

# 幼児における動作の発達に関する研究(Ⅱ)

## —跳躍動作について—

### そのⅡ 立巾跳の pattern の変遷

渋谷 梢

#### はじめに

生後1年前後から歩行を開始した幼児が、跳躍という難しい動作、すなわち両足を床から離して自分の世界を拡大しようとするには、さらに時間がかかる。離床が確実に出来るようになり垂直方向への跳躍にかなり習熟した後、言語による指示に従えるようになって、初めて水平方向を含めた立巾跳を行えるようになる。幼児の跳躍動作の初期では、まず片足だけ床から、離す動作がみられ、次第に回数を重ねて身体の平衡を保つのに自信をもってから僅かに両足が同時に空中に在る瞬間がみられるようになる。しをしその年令的な時期には、歩行動作と同様かなり個人差があるように思われる。本紀要第18集に発表した垂直跳よりもさらに複雑な動作である立巾跳の motor pattern についてその変化を経年的に習熟の過程をみた結果、これまでにある研究報告と多少異なる知見を得たので報告する。

#### 実験方法

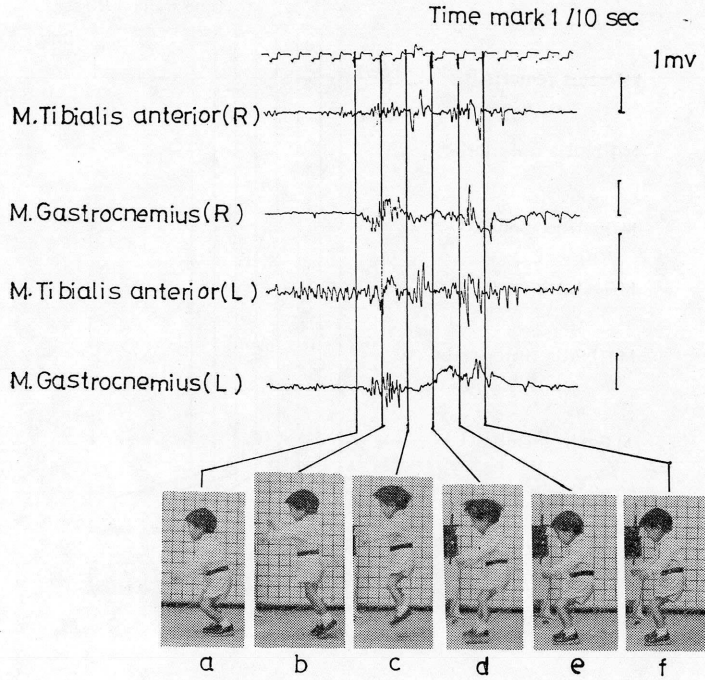
- 1) 筋電計を使用して筋電図を記録した。電極は表面電極誘導法である。paper slide は毎秒60mmである。被検筋は、大腿直筋 (M. Rectus femoris) 前脛骨筋 (M. Tibialis anterior) 腓腹筋 (M. Gastrocnemius) の左右である。
- 2) 16mm撮影機によって立巾跳 (Standing broad jump) 動作を撮影した。Camera speed は毎秒24枚である。しかし本報告での図においては毎秒8枚の割合として呈示した。
- 3) 豆電球を腰、膝、足首に配置して、暗室内において Camera を開放にして軌跡描写を行った。
- 4) 被検者は2名で、R (男児) は1才6ヶ月から5才3ヶ月までの期間、M (女児) は3才7ヶ月から6才5ヶ月までの期間にわたって実験を行った。

#### 結果と考察

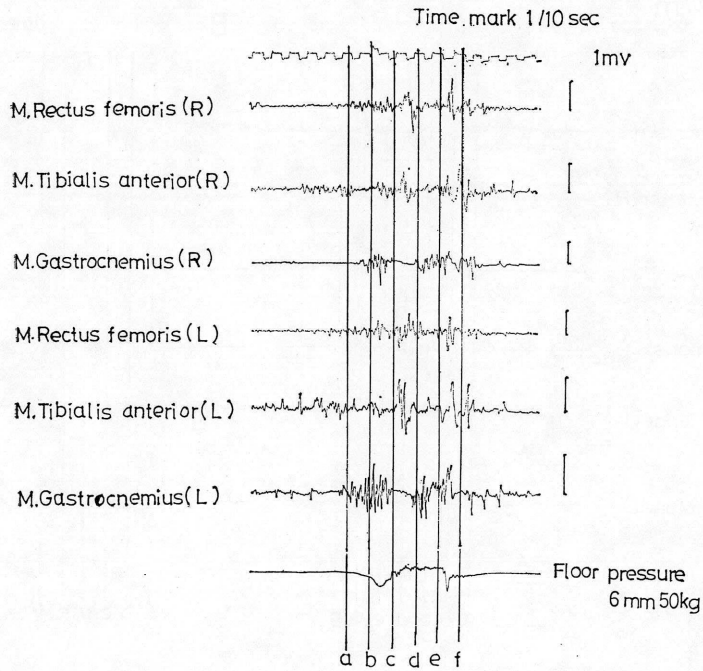
##### 1) 筋電図から

1-1 図はR 2才6ヶ月時の立巾跳の筋電図である。1才10ヶ月頃に跳躍動作が行なえるようになってから約8ヶ月を経過している。「できるだけ遠くへ跳ぶように」という指示を理解できるようになったところである。bのtake off 動作で腓腹筋に強い放電が現れる。c~dの飛躍中に前脛骨筋にやや強い放電が現れ、下肢の振り出しが行われているのがわかる。e~fの着地動作で各筋に強い放電が現れる。垂直跳躍に比較してみると全く類似した放電の pattern を示している。垂直跳の際に爪先を上げ、膝を屈曲して大腿を前に引き上げる姿勢をとるので、立巾跳の下肢の振り出しを行う動作と同じことになる。

