

The mathematical evaluation method using a linear expression ($y=ax+b$)

This method is based on the interrelationship of ROM between a knee joint and an ankle joint expressed by the pentagon shown on Fig.1a.

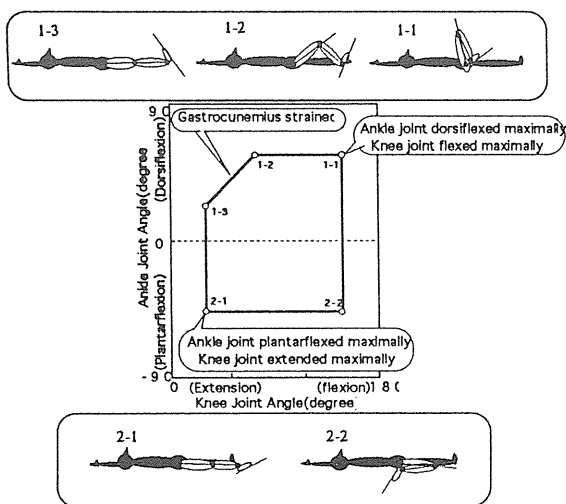


Fig.1a The pentagon expressing the interrelationship between a knee joint and an ankle joint. A gastrocnemii are maximally stretched on the side from the point 1-2 to the point 1-3.

An ankle joint is fully dorsiflexed and a knee joint is fully flexed passively at the point 1-1. On the other hand, an ankle joint is fully plantarflexed and a knee joint is fully extended passively at the point 2-1. By extending a knee joint passively from the point 1-1, a gastrocnemii becomes to be strained gradually, and further extension of a knee joint cannot to be achieved at the point 1-2. Similarly, by dorsiflexing an ankle joint passively from the point 2-1, a gastrocnemii becomes to be

strained gradually, and further dorsiflexion of an ankle joint cannot to be achieved at the point 1-3. The pathway from the point 1-2 to the point 1-3 may be a non-linear curve determined by the anatomical bony configuration of a knee and an ankle joint. But, we express this pathway linear for convenience. Any points on the line connecting the point 1-2 and 1-3 represents a pair of knee joint angle and ankle joint angle when a gastrocnemii are maximally stretched.

The sides of the pentagon represent length of a gastrocnemii, maximal dorsiflexion of an ankle joint, maximal flexion of a knee joint, maximal plantarflexion of an ankle joint and maximal extension of a knee joint. Shifting of the side A in the direction of the arrow indicates contracture of a gastrocnemii. And shifting of the side B in the direction of the arrow indicates contracture of a soleus muscle and, or the other soft tissue surrounding an ankle joint such as joint capsule (Fig.1b).

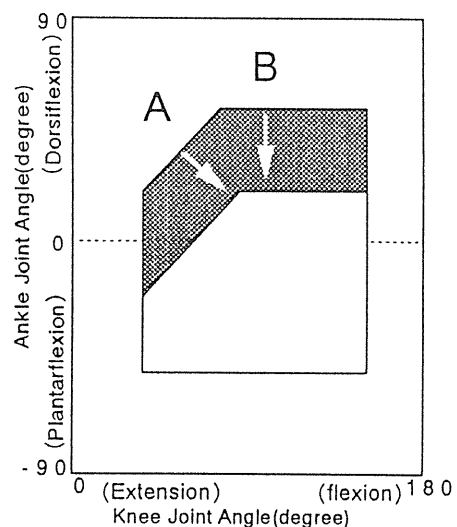


Fig.1b Shifting of the side A and B toward the arrows indicates existing of contracture of a

gastrocnemii and a soleus muscle respectively.

The side A can be expressed as $y=ax+b$ by linear expression. The “y” and “x” are the variables of angle of an ankle joint and a knee joint respectively. The “a” and “b” of this equation are the constants. The “a” is the inclination of the side A and the “b” is the y-intercept. We use these “a” and “b” as the parameters. If the parameter a is always normal, the parameter b can be used as the index which represents existence of contracture of a gastrocnemii (Fig.2). The side B can be expressed as $y=c$. The “c” is the constant, too. The parameter c can be used as the index which represents existence of contracture of a soleus muscle and, or the other soft tissue surrounding an ankle joint.

