

筋電図からみた乳幼児における歩行の習熟過程

風 井 詔 恭

はじめに

ヒトは立位姿勢の習得直後、生後ほぼ1歳から1歳半頃の間には歩行を習得し習熟していくものである。われわれはその習得・習熟過程について動作・筋電図学的に検討した結果、成人の歩行パターンへの移行期は、3歳頃で、7歳頃ではほぼ完成することがわかった。^(1,2)特に歩行の習得・習熟初期は、その動作をみても非常に不安定であり、また、変化に富んでいる。当然、筋の作用機序についても、かなりの変化が予想される。そこで、この習得・習熟初期について筋の放電様相(パターン)の変異を詳細に検討した。

乳幼児歩行の初期の筋電図的特徴

乳幼児の歩行の習得初期の筋電図パターンを比較検討する

ため、長い年月の間、毎日繰り返し、一応合目的な筋の使い方をしていられると思われる成人歩行の代表的な筋電図パターンを示したものが、**図1**である。足底スイッチを用いて記録したバゾグラムから、凸部は右足が地面から離れている**離床期**(**SW**)を示し、凹部は右足が地面に着いている**接床期**(**ST**)を示している。

下肢筋については、着地付近において接地の際の衝撃を吸収するため、前脛骨筋、内側広筋、大腿直筋、大腿二頭筋、半膜様筋、大殿筋に集中的な放電がみられ、その後、接床期の後半、踵の押し上げのために腓腹筋に強い放電がみられた。次いで離床のため、股関節の屈曲に働く大腿直筋、足関節の背屈(足首の曲げ)に働く前脛骨筋に放電がみられた。軀幹筋では、腹直筋に放電は認められなかったが、仙棘筋は接床期の、はじめと終末、すなわち、着地時と踵の押し上げ終末

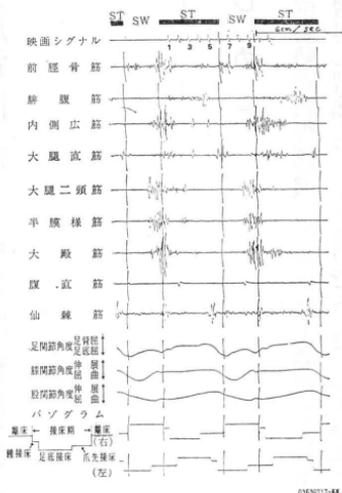
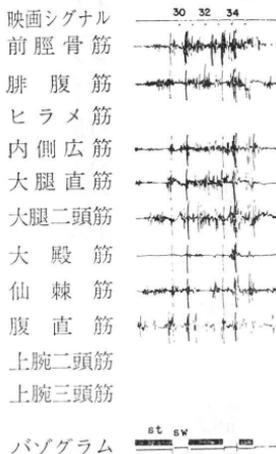
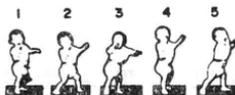


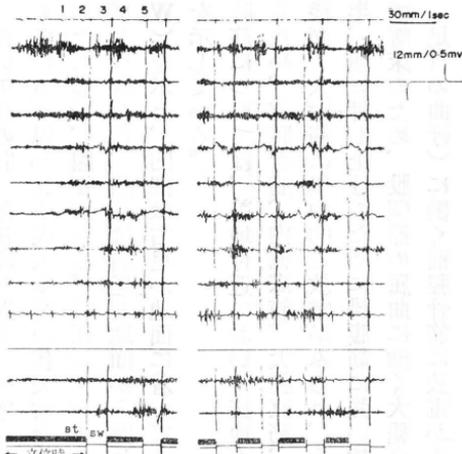
図1 成人歩行の筋電図

ST: 接床期
SW: 離床期

1ST DAY OF LEARNING TO WALK



M.S.



K.M. - 1

K.M. - 2

図2 乳幼児歩行の習得第1日目の筋電図

MS: 生後はじめて2・3歩あるくことに成功したとき
 KM-1: 生後はじめて2・3歩あるくことに成功したとき
 KM-2: 生後はじめて7・8歩あるくことに成功したとき

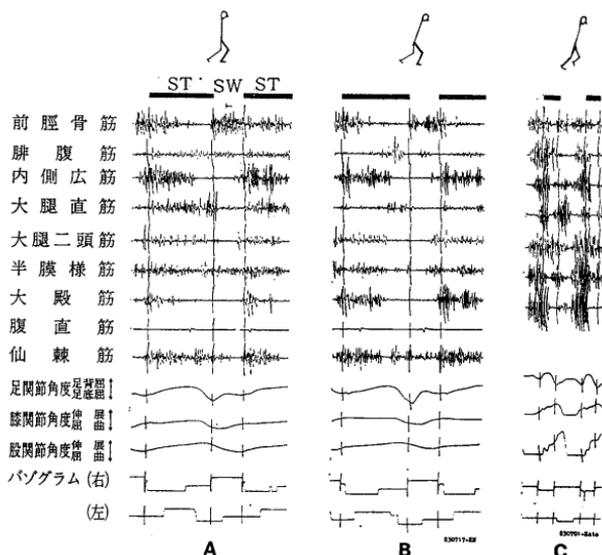


図3 成人の中腰歩行とスタートダッシュ時の筋電図

- A : 中腰上体直立歩行
 B : 中腰上体前傾歩行
 C : 全力疾走のスタート時

に、極めて短かい放電がみられた。

図2のMSは10カ月児で、生後319日目ではじめて2、3歩あるくことに成功したときの筋電図である。図2のKM-1は14カ月児で生後405日目ではじめて2、3歩成功したときの筋電図であり、図2のKM-2は同一日にKMが偶然7、8歩連続歩行に成功したときの筋電図を示している。