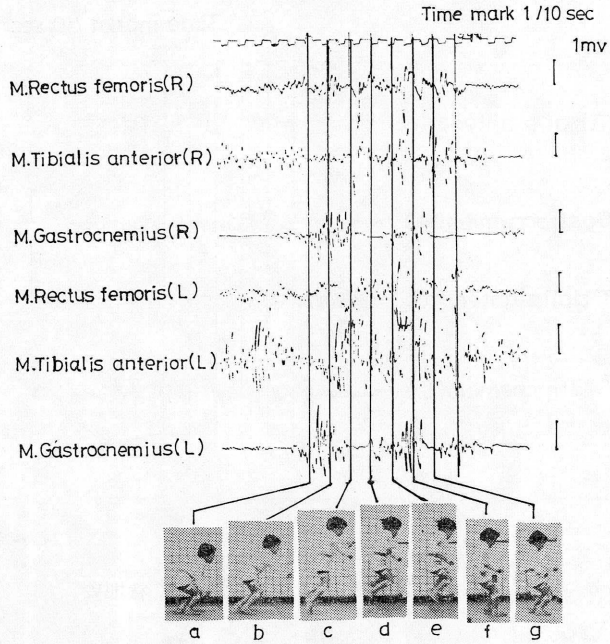
1-1 R 2y6m



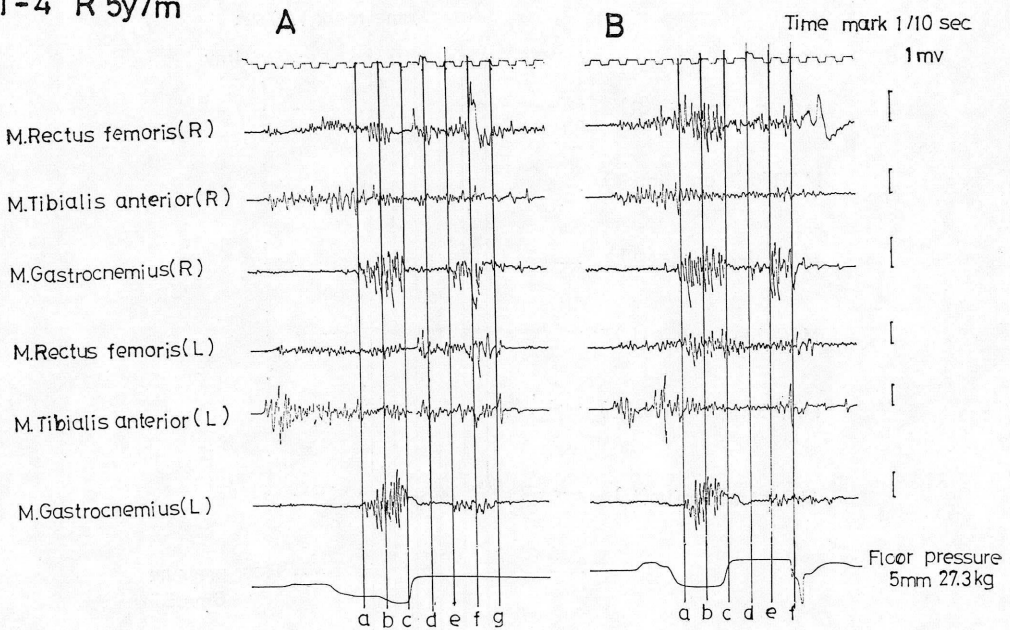
1-2 R 3y1m



1-3 R 4y3m



1-4 R 5y7m



幼児における動作の発達に関する研究〔II〕

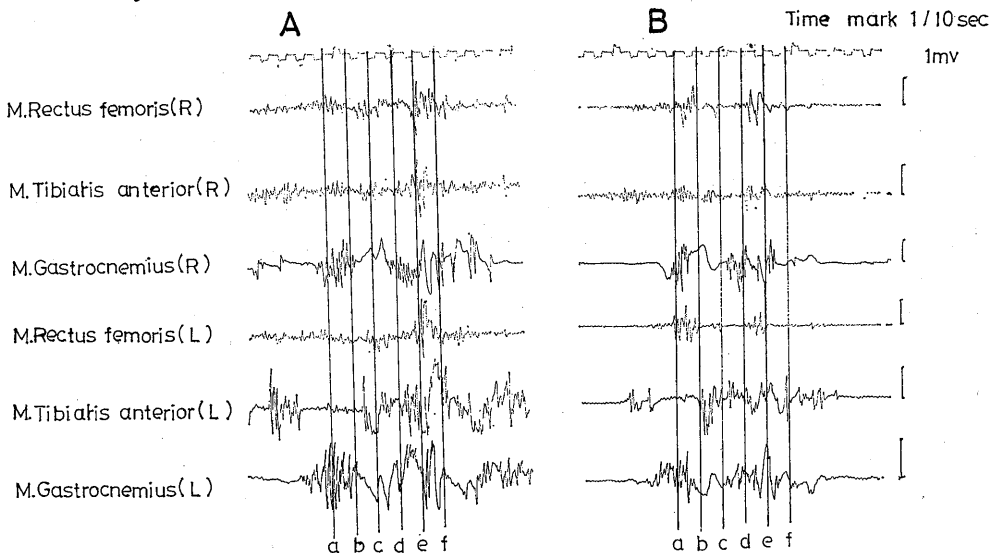
1-2 図は R 3 才 1 ヶ月時の立巾跳の筋電図である。b の take off 動作で前図と同様に強い放電が現れる。着地の直前 d ~ e にも強い放電が現われて、爪先を上げ足の裏全体を床につけて着地しようとする準備している。e ~ f で着地が行なわれ各筋とも強い放電が現れる。垂直跳の筋電図と比較してみると、大腿直筋がより持続的な放電を示しており、より強く大腿部がひき上げられ、飛躍中前方への下肢の振り出しが行われている。

