足骨種子骨下縁を e として連ね、夫々の角度を two step について測定した。

歩行の着地、離地の時間關係は足底の所要箇所に燐青銅板で作つたコンタクトを着けて歩き、その電氣回路の開閉を電磁型オンシログラフで記録して決めた。第2圖參照。

體の綜合重心の移動、歩行速度等は FISCHER の研究より引用した。但しこの重心の移動については疑點を存するが、これは寺田和夫氏が後日發表する豫定である。歩行運動の分節點も彼の記號に従つた。即ち

- $R (L)$ 右 (左) 足の踵が着地した瞬間
- $S_r (S_l)$ 右足が振足になつたとき
- $A_r (A_l)$ 右足の全足底が着地したとき
- $E_r (E_l)$ 踵が着地して次いで踵が離地したとき

以上の如き諸關節の屈伸の程度、着地、離地の時間關係、第3圖の如き體重心の移動、足底壓 (FISCHER は歩行の加速度の鉛直成分、重力及び體重から算出、従つて必ずしも一脚のみの足底壓ではない) 等と歩行時の筋電圖を照合して研究した。

筋電圖の記録には歩行運動では同心型針電極は痛く且つ折れる等の不便があるので、鍼用鍼 (直徑 0.2 mm の銀線) の表面を絶縁し先端のみを露出したもの2本を電極として用いた。筋活動電流の増幅、觀察、記録は私の前報告の場合と同様であつて、第4、5圖の如き筋電圖を得た。被檢者は成人男子 31 才で分速約 100 歩で正常歩行をさせた。

第5圖 正常歩行運動時の下肢筋の働き方

實驗成績及び考察

着地、離地の時間的關係：踵、小趾球、跖球、跖爪先の順序で着地、離地が行われることは映畫からもはつきりと認められる。踵から小趾球が着地することはこの時期に足の回外が行われることを意味し、それから回内作用が行われて跖球が着地し、その後すぐ兩作用が共働して、所謂蹴り出しが行われる。

分速約 100 歩では着地と離地の時間比は 3 對 2 である。第 2 圖参照。兩足の着地の重複時期即ち一足の踵と他足の爪先が同時に着地している時間は約 12/100 秒。こゝで跖球もすこ

し着地していることは注目されてよいであろう。分速が増すと着地期、重複期ともに短くなり、着地と離地の時間比が小さくなる。

踵が着いて跣球が着地するまでの時間は約 9/100 秒であるが、これよりも距離的には近い跣球着地より跣爪先の着地までに約 12/100 秒を要し、また跣球着地時間は全着地時間の大半即ち約 80% を占めている事實は跣球を使つての蹴り出しという運動が比較的緩慢には

あるが力を勞して行われるということの意味しよう。尙、踵、小趾球、跣球の順序で着地、離地が行われ、且つ履物のヒールの高さによつて例えばハイヒールでは踵の着地時間が長くまた小趾球、跣球が殆ど同時に着地することなどについては別の機会に譲りたい。

歩行時の筋の働き方：FISCHER はその研究の結果、從來、WEBER 兄弟等によつて言われていた歩行は振子運動に類似のものであるという説に反對して、歩行寫眞の分析から足に働く筋力が歩行の主要因であることを指摘した。彼は重力と innere Kraft 内力（この主要なものは筋力とみなす）が歩行の各時點に於いて、各關節の廻りに及ぼす慣性能率の差が寫眞上に記録さ

第6圖 自転車操作時の筋電圖
a はクランク回轉の中心

1. 大 臀 筋	2. 大 腿 四 頭 筋
3. 大 腿 二 頭 筋	4. 前 脛 骨 筋
5. 腓 腹 筋	6. 跣 趾 外 轉 筋

れた運動を生ずるものと考え、寫眞から逆に内力即ち筋力を決定した。そして歩行のある時點に於いて大腿では伸筋、下腿では屈筋が働いていると云うような表現を用いているが、これでは勿論、個々の筋の働きを知り得るわけでもなく動作の分析などは思いもよらぬことであろう。故に本研究では上述した方法を用い實驗的に可能な限りの、主として下肢筋の個々について解明を試みた。以下述べるところは第 1~5 圖を参照されたい。但し、第 5 圖は第 4 圖の如き筋電圖を模式化したものであつて、相互の筋の振巾の比などを示しているわけではない。またすべての筋は右側のものだけについて示したものである。