10カ月児(MS) 14カ月児(KM)がはじめて2、3歩成功したときは、特に接床期の間、成人のパターンに比し、多くの過剰な持続放電がみられたのが特徴的である。2、3歩あるくことに成功したときのMS、KMはともに接床期の間、足関節筋の前脛骨筋、膝・股関節筋の内側広筋、大腿直筋、大腿二頭筋に強い持続放電がみられた。このときの歩行動作の解析から、接床期の持続放電は、中腰姿勢に起因しているものと思われる。そこで、成人に中腰姿勢で上体を変化させて歩行を行なわせたものが図3のA、Bである。Aは上体を直立、Bは上体を前傾して歩行させたものである。中腰で上体を直立させた場合Aでは、接床期の間、前脛骨筋、内側広筋、大腿直筋、大腿二頭筋に強い持続放電がみられた。一方、中腰で上体を前傾させた場合Bでは、前脛骨筋、大腿直筋の放電が減少・消失する傾向を示した。この中腰歩行の筋電図結果から、MS・KMが2、3歩あるくことに、はじめて成功したときは、中腰で上体が直立した歩行がなされたことが考えられる。KMが偶然、連続して7、8歩成功した場合

(KM₂)は、前脛骨筋、大腿直筋の放電は、2、3歩の場合(KM₁)に比し、減少・消失する傾向を示した。これは、成人の中腰歩行の筋電図結果より、中腰前傾歩行がなされたことがわかる。

離床期においては、前半、大腿直筋に強い放電がみられたのが大きな特徴である。一方、成人の早足歩行、特に大腿を高くあげたピッチ歩行では、常に離床期初期に、大腿直筋に強い放電が認められたことから、この習得初期にみられる離床期前半の強い放電は、積極的な股関節の屈曲がなされたものと思われる。このときのKMの動作分析より、大腿は前方に50近く挙上されており、成人の20に比し、股関節の屈曲範囲が非常に大きいことがわかる。また、足跡の記録(フットプリント)から、両足間の横巾は一足長より大であり、同時に足先がかなり斜外方向を示していたことから、大腿を体の斜外方向へ挙上していることがうかがえる。大腿を挙上する初期に、腓腹筋、ヒラメ筋、大腿二頭筋に強い放電がみられる場合が多く認められた。これは膝の屈曲に積極的に働いていることを示している。離床期前半の大腿直筋の放電と同期して、膝の伸展筋の内側広筋に放電がみられる場合が多く認められた。図3Cに示す成人の疾走のスタート時にも、この期に同様な大腿直筋と内側広筋の同時放電がみられたことから、かなり積極的な大腿部の引き上げが行なわれた場合に、両筋に同時放電がみられるものと思われる。

離床期後半では、内側広筋は成人パターンに比し、早い時期から強い放電がみられ、膝の伸展が積極的になされたことを示している。離床期後半、成人では腓腹筋に強い放電はみられないが、乳幼児ではかなり強い放電が多くみられたのは、足底屈が積極的になされたことを示している。離床期後半での内側広筋、腓腹筋の放電様相は図3Cの成人の疾走のスタートダッシュの放電パターンにきわめて類似していた。軀幹筋の腹直筋は、接床期後半、離床期前・後半部に強い放電がみられた。これは軀幹の前傾に働き、体はピッチング動作をしながらバランスの保持に働いていたことを示している。

歩行習得の第1日目はフォームの面でも非常に特徴的である。この時期では、成人にみられる接床期の足底のローリング動作、踵の押し上げ動作、反射運動としての腕振り動作も認められず、中腰姿勢で、足の横巾も広く、上肢を体側に開きバランスをとっていることがわかる。KMの上腕二頭筋、上腕三頭筋の放電は、肘の屈伸運動をしながらバランス維持に役立っているものと思われる。

習得2〜4週頃では、離床期の間、大腿挙上中、成人にはみられない腓腹筋、内側広筋、大腿二頭筋の過剰な筋放電は減少・消失する傾向を示した。接床期の間は、中腰姿勢で上体前傾の放電パターンに切りかわり、この間、足関節の強い固定が解消されはじめた。

習得1〜2カ月の間、離床期後半では、転倒を防ぐための

70TH DAY OF LEARNING TO WALK (1.3yrs)