1-3 図は R 4 才 3 ヶ月時の立巾跳の筋電図である。a 以前の跳躍準備の沈み込み動作では前脛骨筋に強い放電が現れて、前傾が強行われている。踏切動作は右足では b で、左足では a ~ b で行われ、左右差がみられる。これは沈み込み動作に入るとき、右足を半足長前出させる step 動作が行われたことによる。c ~ d では下肢の振り出しのために大腿直筋と前脛骨筋に持続的な放電がみられる。e ~ f では、着地のための強い放電が各筋に現れる。g h では、大腿直筋と前脛骨筋の放電が着地に続いて強く現れており、着地姿勢からの立ち直り動作に大きく筋が使われている。垂直跳の筋電図に比較してみると、垂直跳も大腿部を高く引き上げた跳躍であるためかなり類似している。

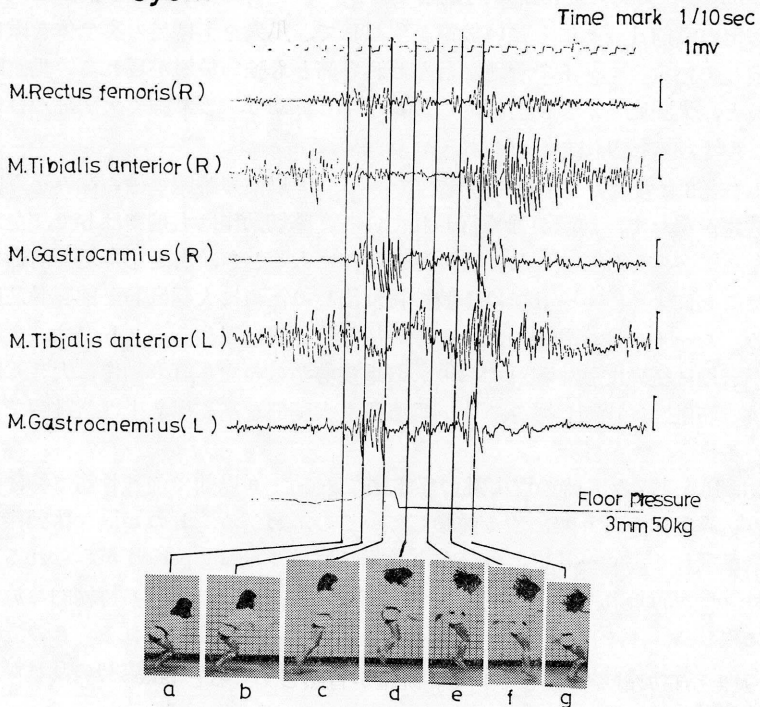
1-4 図の A は R 5 才 7 ヶ月時の立巾跳の筋電図である。a 以前で前脛骨筋に特に強い放電が現われて、沈み込み動作を行う際に強く前傾しているのがわかる。b の take off 動作では腓腹筋に特に強い放電が現れる。c ~ d では各筋とも放電が弱まり silent period がみられる。すなわち非常に強い take off が行われている。d ~ e では下肢の振り出しのための持続的な放電が大腿直筋と前脛骨筋に現れる。f では着地動作に伴って各筋とも強い放電が現れる。g の立ち直り動作では大腿直筋と前脛骨筋に強い放電が現れるが、1-3 図に比較して着地姿勢の乱れが少ないために、より早く完了している。

1-4 図の B は R 5 才 7 ヶ月時の垂直跳の筋電図である。垂直跳においても沈み込み動作が大きく行われて前傾も強いが、take off 直後の silent period がみられず立巾跳に比べて take off がそれ程強く行われていないことがわかる。

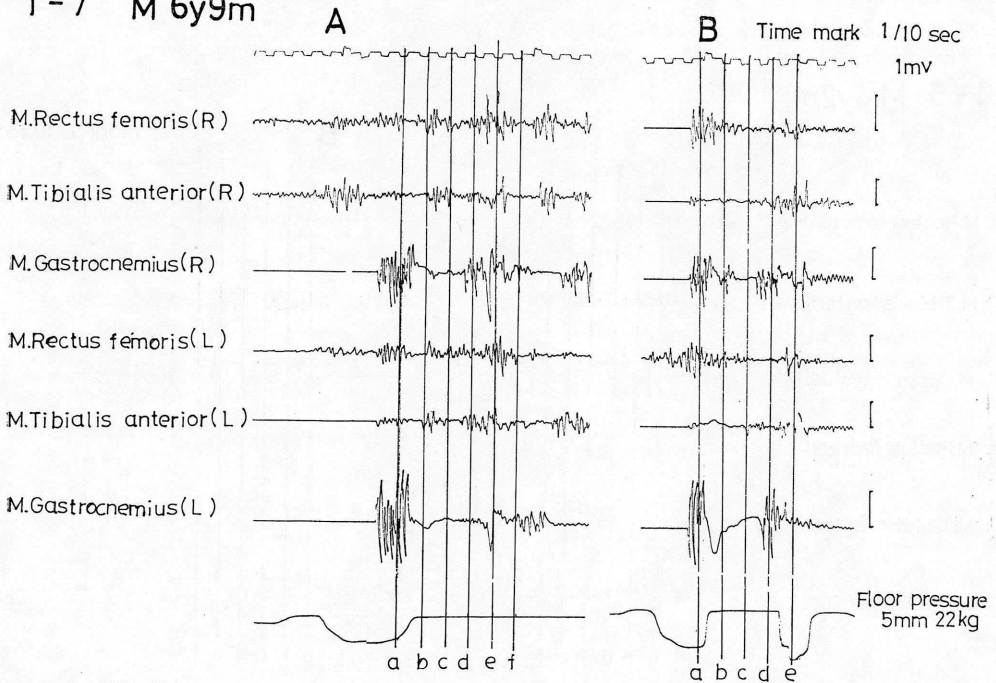
1-5 M 4y2m



1-6 M 5y5m



1-7 M 6y9m



1-5 図の A は M4 才 2 ヶ月時の立巾跳の筋電図である。沈み込み動作で前脛骨筋に強い放電が現れる。左足では a で、右足では a ~ b に take off 動作の強い放電が腓腹筋に現れる。その後 silent period がみられるが、大腿直筋と前脛骨筋では下肢の振り出しに伴う放電がすぐに現れる。e の着地動作で各筋とも放電が強くなり、b の立ち直り動作に持続する。1-5 図 B の垂直跳に比較してみると、大腿直筋の放電が飛躍中持続的にみられることがやや異なる点である。