振脚（右）の踵が着地しようとするとき、脛腓廣筋で膝を伸ばし、前脛骨筋で足をすこし背屈しながら着地する。大腿直筋は着地後、膝を伸ばすために働き、廣筋も續けて共に働くが直筋の力は廣筋に較べると遙に弱く、また廣筋のうちでは腓側のものが脛側のそれよりも強い。着地すると直ちに大臀筋、中臀筋等による股關節の伸展が行われ、また中臀筋、小臀筋、大腿筋膜張筋等による骨盤の側傾（右へ）、右側の仙棘筋と短背筋群の收縮と相俟つて體は前右外方へ推進される。これは支持脚となつた右足底面上に體の綜合重心の鉛直線が落ちなければ體の安定は保てないからである。このとき左の仙棘筋が伸展反射として反射的に收縮を増していることが注目され、また大内轉筋その他の内轉筋群も働いて體が右へ傾きすぎないようにしている。大腿二頭筋は着地後僅かの間收縮しているが、股關節の伸展及び膝の屈曲により踵から前足部への着地を容易ならしめ、且つ着地の緩衝を主として膝によつて營んでいるものと思われる。

以上述べたところは兩足の重複期に相當し、こゝではこの場合ならば重心が左から右へ移る時期であつて特に體姿勢の微妙な調節保持が要求される。そのためにこゝで拮抗筋である大腿直筋と二頭筋が協同的に働いている。これは第1圖の膝關節の角度を見れば R より E_r まで殆ど變らないことでも分る。即ち膝を固定することになり大臀筋等による股關節の伸展の効果が足部にまで及び推進が行われることにもなる。更に體の前進のためには股關節の伸展と膝の屈曲が必要であり、この兩作用を同時に行い得る二關節性筋が働けば便利であり即ち大腿二頭筋が働く所以であつて、そのために動作が始めて圓滑に行われる。このとき重心は低く、歩行速度が速くなつてゐることも、姿勢の微細な保持困難な時期であることを考えれば興味ある事柄であらう。

支持脚の前足部への捲き返しは主として腓腹筋、ヒラメ筋等により行われる。これらの收縮初期では腓腹筋の内側頭、ヒラメ筋も足の回外作用をするものが主として働く。故に踵から次に小趾球が着地するわけである。これはまた重心が右方へ外方へ移つてゐることも併せ考えねばならぬ。着地の中間期(A_r より E_r にわたる時期)では腓側廣筋、大腿筋膜張筋等が膝を伸展し、振脚が支持脚の横を通過して體が眞直になり各關節の固定に要する筋力がさほど必要でなく、重心は高くなつて歩行速度おそく FISCHER のいう足底壓及び SCHWARTZ と HEATH による實驗の足底壓も小さくなつて居る。従つて筋活動電流がこの時期ではあまり出現していない。即ち大臀筋、腓腹筋、ヒラメ筋等の筋電圖に谷が認められる。歩行運動では交互に振脚になるということ、及び支持脚の中間期がその休息として考えられる。

尙、着地初期では大臀筋、大腿直筋、腓腹筋が一つの系列として働いている。何れも伸筋であつてこれが何を意味するか、またそれらの働く時期が大臀筋より次々とおそくなつてゐるかどうか、興味ある研究事項であらう。

所謂、蹴り出しには多くの筋の協調が認められ、大臀筋、長内轉筋等による股關節の伸展、腓腹筋、ヒラメ筋、長腓骨筋等による足の底屈及び回外、回内作用等が行われる。このときも大腿直筋、二頭筋の協同作用が行われるので股關節伸筋の力が足部まで波及する。蹴り出し終期では大臀筋、大内轉筋は股關節の伸展以外に外旋を行うものと思われる。この足を外へねじめることは足腓側縁から脛側へ壓力が移動することと共に、また左の仙棘筋の收縮により上體を左傾させ而もやや前傾した上體を後傾させるので重心は左方へ移り體は前左外方へ推向させられるのである。この蹴り出しは大腿二頭筋の長頭、半膜様筋、半腱様筋等も關與して行われるので、股關節は伸展し、而も膝關節は屈曲されている。即ち蹴り出しの際に腰を伸ばし大腿二頭筋、直筋により膝を固定し下腿三頭筋による足の底屈の働きを一層、効果あらしめている。また蹴り出しは膝をすこし曲けつつ行われるので重心はやゝ低くなつて居り、蹴り出し後も僅かの間、大腿二頭筋が膝を屈曲させつつ振脚になるのである。