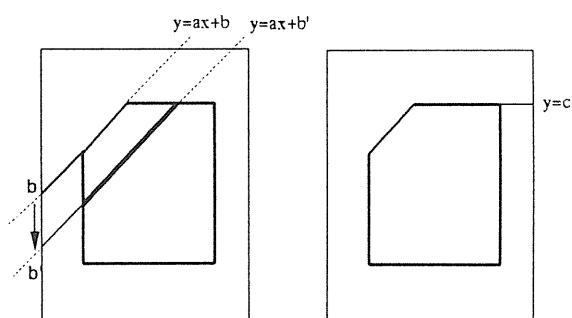


Fig.2 Left: The side A is expressed as $y=ax+b$ by linear expression. When a gastrocnemii are contracted, the parameter b(y-intercept) reduces like b' . Right: The side B is expressed as $y=c$. The parameter c is the index of maximal

dorsiflexion of the ankle joint.

Experimental methods

Subjects

Seventeen lower limbs from nine boys with spastic cerebral palsy aged from 7.2 to 14.4 years (10.4 ± 2.2 years) and fifty five lower limbs from fifty five normal boys aged from 7.4 to 14.1 years (10.7 ± 2.0) for the control group were analyzed in this study. All of the subjects gave their informed consent. The one limb of the child with spastic cerebral palsy was excluded because of severe varus deformity. Eight children whose lower limbs was examined bilaterally showed no systematic asymmetry between ROM in the two limbs. The three children with spastic cerebral palsy could walk independently, whereas the six children with spastic cerebral palsy could not walk. None of the children with spastic cerebral palsy had achieved any surgical procedure in their limbs. The normal children were confirmed not to have any history of trauma and disease.

Procedure

Photographical analysis was undertaken for measuring angle of knee and ankle joints. A 35mm still camera with an 85mm telephotographic lens took the picture of each posture as shown in Fig.1a. The camera was 4.5m apart from the subject. In order to determine the axes of a thigh and a leg, four black rounded markers were placed on the skin surface at the following anatomical landmarks: a great trochanter, a lateral femoral condyle, a lateral tibial condyle and a lateral malleolus of an ankle joint. A flat board was fixed to a foot sole tightly enough by belts. This board was

used as the axis of the foot. Angle of a knee joint and an ankle joint of the picture was measured based on the thigh, the leg, the foot axes and the other additional lines by using a Macintosh personal computer with NIH image 1.55 (Fig.3).

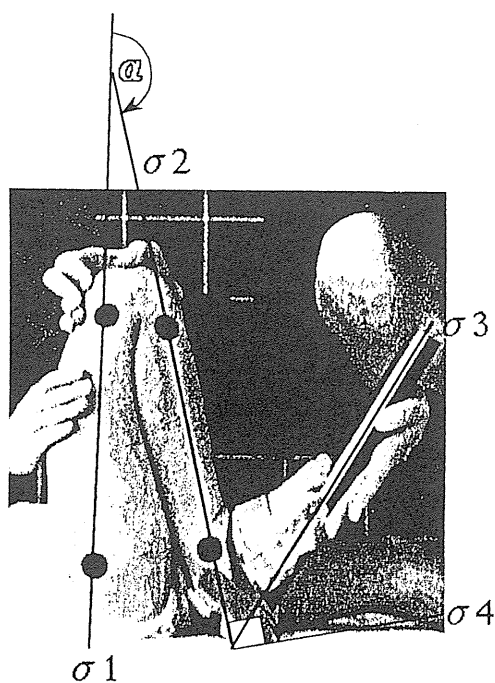


Fig.3 Rounded markers were placed on the skin surface at a great trochanter, a lateral femoral condyle, a lateral tibial condyle and a lateral malleolus of an ankle. A flat board was fixed to adhere with a foot sole. This board was used as the axis of the foot.

σ 1: Thigh axis(from a great trochanter to a lateral femoral condyle)

σ 2: Leg axis(from a lateral tibial condyle to a lateral malleolus)

σ 3: Foot axis(a flat board attached to a

foot sole)

σ 4: Additional line perpendicular to leg

axis(σ 2)

α : Knee joint angle

β : Ankle joint angle

The parameters a, b, and c was calculated mathematically analyzing the side A and B of the pentagon as shown on Fig.2.

Statistical differences in the data between normal children and children with spastic cerebral palsy, and between children with spastic cerebral palsy with and without walking ability were tested using analysis of variance (ANOVA). Significant level was set at 0.05 level.

To determine consistency in measurements, three normal children were examined three times on different days. Averaged standard deviations were 2.18, 2.17, 2.03 and 3.13 for the maximal extension of knee joints, maximal flexion of knee joints, maximal plantarflexion of ankle joints and maximal dorsiflexion of ankle joints respectively. These standard deviations were considerably low(1, 4).