1-6 図は M5 才 5 ヶ月時の立巾跳の筋電図である。a 以前の沈み込み動作に入る際に強い前傾が行われて、前脛骨筋に強い放電が現れる。b ~ c の take off 動作で腓腹筋に強い放電が現れ、着地動作 g で各筋とも強い放電が現れる。僅かに左右差がみとめられる。垂直跳に比較してみると、立巾跳では着地及びそれ以後の立ち直り動作において前脛骨筋に強い放電が現れる。

1-7 図の A は M6 才 9 ヶ月時の立巾跳の筋電図である。a の take off 動作で腓腹筋に強い放電が現れ、a ~ b では各筋に silent period がみられる。d ~ e で着地動作に伴って強い放電が各筋に現れる。B の垂直跳の筋電図と比較すると、大腿直筋の放電が大きく現れて振り出しが強く行われていることがわかり、pattern の差が明確にみられる。左右差は踏切動作、着地動作ともにみとめられない。

以上の筋電図でみてきたように、立巾跳の初期には垂直跳と全く類似した筋電図である。次に大腿直筋と前脛骨筋に持続的な放電が現れるようになる。幼児にとって立巾跳は垂直跳にくらべて調整力を必要とする難しい動作であるため、左右差の現れる時期が延長している。初期の跳躍ではあまりみられない着地動作の乱れが大きく現れる時期がある。この時期では着地以後の立ち直り動作に大きな筋放電が持続している。跳躍が習熟してくると take off 動作が強くなり各筋の放電が一時的に減少する silent period がみとめられるようになる。

## 2) 16mm 撮影から

2-1 図は被検者 R の立巾跳の motor pattern である。2 才 6 ヶ月時、沈み込み動作からすでに垂直跳と違って上体の前傾がより強く現れている。Take off に際しては腕の前振り出しが行われるが、斜め前方水平位置に維持されて着地に至る。また take off 時左足先行がみられ、いわゆる step off となっている。飛躍後半に下肢の振り出しが僅かに行われる。これにより腰の位置が後にひけた不安定な姿勢で着地に移行することになるので垂直跳より複雑な調整を必要とするわけである。滞空時間が少ないため垂直跳と同様 take off と同時に両足の開きが大きくなる。

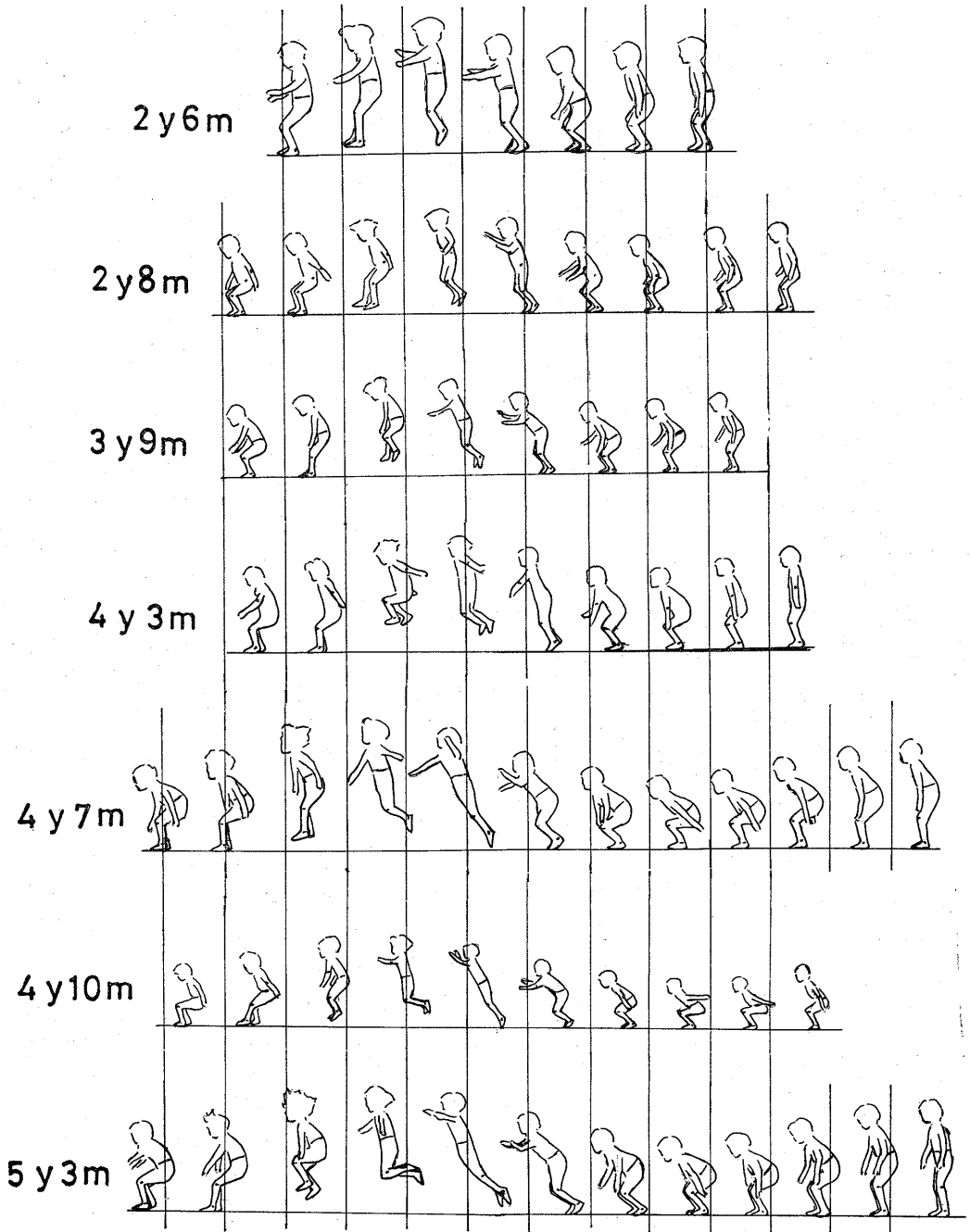
2 才 8 ヶ月時になると垂直跳との pattern の差がさらに明確になってくる。腕に take off 時の前方振り上げからすぐに下げられ、下肢の振り出しによって腕がむしろ後へ残された形となって着地に至る。跳躍の pattern は不安定で、踏切動作が両足同時に行えず、かなり両足同時に近い take off を行っても、飛躍中に下肢の振り出しをする際に左右差が現れる。また着地も両足同時に行われていない。