離地の初期は腸腰筋、大腿筋膜張筋、大腿直筋、薄筋及び恐らく長内轉筋、縫工筋、恥骨筋等により股關節の屈曲が行われ全時期にわたつて前脛骨筋による足の支持が行われる。こゝで腸腰筋、大腿二頭筋、前脛骨筋という屈筋ばかりの一つの機能的系列が認められる。離地期の半ばより腓側廣筋が働き始めて膝の伸展を行い、次の着地への準備状態に入る。特に

第7圖 歩行時の單一神經筋單位の活動様式、腓側廣筋、時標 1/10 秒

大腿二頭筋の短頭は長内轉筋、腹直筋と共に筋系束 (Muskel-schlinge) を形成している。三者が同時に收縮すると骨盤は後方へ沈み、大腿は舉上され内轉、外旋され、膝は曲けられる。即ち股、膝關節の同時の運動に對してこの系列は有効な單一性を有している。胸廓と骨盤がこれにより下肢に對して前方へ確持される。

踞趾外轉筋は踞球の全着地時間にわたつて收縮して居り特に着地と蹴り出しの瞬間に於いて強い。この事實からも反射的收縮による伸展反射と認められる。

歩行時の手の運動については殆どふれなかつたが小片によれば上肢を前へ振るときの方が後よりも多くの筋が働いていると云う。また肘で前腕を曲げることも注意されてよい。そして振り運動の如く一週期の中間の位置で速度は最も速くならない。最も我々が知りたいのは手と足の動きの關聯にあるが、いまのところ分明でない點が多い。たゞこゝに注目すべきは右の骨盤から背部を横切つて左の頸部に到達する筋系列 (右の外腹斜筋、右の横棘筋、左の夾板筋) が認められることである。これは蹴り出しの時期に於いて前二者は骨盤を右回旋し、後者は胴、頸部を左回旋する。即ち蹴り出しの時期に前述した如く足を外旋すること及び支持脚 (右) の側の手は前へ、反對側の左手を後へ振ることと一致している。

上述した事柄のうち特に注目に値するのは二關節性筋であろう。即ち二關節性は力としては弱い、姿勢の微細な調節保持と運動の圓滑性に與つてゐるものと思われる。また疲れ易いという特色もあり、第6圖に示した自轉車エルゴメーターを用い表面電極法で得られた筋電圖からも容易に實證される。この實驗については詳述する機會があると思うが、この場合は後輪のリムに 1 kg の負荷をかけ、サドルの位置は正常位である。同圖で大腿四頭筋の働いている範圍のうち 0° 以前は脚が疲れてくと消失し 0° 以後は残る。即ち二關節性筋である大腿直筋が疲れて働かなくなるので他脚の大腿二頭筋、腓腹筋等を余分に用い、廣筋はまだ働くものと思われる。

交互神經支配 Reciprocal innervation について：一般に骨骼系の關節は拮抗筋によつて固定されており、關節に於ける運動は交互神經支配による拮抗筋の收縮、弛緩によつて行われていることは周知の事實である。

歩行運動で一脚の下肢筋だけに注目しても一關節性筋は第5圖で分るように交互神經支配が成立している。また兩脚の一關節性筋についても左右脚の同名の筋が同時には働いていない。即ちこゝにも交互神經支配が成立している。二關節性筋または多關節性筋では一脚のみにしても、また兩脚の同名筋についても一般に交互神經支配は成立していない。この事實は第5圖の大腿直筋と大腿二頭筋 (長頭) の働き方を見れば明かであろう。また仙棘筋は一侧のそれが active に收縮しているときは他側が反射的收縮による伸展反射をなし、これによつて上體の動搖を少くしている。併し二關節性筋が兩脚で同時に働いていても純然と作用が異なるわけではないが働き方の程度が異なるのではなからうか。例を大腿直筋にとれば蹴り出しの時期に於いて、支持脚では股關節の屈曲が従で膝關節の伸展が主であるが、振脚の直筋は股關節の屈曲を主としているというのが如くである。

歩行運動と中樞神経系との關係：歩行運動は前述したように交互神經支配に基き主として下肢帶筋、下肢筋の働きによる交互拮抗運動である。

人間の直立姿勢や歩行運動は練習によつて獲得した一種の反射運動動作であるということができよう。然らばこのような反射運動がいかなる機序によつて行われているか、即ち歩行

運動の發現機構と中枢神経系の働きとの間にいかなる関係があるものであろうか。これは極めて興味あり、また古くから多くの學者の研究考察の對象として採りあげられた重要な問題であるが、現在の段階では未だ解決されているとは言えない。たゞ我々はこれに関する生理學的、臨床醫學的觀察の結果を綜合して次のことは言えるであらう。