The test-retest reliability was determined for all children with spastic cerebral palsy. Two measurements were made on different days. The significant difference was not found between measurements(Table 1).

Table 1. Test-Retest Reliability of the Children with Spastic Cerebral Palsy

	1st Trial	2nd Trial
Maximal Flexion of Knee Joints	Mean=170.3 S.D.=3.1	Mean=172.6 S.D.=5.0
Maximal Extension of Knee Joints	Mean=6.8 S.D.=11.2	Mean=12.4 S.D.=11.3
Maximal Dorsiflexion of Ankle Joints	Mean=39.9 S.D.=16.4	Mean=51.6 S.D.=12.0
Maximal Plantarflexion of Ankle Joints	Mean=62.1 S.D.=12.2	Mean=55.4 S.D.=12.9

Results

The parameters a, b and c of the children with spastic cerebral palsy are plotted versus age in Fig 4. Age related changes of these parameters were not found in normal children. The solid lines represent the mean values of normal children. The +2 or -2 SD (standard deviation) is represented by the dotted lines as the limit of normal values. Age related changes of these parameters were not found among the children with spastic cerebral palsy.

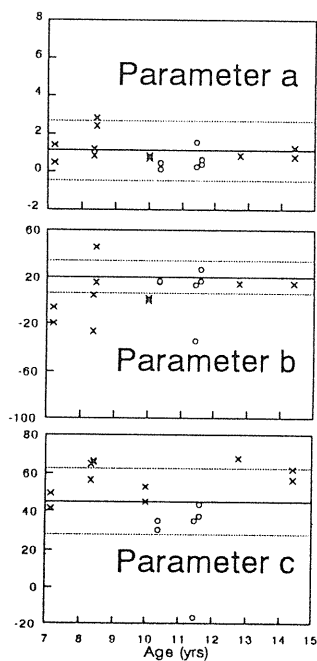


Fig. 4 The parameters a, b and c of the children with spastic cerebral palsy.

Upper: All of the children who could walk

and ten of eleven who could not walk were involved in the normal range of the parameter a.

Middle: The value of the parameter b of the children with spastic cerebral palsy was significantly reduced.

Lower: The value of the parameter c of the children with spastic cerebral palsy was not reduced.

Solid lines: Mean values:

Dotted lines: +2 or -2 SD (normal range):

Circle: Cerebral palsied child who could walk

Cross: Cerebral palsied child who could not walk

All of the children who could walk and ten of eleven who could not walk were involved in the normal range of the parameter a (1.1 ± 1.6). The value of the parameter b of the children with spastic cerebral palsy was significantly reduced. Five of six who could walk were involved in the normal range of the parameter b (20.3 ± 14.4). On the other hand, the value of the parameter b was reduced in six of eleven who could not walk. Significant difference was not found between the children who could and could not walk. The value of the parameter c of the children with spastic cerebral palsy was not reduced. Five of six who could walk were involved in the normal range of the parameter c (45.4 ± 17.2). The value of the parameter c was reduced in only one child who could walk. The value of the parameter c was rather increased than reduced in the children who could not walk. The value of the parameter c of the children who could not walk was significantly larger than that of

children who could walk.

Discussion

As the value of the parameter a of the children with spastic cerebral palsy were mostly involved in the normal range, the parameter b could be employed as the index of contracture of a gastrocnemii. It is very simple to derive the parameters from angle of a knee and an ankle joint of the pentagon shown on Fig.1a. By using this mathematical evaluation method, you can evaluate contracture of a gastrocnemii quantitatively even if knee flexion contracture exists. Therefore, this evaluation method will be useful when a surgical operation such as lengthening of tendo-Achilles is considered for children with spastic cerebral palsy. But, if the parameter a is out of the normal range for some reason or other, you cannot use the parameter b as the index of contracture of a gastrocnemii. It is always necessary to check the parameter a as well as the parameter b. You also have to give special attention to contraction of a gastrocnemii. The parameter b would change easily by voluntary or involuntary contraction of a gastrocnemii. The ROM measurement is reliable only when total absence of contraction is definitely ascertained. Therefore, the use of general anesthesia, nerve block with local anesthetic, and technique of ischemia are required to avoid contraction (6). But, we can not use these techniques in the routine measurements of ROM. We did not use any techniques to suppress contraction in this study. For that reason, errors in measurements must be unavoidable. However, our results discussing below are still meaningful to speculate about a pathophysiology of the contracture of triceps surae in spastic cerebral palsied children.