3 才 1 ヶ月になると、さらに沈み込み動作時の上体の前傾が強くなり、意欲的に前方へ跳び出そうとする。Take off と同時に飛躍前半で強い膝屈曲が行われ、後半で下肢の前方への振り出しが行われる。Take off 時はかなり両足同時踏切に近いが、跳躍距りを延長しようと努力するため、着地はこれまでよりむしろ不安定となる。

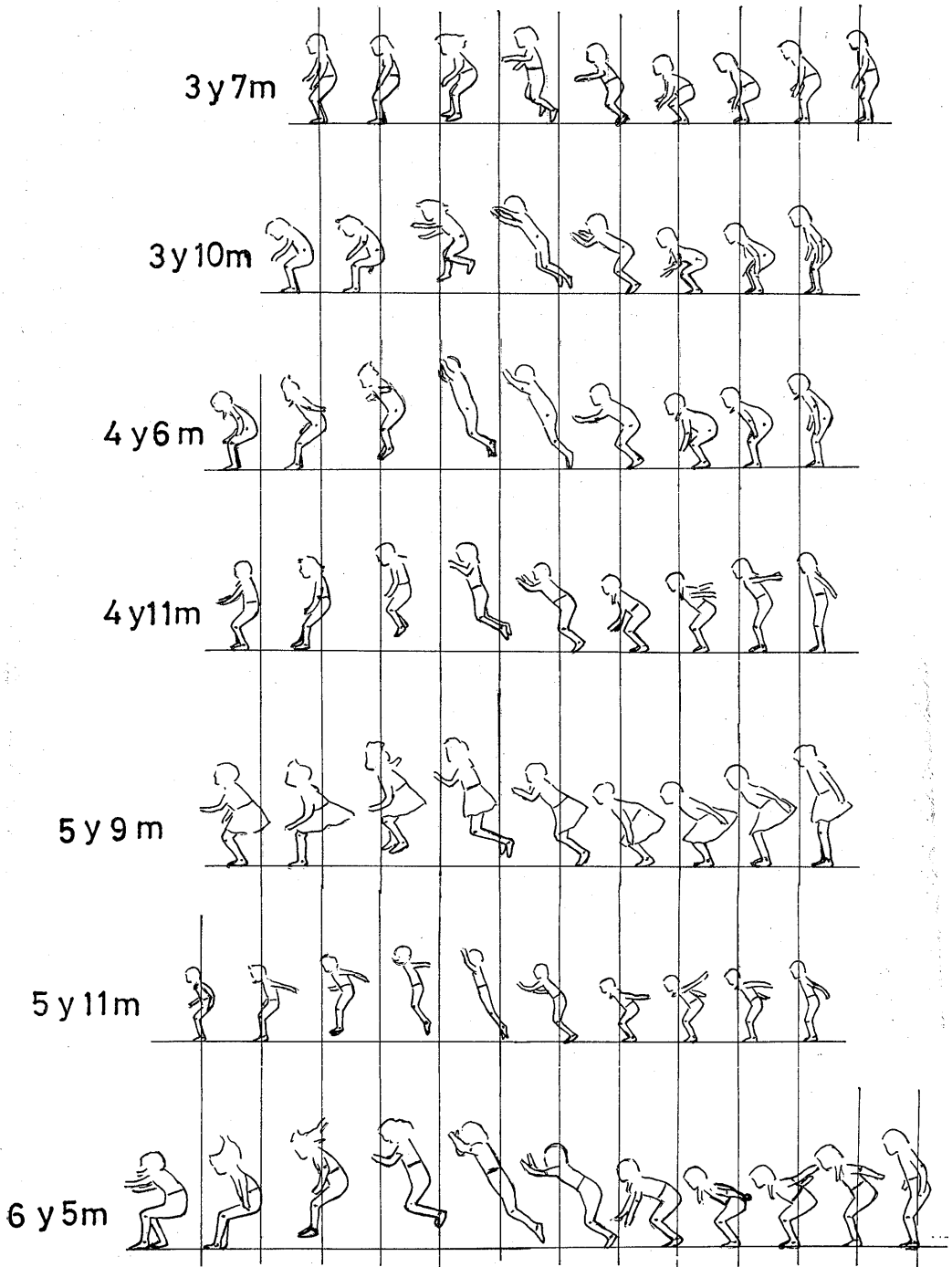
3 才 9 ヶ月になると、3 才 1 ヶ月時と同様に take off 動作が十分に強く行われず、take off と同時に膝を屈曲し始め、下肢の振り出し時期に左右差が大きく現れる。飛躍期間中頭部及び上体の前傾が持続されているが、これは水平方向へ大きく移動しようとする意図の現われであろう。

4 才 3 ヶ月時になると、take off 動作もかなり強く行われるようになる。飛躍中の膝屈曲は非常に高く強くなり、大腿部の挙上が著しい。ここでは、take off と同時に下肢の振り出しが行わ

2-1 Sub.R



2-2 Sub.M





れていることになる。垂直跳においても、この時期には膝屈曲が強く行われ、腕の winging, すなわち飛躍中体の後方へ腕を swing することも共通にみられる。