歩行は生後に習得した一種の反射運動と言えるが、生理學的にいう反射運動のように全く意識に無関係なものではない。少くとも人間では無意識状態即ち大脳皮質の働きのない場合には決して歩行運動は發現しない。従つて大脳皮質は歩行時の個々の筋の働き方に直接關與してはいないが、たゞそれらに對して歩行運動の發現、繼續、型式等の面で統制的に關與しているといえるであらう。そして個々の筋の交互神経支配に基く働きに對しては小脳特にその虫部の調節的な機能を考えねばなるまい。幼兒の歩行運動や小脳性疾患者の所謂小脳性運動失調はこのような想定に對して有力な基礎を與えてくれる。

尙、歩行運動に對して平衡器官である迷路の働き、その役割も決して輕視することはできないが、迷路の機能は下肢筋の交互拮抗運動に直接に關與しないで筋緊張の調節作用による身體の平衡特に支持脚着地時の身體の平衡や歩行運動の方向の調節等に關與していると考えられる。従つて正常圓滑な歩行運動に對しては迷路の機能は勿論必要缺くべからざるものであるが（特に視覚の缺除した場合）小脳の機能ほど本質的なものとは思われない。

孰れにしてもこれらの問題は今後、究明解決されねばならぬ重要課題である。

尙、歩行に對して所謂、緊張性腰反射が分離的に働いているということも亦、歩行運動の圓滑性のための一つの要素とも考えられる。また Babinski 反射についてその歩行と運動との關聯性が論議されているが、これらの問題は孰れも興味ある問題である。

歩行時の神経筋單位 Neuromuscular Unit の活動様式：第7圖は歩行時の腓側廣筋の單一神経筋單位の放電の記録であるが、これで分るようにその放電週期は約 0.10 秒である。この週期は小片の研究である直立姿勢時の下肢筋の單一神経筋單位の放電週期と略等しく、神経筋單位の最大放電週期よりも遙かに長い。この週期は歩行時の下肢筋にすべて認められるものであるから、その收縮力の強弱はたゞ神経筋單位の Recruitment の多少によると考えられる。

このように長い放電週期と當然存在すると考えられる各々の神経筋單位の活動交代 Rotation of activity とは、交互神経支配と相俟つて歩行も直立姿勢と同様に長續きする筋動作の原因であると考えられる。

結 語

筋に關する研究では多關節性筋特に二關節性筋が一關節性筋と如何に機能を異にしているかは前述した如く甚だ重要な意義を有しているが、筋系束の研究と共に根本的な解明が切望される。いまのところ未だ不十分な感を藏している。筋系束は上下、左右、前後、斜めにわたつてゐるから、當然、歩行運動では上、横、前、後方からの同時の映畫撮影が必要であり、本研究では横からだけの撮影であつて後日を期することにしたい。勿論、從來の如く筋纖維の走向だけからする筋系束の研究にはあきたらぬものがある。また腱の研究は殆ど未開拓と思われ、早急な解明を要する。筋力を筋の容積、短縮の長さから算出するが如きは、筋の腱への移行、腱の長さの人種差等を考慮すれば甚だ疑わしい。

歩行時の體重心の移動については當教室寺田氏の物理的振子による研究があるが、再實驗

中のため引用しなかつた。足底壓については私が再び實驗計畫中である。

四足獣と人間との歩行の比較は系統關係の離隔甚しいにせよ、一應興味もありその重要性を失わないであらう。兩者の環境には自然と文化の大きい相異があり、歩行が恰も自らの如くに習得せられるように見えても、また四足と二足に全く合目的になつていても、何か環境の相異が影響していないであらうか。端的に云つて近世の履物の變動、居住形式、交通の發達等は歩容に相當の變革を及ぼしつつある。更に歩行の遺傳或は所謂氣分なるものとの關聯は全く現状では不分明と言うより致し方がない。いずれにしても歩行の生活に於ける基盤としての重要性に想到すれば、各方面よりする研究を切望してやまない次第である。

終りに臨んで東京大學醫學部生理學教室時實講師の御指導に對して深謝の意を表する。

附記 本文中の肢位の表示法は昭和 23 年 5 月の日本整形外科學會の決定に従つたが、譯語にいさゝか疑點がある。例えば内轉 (adduction) の轉という字はかゝる運動にふさわしいものであらうか。御教示願えれば幸いである。