Although the value of the parameter b of the children with spastic cerebral palsy was significantly reduced, the value of the parameter c was not reduced. From this finding, contracture of a gastrocnemii seemed to be dominant in contracture of a triceps surae of a child with spastic cerebral palsy. In general, the mechanism of contracture of a spastic muscle of a child was thought to be growth reduction by failure to be stretched to its full-length (3). The muscle length is depending upon the number of sarcomeres. So, stretching of the muscle contribute to keep the number of sarcomeres of the muscle and to prevent contracture (5, 7,8). Stretching of a monoarticular muscle such as a soleus muscle is very simple. However, in case of stretching a biarticular (gastrocnemii) muscle, one joint (a knee or an ankle joint) should be extended while the other joint (an ankle or a knee joint) is kept to be fully extended. There would be less chances for hypoactive children with spastic cerebral palsy undergo activity which make biarticular muscles to be stretched. Therefore, contracture of a gastrocnemii are likely to be occurred in comparison with a soleus muscle. Furthermore, the value of the parameter c was rather increased than reduced in the children who could not walk. This finding showed a tendency of a soleus muscle to loosen in children who could not walk. This looseness may come from disuse. As the sample used in this study is relatively small, we agree that the further investigation is necessary to draw conclusions.

Acknowledgment

We thank Cub Scouts, Boy Scouts, Explorers of Nirayama-cho(town) and their leader Ms. Hiroko Hara

and Mr. Yukitoshi Sato for kind cooperation.

References

1. Ashton BB, Picles B, Roll JW: Reliability of goniometric measurements of hip motion in spastic cerebral palsy. *Develp. Med. Child Neurol.* 1978; 87-94.
2. Bleck EE. *Orthopaedic management in cerebral palsy.* London: Mac Keith Press, 1987: 55-57.
3. Delp SL, Zajac FE. Force- and moment- generating capacity of lower-extremity muscles before and after tendon lengthening. *Clin. Orthop.* 1992; 284: 247-259.
4. Katz K, Rosenthal A, Yosipovitch Z. Normal ranges of popliteal angle in children. *J. Pediatr. Orthop.* 1992: 229-231.
5. Tabary JC, Tabary C, Tardieu C, Tardieu G, Goldspink G. Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster cast. *J. Physiol.* 1972; 224: 231-244.
6. Tardieu C, Huet de la Tour E, Bret MD, Tardieu G. Muscle hypoextensibility in children with cerebral palsy: I. Clinical and experimental observations. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1982; 63: 97-102.
7. Williams PE, Goldspink G. Connective tissue changes in immobilised muscle. *J. Anat.* 1984; 138: 343-350.
8. Ziv I, Blackburn N, Rang M, Koreska J. Muscle growth in normal and spastic mice. *Dev. Med. Child Neurol.* 1984; 26: 94-99.

脳性麻痺児の骨折

-当センターにおける最近の動向-

分担研究者 山口和正 宮崎県立こども療育センター長

研究要旨 最近10年間に経験した脳性麻痺児の骨折は8例11骨折で、殆どが重度児で、殆どが抗けいれん剤を服用していた。これに廃用性の骨萎縮が加わり骨折を起こしやすいので、細心の注意が必要である。

はじめに

CP児にしばしば見られる骨折は、重度児、抗痙攣剤服用者、骨粗鬆症を伴うものに多いことが以前よりいわれており、介護方法に注意すればある程度予防可能なものである。しかし、当センターで最近CP児の骨折が相次ぎ、介護の再検討をすべく最近10年間におけるCP児の骨折を調査したので報告する。

対象と方法

87年から97年までの間におけるCP児の骨折8例11骨折を対象とした（男4例、女4例）。初回骨折時平均年齢は6才11ヵ月（4-8.6才）。調査時年齢は8才9ヵ月（4才5ヵ月-13才4ヵ月）、追跡期間は平均2年（5ヵ月-6年3ヵ月）であった。臨床症状（麻痺の程度、拘縮、抗痙攣剤、手術の有無等）、受傷機転、レ線所見、治療法とその後の経過等を調査した。