4才7ヶ月時になると、沈み込み動作時に初めて膝の back swing が僅かにみられるようになる。しかし take off 時にはすでに横に開かれて飛躍中の平衡を保つように準備される。Take off はかなり強く行われ、飛躍前半の膝屈曲が消失して下肢の振り出しが行われている。

4才10ヶ月時になると、沈み込み動作の腕の back swing が顕著になり、take off 時にも身体の前方であって、水平方向への跳び出しに役立てている。3-1図にみるように、take off もかなり水平方向に調整されるようになり、take off 時の form が伸び伸びしている。飛躍中膝屈曲がみられるが、これまでの form と異って大腿部の挙上が行われなくて、下肢の振り出しを行っている。しかし下肢の振り出し時期には左右差が現れて、着地は乱れている。

5才3ヶ月時になると、腕の back swing は小さいが、身体を前方へ引き上げるように十分に働いているようで、take off は非常に強く行われている。飛躍中の下肢の振り出しは強い後方への膝屈曲から大腿部の振り出しが先行して、次いで下腿部の振り出しが行われている。4才3ヶ月時の pattern と一見似ているが、当時は膝屈曲と大腿部の振り出しが同時に行われている点で大きな相違がある。飛躍中に左右差が現れて着地も両足同時に行われていない。

2-2図は被検者Mの motor pattern である。3才7ヶ月時では、沈み込み時に上体が前傾して垂直跳との相違がはっきりとみられる。Take off は両足同時踏切でなく、飛躍中も左右差が大きい。着地は殆んど同時に行われている。Take off は強く行われず、十分に膝が伸展されることなく振り出されている。被検者Rの3才9ヶ月時の pattern とよく類似している。

3才10ヶ月時になると、沈み込み動作での上体の前傾はさらに強くなり水平距りを延ばそうとする意図が強く現れているが、take off はいまだ十分に強く行われていない。take off は両足同時踏切であるが、すぐに大腿の引き上げに入って顕著な左右差が現れて着地に持続する。腕は take off 時身体の前方へ高く引き上げられ、前方への跳び出しを助けている。

4才6ヶ月になると、take off 時腕が高く引き上げられ殆んど頭上にまで達しており、下肢の振り出し時期には横に拡げて身体の平衡を保つように働かせて、上手に跳んでいるといえよう。Take off 動作はかなり強く行われ、膝屈曲なしに下肢の振り出しが行われる。左右差もかなり少なくなっているが、3-2図にみるように滞空時間の長い跳躍であるために着地時の balance を大きく崩している。

4才11ヶ月になると、沈み込み動作時に腕の back swing が初めてみられるようになる。Take off 動作は十分に強く行われていず、飛躍前半の pattern は3才10ヶ月時と類似している。しかし下肢の振り出しでは下腿の振り出しが十分に行われている。

5才9ヶ月時の pattern は3才10ヶ月時と全く類似しており、take off も弱く大腿部の振り出し以後下腿の振り出しが僅かである。これは3-1図にみるように、上体についても前傾角度が鋭角になっている。また滞空時間も少ないことから、余りにも前方へ跳び出そうとする意識が強すぎたため跳力が失われて早く落下してしまったのではないかと思われる。

5才11ヶ月時になると沈み込み動作の腕の back swing が顕著で、take off 時頭上近くまで振り上げられその後横に拡げられるが、この時左右差が大きく現れる。すなわち左腕に winging の傾向がみられるが、右腕に横から前へ出されて着地している。しかしこの腕の働きのためか3-2図にみるように滞空時間の大きい跳躍であるにもかかわらず、着地動作での下肢に乱れがみられない。Take off 動作時の form は足首から膝関節まですっかり伸ばしきって十分に強い take off が行われていることがわかる。

幼児における動作の発達に関する研究〔Ⅱ〕

6才5ヶ月時になると、腕は大きな back swing から肘を屈曲させて前方への振り出しとなり横を通らずに着地動作に移行する。飛躍中の膝屈曲はやや強く行われているが、大腿部の振り出しから下腿部の振り出しと大きく行われて滞空時間も大きい。そのためか着地動作は大きく乱れている。

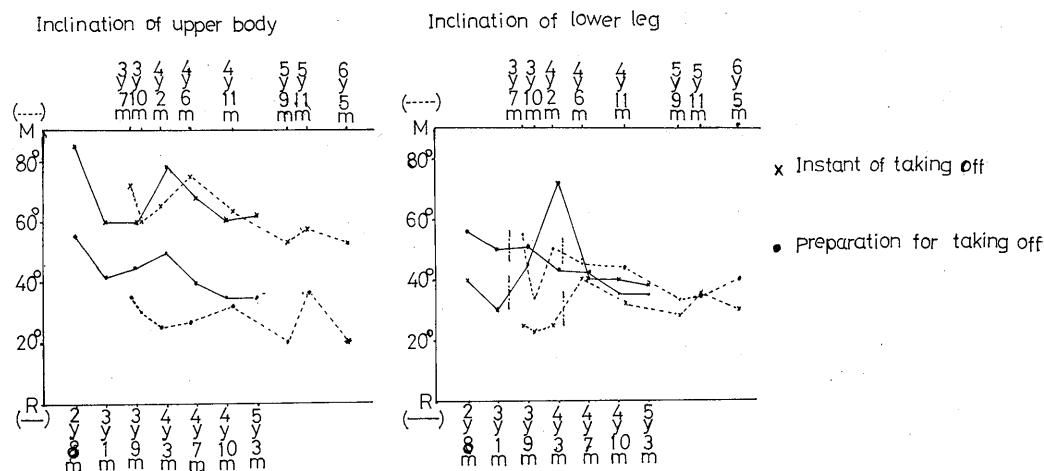
宮丸らは2才児の立巾跳は片足先行による step off であり、さらに進んでも bipedal hop に近いという結果を得ているが、本研究では2才半頃から指示を理解して垂直跳と立巾跳の違いを意識するようになり、step off はみられるが、沈み込み動作の上体の前傾、take off 時の腕の前振り出しが僅かであるが行われる。但しこの pattern の相違は筋電図に現れる程大きくない。左右差はむしろ take off 時よりも4才代の下肢振り出し時期に現れ着地も乱れる。飛躍中の pattern をみると take off 後すぐに膝屈曲と大腿の引き上げを行ない続いて下腿部を振り出す pattern から膝屈曲をせずに前方へ下肢を振り出すか、あるいは膝屈曲をしても、身体の後方で行われ、大腿と下腿の振り出しが続いて行われるという pattern を示すようになる。腕は加齢と共に back swing がみられるようになり、take off 時に前方に強く身体をひきあげるようになる。back swing がみられない間の跳躍では take off 時にはすでに側方に上げられている。