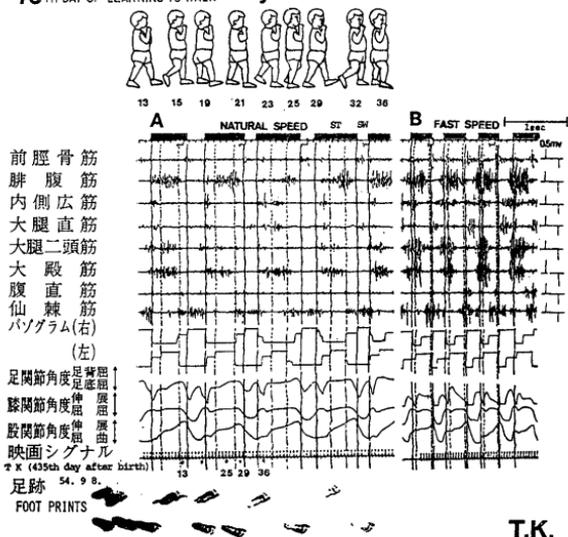


図4 乳幼児の歩行習得70日目の通常歩行と早足歩行の筋電図

A: 通常のスピードの歩行
B: 早いスピードの歩行

膝伸展、足底屈を示す疾走パターンは消失しはじめた。接床期では、中腰姿勢が解除されはじめ、直立での体前傾姿勢に変化しはじめた。

図4はT.K.の歩行習得70日目のものである。習得2〜3ヵ月頃の歩行Aでは、上体の前傾を示す腹直筋の放電はみられなくなった。離床期前半の大腿挙上につき、後半での腓腹筋・内側広筋の放電が減少・消失し、習得初期特有の疾走パターンは、ほとんどみられなくなった。図4にみられる足跡からも、この時期では両足間の横巾は一足長以下にせよめられ、歩行がかなり安定してきたことを示している。しかし、成人パターンと異なる点は、離床期前半において、積極的な大腿挙上に働く大殿直筋にまだ強い放電がみられたことと、着地す前には前脛骨筋に放電を示さないパターンが増加してきたことである。また、接床期では、着地後から終末の両足重複期前まで、腓腹筋、大腿二頭筋、大殿筋に強い持続放電を示すパターンが多く認められた。この頃は成人のように強い踵の押し上げはみられず、前傾姿勢から大腿を前方に振り上げることによって推力を得、さらに体前傾であるので前脚に体重を早く移す歩行形式をとっていることである。しかし、この頃でも速いスピードの歩行(図4B)では、歩行習得初期のパターンが再現された。すなわち、接床期の間、体前傾姿勢で足関節を強く固定したパターンがみられ、離床期では、大腿挙上につき積極的な膝伸展、足底屈を示す歩行パターン

を示した。また、腹直筋にも習得初期にみられたのと同様なパターンを示した。走行に近い、速い歩行では、この時期の乳幼児にとってスピードコントロールがまだ十分できないことを示している。要するに、歩行時のバランス維持のため、接床期では、前脛骨筋、離床期後半では内側広筋、腓腹筋が働き、また、腹直筋も参加したものと思われる。乳幼児なりに比較的安定した歩行が可能になってきた習得2〜3カ月頃、上述したごとく着地前に、前脛骨筋の放電がみられないパターンが増加する傾向を示した。成人にはこのようなパターンがほとんどみられないことから、比較的安定したときの乳幼児歩行の特徴的なパターンではないかと思われる。

習得2〜3カ月から2歳中頃まで、下肢筋の放電様相に顕著な変化はなかった。直立の前傾姿勢から大腿を引き上げ、着地前、成人に比し十分な足背屈を行わず、着地時には、踵から素早く、足底の全面接地にもっていき乳幼児特有の筋放電を示したものと思われる。

以上の結果から、雑床期前半の腓腹筋、内側広筋、大腿直筋、大腿二頭筋、離床期後半の腓腹筋、内側広筋、接床期の前脛骨筋、大腿直筋、腹直筋等の各筋の放電様相をみることで、乳幼児歩行の習得・習熟の程度を知ることができる。

おわりこ

まだひとり歩きのできない乳児が独立歩行を習得し、かつ

習熟していく一連の過程を3名の乳幼児について、下肢・軀幹筋群について筋電図を縦断的に記録した。そして、この間得られた筋放電パターンの変化を、筋の作用機序の面から検討し、乳幼児歩行の特徴を明らかにした。

これらの研究は筆者ならびに岡本勉（関西医大） 後藤幸弘（兵庫教大） 丸山宣武（聖母女短大） らとの共同実験によるものである。なお、本論文の一部は第5回国際バイオメカニクス大会（ユバスキラ）、第8回国際バイオメカニクス大会（名古屋）において発表した。

文献

- (1) 岡本 勉「乳幼児（1歳児）ならびに幼児（2歳児）における歩行の習得・習熟過程の筋電図学的研究」 関西医科大学教養部紀要 3. 19-65. 1970.
- (2) Kazai, N. Okamoto, T. & Kumamoto, M.: Electromyographic study of supported walking of the infants. Biomechanics V-A, International Series on Sports Sciences, Univ, Park Press, Baltimore, 311-318, 1976. (かざい のぶゆき 文学部助教授)