結 果

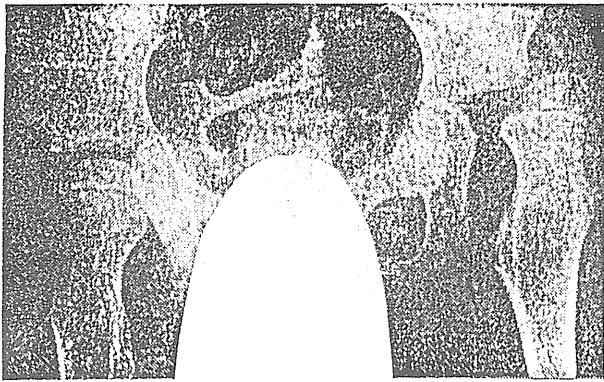
7例は自力移動不可、1例はずりばいまで可能。痙攣性麻痺が7例、弛緩性麻痺は1例で本児は3回骨折（若木骨折）を繰り返していた。抗痙攣剤服用者は7名。受傷機転は介助時4骨折、不明7骨折であった。さらに術後のギプス固定解除後早期、あるいは痙攣や全身状態の悪化などでベッド上安静を余儀なくされたケースに骨折を起こす頻度が高かった。手術を受けたことがあるものは8名全員で、一例は膝・ハムストリングの拘縮の矯正のため、他は股関節脱臼の予防や改善・痙攣抑制を目的に手術が行われていた。股関節周囲筋の解離術や骨切り術を施行後半年以内に骨折を起こしたのが5例、全例が術後1年以内に初回の骨折を起こしていた。骨折部位は7骨折が大腿骨顆上部、2骨折が大腿骨骨幹部、1骨折が脛骨近位部、1骨折が脛骨遠位部と膝周囲に集中していた。治療は、経皮ピンニ

ング2骨折、ギプスあるいはシーネ固定7骨折、牽引後ギプス2骨折であった。治療方針としては可及的に整復をはかるが、厳密な整復より、ある程度の安定性を得れば拘縮や骨萎縮を予防することを目的として、長期ギプス固定は避け、必要な場合には装具を装着し、早期から可動域改善を図った。予後は、治療法に拘わらず、多少変形が残ったとしても数ヵ月もすれば新たな機能障害なく治癒し、良好であった。ただし再骨折を2例に認めた。以下症例を提示する。

症 例

症例1：12歳男子。痙攣性四肢麻痺 頸固定不良、自力移動不可で全介助。1才5ヵ月時、股関節の脱臼傾向に対し内転筋とハムストリングスの皮下切腱術を施行した。6才頃になると股関節の再脱臼傾向を認めたため、6才11ヵ月時左股関節周囲筋解離術及び観血的整復術、右ハムストリングスの遠位部での延長術を行った。3週間のギプス固定の後、シーネに変更してROM訓練等行っていたが、術後2ヵ月の時、ズボン脱がせていて左大腿骨顆上骨折を起こす。5週間ギプス固定後シーネに変更して術後訓練を再開。11才8ヵ月の現在、特に左右差や骨折の影響は認められず、全介助ではあるが経過良好である（図1）。

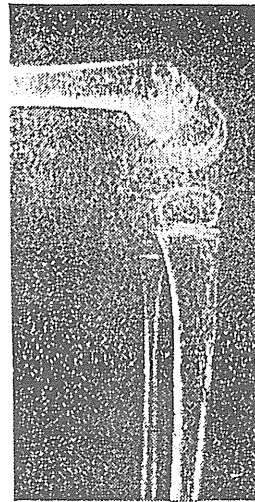
症例2：4才5ヵ月女児。痙攣性四肢麻痺。アテトーゼもあり、自力移動不可にて全介助。3才2ヵ月時股関節脱臼傾向、痙攣拘縮強度のため股関節周囲筋解離術施行。股関節の経過は良好だったが、術後8ヵ月時、大腿骨の骨幹部骨折を生じた。原因不明とのことだがかなりの外力が働いたのではないかと想像される。アテトーゼがあるため3週間直達牽引とし、その後ギプスから股関節外転装具へと変更し、骨折後1年3ヵ月の現在、明らかな脚長差もなく経過は良好である（図2）。



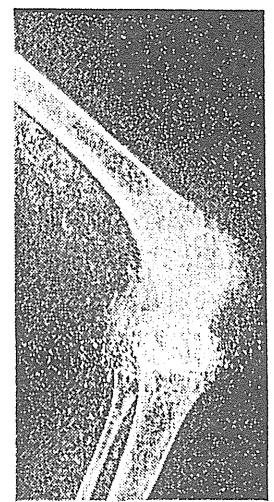
a)



b)



c)