3-1 図は沈み込み動作の最大膝屈曲時 (Preparation for taking off) と taking off の瞬間 (Instant of taking off) の上体の傾斜角度及び下腿の傾斜角度について経年的変化をみるために2図の資料からグラフ化したものである。

上体についてみると、被検者Rでは沈み込み動作と take off 時動作の角度変化は殆んど平衡している。何れも沈み込み動作では前傾が強行われているが、take off 時では垂直方向への跳力が加わってかなり高く跳び出しているのがわかる。被検者Mでは4才前半期には、沈み込み動作での前傾は強いが、take off には利用されずかなり上方に跳び出しているが、以後両動作の前傾角度は平衡してくる。両者とも初期においては前傾が少なく、その後一端前傾を強く行うようになるが、再び垂直方向への跳び出しが強くなる時期を経て次第に前傾角度も安定して来る傾向がみられるが、被検者Mでは被検者Rより時期的な遅れがみられ、かつ不安定な跳躍 pattern であることがわかる。

下腿の傾斜角度についてみると、被検者Rでは沈み込み動作時の前傾は経年的に強くなってい

3-1



## 3-2

		Duration of jumping		preparation for taking off	
		VJ	SBJ	VJ	SBJ
R	2y 6M	0.21 <sup>sec</sup>	0.25	0.17	0.21
	2y 8M	0.25	0.25	0.29	0.21
	3y 9M	0.25	0.25	0.21	0.25
	4y 3M	0.29	0.29	0.21	0.25
	4y 7M	0.29	0.29	0.21	0.29
	4y10M	0.42	0.34	0.25	0.34
	5y 3M	0.46	0.38	0.25	0.34
M	3y 7M	0.29	0.21	0.17	0.21
	3y10M	0.34	0.29	0.29	0.25
	4y 6M	0.38	0.34	0.21	0.25
	4y11M	0.34	0.29	0.21	0.21
	5y 9M	0.38	0.25	0.25	0.25
	5y11M	0.42	0.38	0.21	0.25
	6y 5M	0.42	0.38	0.21	0.25

る。Take off 時には2才8ヶ月時及び3才1ヶ月の初期では膝の伸展が十分に行われなことから角度は小さくなっている。同じことは被検者Mの4才2ヶ月までもいえる。4才3ヶ月時の跳躍は非常に垂直方向への跳力が強く発揮されているが、それ以後は40度位に安定してくる傾向がみられる。また沈み込み動作の前傾角度も非常に近い値を示してくる。被検者Mでも沈み込み動作では3才10ヶ月時を例外として、経年的に前傾が強くなっている。Take off 時には前述の初期段階を除いてみると、4才末以後は30度前後に安定してくる。下腿においては沈み込み動作時より take off 動作時の方が前傾角度が鋭いということは上体の前傾角度と関連し合っているものと思われる。本報告では宮丸らの「下腿の前傾角度はかがみ込んだ動作の初期から踏切の瞬間まで、どの幼児もその値については constant である」という報告とは異なる結果を得た。

滞空時間 (Duration of jumping) については、3—2図にみるように被検者Mの4才6ヶ月時を除いては垂

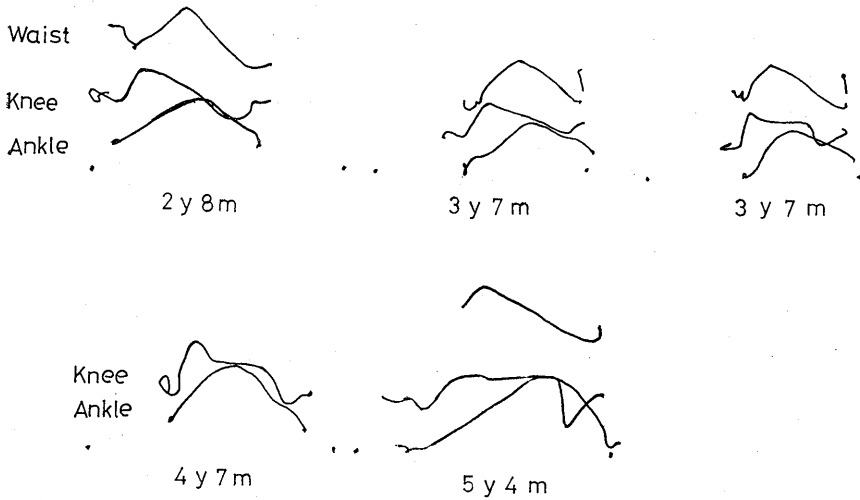
直跳と同様経年的に延長しており宮丸らの報告と一致している。また踏切動作時間 (Preparation for taking off) は、沈み込みの最大限の form から足が床から離れる take off の瞬間までの時間をみたものである。被検者Rでは経年的に延長しているが、被検者Mでは3年間に亘って殆んど変化がないといえる。このことは踏切動作時間には個人差があるのではないかと推定され、宮丸らの報告による「踏切時間の経年的増大」とは異った結果を得た。また川原の「年令が進むにつれて膝の伸展する時間を伸ばし、これによって跳力を減少させる」という結果とも異っている。川原の研究は6才から成人に達するまでのものであるので、今後本研究の被検者がどのような値を示していくかが注目されることである。