文 献

- ALTENBURGER, H.: 1933. Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Ganges. Z. für die gesamte Neurologie und Psychiatrie. 148. Band.
- BRAUS, H.: 1921. Anatomie des Menschen. I. Bd.
- FICK, R.: 1911. Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. III. Teil.
- FISCHER, O., W. BRAUNE: 1895. Der Gang des Menschen. I. Teil.
- 福田 精: 1951. 迷路性アタキシーと小脳性アタキシー、日本醫事新報、No. 1407.
- 近藤四郎: 1950. 筋活動電流の人類學への應用、人類學雜誌、61 卷、3 號.
- 長松英一: 1936. 關節運動よりみたる筋學、
- 小片 保: 1951. 筋活動電流による下肢筋の機能について、人類學雜誌、62 卷、1 號.
- 小片 保: 1951. 筋活動電流による直立姿勢について、人類學雜誌、62 卷、2 號.
- SCHEIB & ARIENTI: 1945. Schweiz. med. Wochschr. 75. S. 1077.
- SCHWARTZ, R. P., A. L. HEATH: 1947. The definition of human locomotion on the basis of measurement with description of oscillographic method. J. of Bone and Joint Surg. Vol. 29. No. 1.
- STEINHAUSEN, W.: 1930. Handb. der normalen u. pathologischen Physiol. XV/I Correlationen I/I S. 162.
- 時實利彦: 1951. 筋電圖の臨床的應用、日本臨床、9 卷、2 號.
- 時實利彦、村尾誠、小片保: 1950. 健康成人に於ける緊張性頸反射、第 71 回生理學東京談話會.
- 、——、——: 1951. 健康成人に於ける緊張性腰反射、第 72 回生理學東京談話會.
- Univ. of California: 1947. Fundamental studies of human locomotion and other information relating to design of artificial limbs. Vol. I.

(東京大學理學部人類學教室)

The Experimental Study on Walking

Mainly from the Point of View of the Action Current of Muscle

SHIRŌ KONDO

Hitherto the study on walking has been limited to its mechanical analysis by means of photography, the efficiency of energy metabolism obtained by gas analysis, and the sole pressure etc.; the action of muscles has been little studied. The author tried to research when and how the muscles work in walking.

The action current of muscle was then applied as an approach to my study; two fine silver needles (diameter 0.2 mm) chosen for electrode, were put into the muscle, the action current of which was amplified and recorded in the same way as in his previous report (This Journal Vol. 61, No. 692, 1950).

The swing and stance phases of foot were investigated by the electrical circuits through phosphor-bronze contacts attached on the sole (Fig. 2). And the changes of angles at the coxal, knee and foot joints, which result from their extension and flexion, were measured from a moving picture (Fig. 1). Shifts of the centre of gravity of body and changes of the sole pressure were cited from the study of O. FISCHER (Fig. 3). The writer tried to explain the mechanism of walking by means of these Electromyogram (E. M. G.) obtained experimentally (Fig. 5). The results are as follows:

1. Two-articulated (joint) muscle has something to do with the smoothness of movement, and is not so powerful as one-articulated one and easy to fatigue.

2. The constant shifts of the centre of gravity in walking makes the holding of posture so delicate which is cooperatively operated by the two antagonistic joint muscles, for example M. rectus femoris and biceps femoris. Also by fixing of knee is effected the extension of M. gluteus maximus at the end of stance leg.

3. It is remarkable that M. sacrospinalis, in the upper body, shows the stretch reflex by the reflexive contraction.

4. In the middle of stance phase we take notice of a valley in the E. M. G.. This is considered to show the resting time.

5. At the end of stance phase, we find the many muscles working cooperatively and especially, the shifting of the centre of gravity is caused by a series of muscles from the pelvis on the side of stance leg to the neck on the other side and this is connected with the out-rotation of foot and the contrary swing of arm and leg.

6. At the beginning of stance phase, the muscle series consisted only of extensors, M. glut. max., rect. femo., and gastrocnemius work. On the contrary, at the beginning of swing phase we see only the flexors series, M. iliopsoas, biceps femo. and tib. ant., working.

7. Reciprocal innervation is proved in the case of one-joint muscles and not in cases of two-joint muscles.

8. The waist reflex is remarkable in all reflex postures in walking.

9. The neuromuscular unit works in very small cycles, for example, 10 or so even in M. vast.fibularis. The long continuance of walking is affected by this and reciprocal innervation and reflex.

10. Compared with cases of riding a bicycle, muscles show far more natural working in walking which is by far suitable to muscle. E. M. G. in the case of bicycle is shown in Fig. 6.