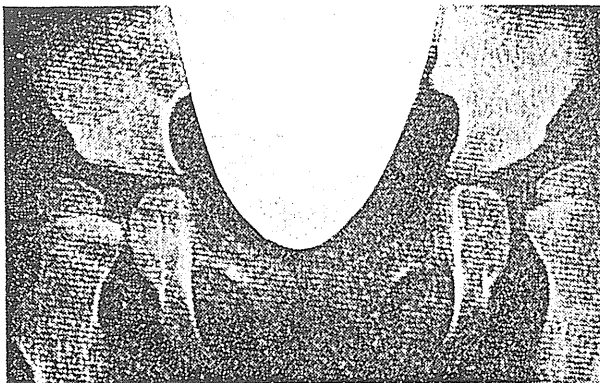


d)

症例 1

- a) 左股関節脱臼術前 (6才11ヵ月)
- b) 術後4年6ヵ月
- c) 左腿骨顆上骨折 (7才1ヵ月時)
- d) 同骨折1年2ヵ月後

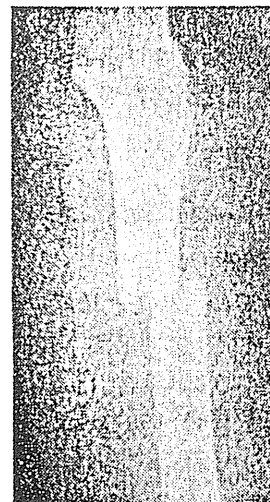
図 1



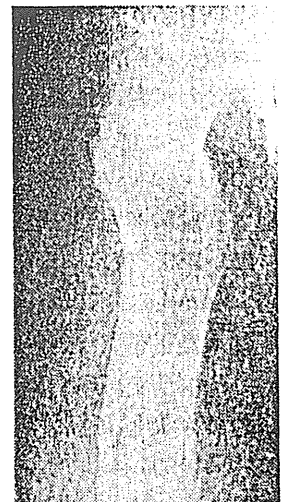
a)



b)



c)



d)

症例 2

- a) 進行性の両股関節脱臼 (3才2ヵ月)
- b) 術後1年3ヵ月 (4才5ヵ月)
- c) 術後8ヵ月時右大腿骨骨幹部骨折
- d) 骨折後2ヵ月

図 2

考 察

今回の調査では、全例が股関節脱臼やハムストリングスの拘縮の手術後1年以内に初回の骨折を起こしており、骨折と手術との関連が示唆された。しかし、手術は主に股関節周囲が多く、骨折部位は膝周辺に集中しており、手術そのものが骨折の直接の原因ではない。重度障害児が殆どで、骨粗鬆症が存在し、骨そのものが非常に細かったりと骨折をきたしやすい状態である。手術そのものというより、重度児の手術の増加、術後の安静固定に伴い骨萎縮が容易に進行し、術後ケアの困難さを増している事等が骨折に結びついているのではないかと推測される。非荷重により骨量は20%近く低下するとの報告もあり、重度児の手術に際しては骨折の危険性と予防に関し、予め十分家族にも説明しておくことが重要である。

ま と め

最近10年間の当センターにおけるCP児の骨折を調査した。骨折症例は8例11骨折で、殆どが重度児であった。全例下肢の手術後1年以内に骨折を生じていた。抗痙攣剤服用者は7例。骨折後経過はおおむね良好だが2回骨折が1例、3回骨折が1例あった。重度児で手術後や疾病などで安静を余儀なくされるとき、骨萎縮の進行や骨折に対し細心の注意が必要である。

文 献

- 1) 安藤晴彦:心身障害児のリハビリテーション.
283-286, 東京, 南山堂, 1990.
- 2) Samilson, RL 編著:脳性麻痺の評価と治療.
鈴木良平監訳, 242-257, 東京, 協同医書, 1986.
- 3) 片桐浩史:単一エネルギーX線吸収法による踵骨の骨量動態に関する報告, 日整外会誌 68:1044-1055, 1994

痙直型脳性麻痺例の短下肢装具歩行におけるエネルギー消費

分担研究者 鈴木伸治 伊豆医療福祉センター長

研究要旨 脳性麻痺例では歩行の補助にプラスチック製短下肢装具がよく用いられるが、その効果について客観的な検討は少ない。6例の歩行時エネルギー効率を計測してところ、装具使用で逆に効率が低下していることが確認され、痙直型にプラスチック製の短下肢装具は適さないと考えられた。

INTRODUCTION

Children with spastic diplegia (CP children) often prefer ordinal shoes to plastic short leg braces. On the other hand, gastrocnemii are strained while standing on a ascending inclined plane. And we found that the strain on gastrocnemii caused the hip joints to become flexed while standing on a ascending inclined plane (1). Therefore, energy cost of ambulation may increase as muscles participating in ambulation possibly increase when gastrocnemii are strained. As plastic short leg braces well correct feet with spastic equinus, gastrocnemii are thought likely to be strained. The purpose of this study is to determine whether plastic short leg braces really have functional advantage for CP children.