立巾跳と垂直跳との関連をみてみると、滞空時間は被検者Mでは3才頃から立巾跳の方が常に小さい値を示している。また被検者Rでは4才後半で初めて同様の傾向をもつようになる。そして沈み込み動作時間はこの時期から急に延長している。調整力の発達に関しては、被検者Mでは6才5ヶ月時までいまだ未発達の状態なのか、あるいは3才7ヶ月時すでに調整力を身につけているのかということになるが、性格的におそらく後者であろうと推定されるが、今後の発達の過程を追跡してみたい。このように調整力の発達の時期には非常に個人差があるのではないかと考えられる。

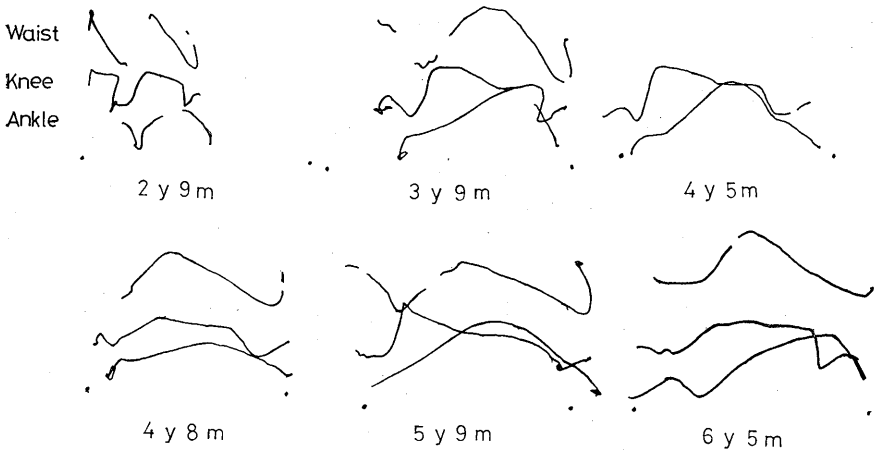
## 3) 軌跡描写から

4—1図は被検者の立巾跳における腰、膝、足首の動きをみようとして軌跡描写したものである。但しこの図からは、腰、膝、足首の相互の位置関係は求められない。本図で顕著な点は、被検者Rの5才4ヶ月時と被検者Mの6才5ヶ月時の pattern の類似である。膝の軌跡をみると沈み込みが急激に行われているのがわかる。(被検者Mの3才9ヶ月時では沈み込みが急激に行われているが、take off にうまくつながらず、立ち上った状態を示している)。また飛躍中には、これまで着地動作の方に頂点をもつヤマを描いていたものが、扁平になり跳力が減じたことがわかる。足首の軌跡をみるとヤマの頂点が踏切動作の方によってくる傾向がみられる。これは take

4-1 Sub.R



4-2 Sub.M



off が強く行われた後すぐに下肢の振り出しが大きく行われた結果であろうと思われる。

ま と め

幼児期の立巾跳は垂直方向の跳力と水平方向への跳力との調整が未発達な状態で、試行錯誤的な面もみられるが、全体的にみると、以下に述べるような傾向がみられる。

1) 初期の段階では立巾跳と垂直跳の form の pattern に幾分差はあるが、筋電図の pattern は類似しており、筋肉の使い方に差は現れない程度である。

2) 習熟して take off 動作が強く行われるようになると筋電図に垂直跳では明確に現れない silent period が現れるようになる。

- 3) 沈み込み動作時の腰の落しは低年者ほど大きいという結果がこれまでに報告されている。本研究は同一被検者を経年的にみたが、そのような結果は得られなかった。
- 4) 初期段階では、take off 後膝屈曲と大腿引き上げが同時に行われる pattern である。その後膝屈曲せずに下肢の振り出しを行えるようになる。また膝屈曲にしても身体の後方で行われて大腿と下腿が次いで振り出される pattern となる。
- 5) 腕は4才半ばをすぎる頃から back swsig がみられるようになり、腕も跳躍に積極的に参加するようになる。
- 6) 下腿の前傾角度が跳躍の方向を決める重要な因子であると思われ、習熟してくると沈み込み動作時と take off 動作時とが近い値をとるようになる。
- 7) これまでの報告にある「踏切時間は個々の幼児につき Constant である」という結果はかならずしも得られない。経年的に変化するかわち延長する場合もある。
- 8) 跳躍の調整力は初期段階よりも4才代になって跳力がある程度発達してから一時期乱れる過程を経ると考えられる。
- 9) 滞空時間は経年的に延長するが、垂直跳よりも常に小さい値を示すようになる。跳力を減じて調整力が発達してくることによるものと考えられる。
- 10) 調整力の発達時期については、非常に個人差があるように思われる。
- 最後に、本研究に御協力下さいましたお茶の水女子大学助教授森下はるみ先生に深く感謝いたします。

#### 文 献

- 1) Physical medicin Vol. 40 No. 1 (1961年2月) Physiological analysis of basic motor skills  
1. Growth and development of jumping; F. A. Hellebrandt 他。
- 2) 体育学研究第13巻5号(1967年7月) 幼児の運動能力における質的発達について; 河野信弘
- 3) 体育学研究第15巻5号(1971年7月) 跳躍における筋の活動垂直跳の場合一; 小栗達也, 松井秀治, 三浦望慶
- 4) 体力科学 Vol. 22 No. 3 (1973年9月) 跳躍動作 川原ゆり
- 5) 日本体育学会第24回大会号(1973年10月) 幼児の基礎的運動技能における Motor pattern の発達  
—2—幼児の立巾跳における jumping pattern の発達過程; 宮丸凱史, 生山匡
- 6) 立正女子大学短期大学部紀要第19集(1975年12月) 幼児における動作の発達に関する研究 —垂直跳の pattern の変遷— 渋谷梢
- 7) 福岡大学体育学研究第6巻2号(1976年) 幼児における jumping 動作の調節の実験的研究 田口正公 梶山彦三郎