METHODS

Six CP children (13.2 ± 1.9 years) walked on a treadmill at relative speeds that ranged from slow to fast for three minutes at each speed. While walking with and without plastic short leg braces, oxygen uptake (VO_2) was measured. The VO_2 divided by walking speed, defined as an energy expenditure index (EEI) was calculated. A curve EEI - walking speed relationship was approximated to a parabola. The lowest value of EEI as an economical EEI was calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

In four of the six CP children, the EEI while walking with plastic short leg braces were larger than without braces (Fig.1). The economical EEI while walking with and without plastic short leg braces was 0.56 ± 0.26 ml/kg/m and 0.42 ± 0.14 ml/kg/m respectively. The ambulation with plastic short leg braces required more energy than without braces ($p < 0.05$). Corcoran et al.(2) reported that both plastic and metal short leg braces reduced energy during walking in hemiparetic patients. They used some criteria for selection of patients. For example, those were the absence of a combination of gastrocnemius - soleus spasticity and contracture as indicated by clonus sustained 5 seconds or more in two out of three trials. In this study, we examined diplegic patients. They were not special, found in everywhere. From our results, plastic short leg braces are not good for diplegic patients, and may not be good for spastic patients.

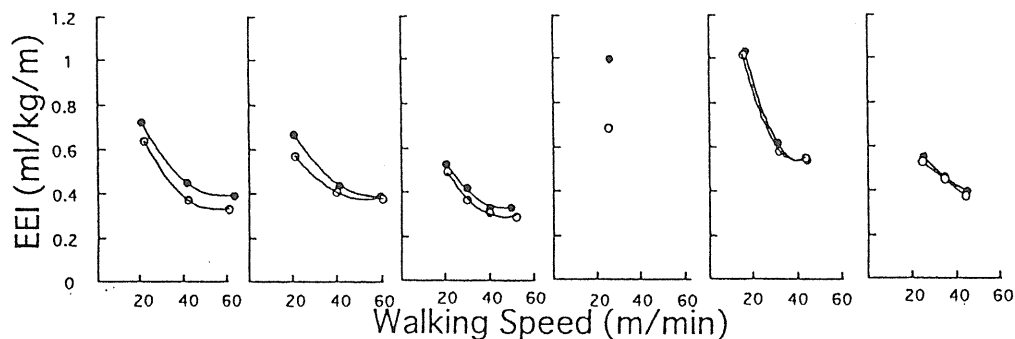


Fig. 1 The curves EEI - walking speed relationship while walking with and without plastic short leg braces. Open circle: without plastic short leg braces. Closed circle: with plastic short leg braces.

REFERENCES

1. Suzuki, N. et al. Bull. Hosp. Joint Dis. 57: 206-212, 1998.
2. Corcoran, P.J. et al. Arch. Phys. Med. Rehabil. 51: 69-77, 1970.

厚生科学研究費補助金（平成10年度厚生省障害保健福祉総合研究事業）

「脳性麻痺の運動特性に関する研究」

分担研究報告書

痙性麻痺児の歩行分析
-床反力・筋電図からみた歩行-

分担研究者 山口和正 宮崎県立こども療育センター長

研究要旨 床反力、筋電図を用いて、両麻痺や片麻痺を呈する痙性麻痺児（両麻痺10名、片麻痺10名）を分析し、正常児、成人片麻痺の歩行と比較検討した。両麻痺児の歩行は、正常児と比べても不安定でダイナミックな動きに欠け、歩行速度は増すものの（これは身長伸びによる歩幅の増加が大きな要因とかがえられる）、床反力・筋電図でみる限り。加齢とともに
余り変化のみられない歩行であり、一方、小児片麻痺の例においては、成人片麻痺から考えられるよりはるかに良好な機能を獲得し、中枢神経系の可塑性に加え、健側下肢での代償機能を十分に発揮しながらうまく適応しているように考えられる。
筋電図では、両麻痺及び片麻痺共に遊脚期に大腿直筋が活動したり、各筋のかつ同時期が延長するなど幼児の pattern を示すが、筋の相反性活動は保たれ、痙性があるからといって絶えず筋が活動しているわけではない。

緒 言

歩行の評価は複雑であり、ましてやそれが障害を持った小児の歩行となると客観的評価は容易ではない。特に脳性麻痺児の歩行は個体差が激しく、又、個体内においても変動が大きく、分析的な客観的評価は困難とされてきた。しかし、障害があるが故に、それは治療の対象であり、なおさらの事、客観的評価が必要とされる⁷⁾。勿論、歩行に限らず動きや姿勢の pattern の評価には、基本的に Motoscopic examination などの臨床的評価が

重要なのは言うまでもない⁸⁾。

歩行の評価には多くのパラメーターがあり、一つのパラメーターのみで歩行の特徴を捉えられるものでもない。又、小児の歩行を大人のデータで論じることも無謀である。障害児の歩行を完全に表現しうるものではないが、床反力計や筋電図を用いた障害児の歩行の分析は、その正常児のデータがあり、正常と比較検討するのに適当である^{10) 11) 12) 18)}。この研究の目的は痙性麻痺児（主に脳性麻痺）

の歩行の分析的客観的評価であり、その障害のタイプによる特徴の認識である。小児片麻痺の症例及び痙性両麻痺児の歩行を中心に、

正常児、成人片麻痺の歩行と比較しながら検討した。

対 象

脳性麻痺児及び7歳頃迄(=歩行の成人 pattern の確立以前)に脳性発達障害を生じた者で、杖や装具を用いず、大型床反力計(後述)の左右の踏みわけが可能なもの20名を対象とした。検査に非協力的な者や、左右分離床反力計上で、通常と著明に異なる歩行を示す者は除外した。これには運動機能と共に知的レベルが大きく関係していた。ただし、ある程度、通常より遅くなったり、歩隔が広がったりするのは避けられなかった。全例尖足やheel toeほとんど同時着地、あるいは外反尖足を呈したり、膝、足関節にある程度の拘縮を有し、訓練などの治療の対象となるものであった。

発症原因としては、両麻痺児では未熟児に起因す

るとおもわれる脳性麻痺が10名中7名を占める。年齢は3歳9カ月より12歳(平均8歳2カ月)、男4名、女6名であった(表I)。

片麻痺児10名では、特に外傷、発熱、痙攣などのエピソードがなく、生下時よりの麻痺と考えられる者5名など原因は多岐に渡り、発症時年齢も生下時から7歳まで、発症後経過年数は2年から16年、平均6年1カ月、検査時年齢は3歳5カ月から20歳まで、男7名女3名であった(表II)。状態は一例を除き9例は active な足関節の背屈はみられず、Brunnstrome stage では Stage 4 前後である。

正常児のデータは同じ床反力計上でえられた野口のものを対象とした¹⁰⁾。

表I 両麻痺例

	性	年 令	原 因 (エピソード)
1. K. Y	男	3才9カ月	未熟児 (1980 g, 33W), RDS
2. T. S	女	5才1カ月	" (1950 g, 30W)
3. H. M	女	5才8カ月	" (1600 g, 40W)
4. K. Y	女	7才6カ月	" (2180 g, 36W)
5. Y. H	男	8才3カ月	脳動静脈奇型破裂
6. S. S	女	8才4カ月	特記事項なし
7. U. H	女	9才4カ月	未熟児 (1280 g, 28W)
8. M. H	男	9才7カ月	" (1450 g, 32W)
9. T. K	女	11才9カ月	" (1250 g, 34W)
10. S. K	男	11才5カ月	葉酸代謝異常, 高度貧血

表II 片麻痺例

	麻痺側	性	年 令	発症時年齢	原 因
1. T. F	右	男	3才5カ月	生下時より?	不 詳
2. T. M	右	女	3才6カ月	1カ月	Vit. K不足
3. Y. I	左	男	3才6カ月	生下時より?	(未 熟 児)
4. T. T	右	男	4才8カ月	生下時より?	不 詳
5. K. N	左	男	5才4カ月	生下時より	水 頭 症
6. M. T	右	女	6才	10カ月	脳 炎
7. N. I	右	男	8才	生下時より	(鉗子分娩)
8. T. H	右	男	9才	7才	交通事故
9. Y. M	左	女	9才7カ月	2カ月	髄膜炎
10. U. M	左	男	20才	4才	VSD 術後

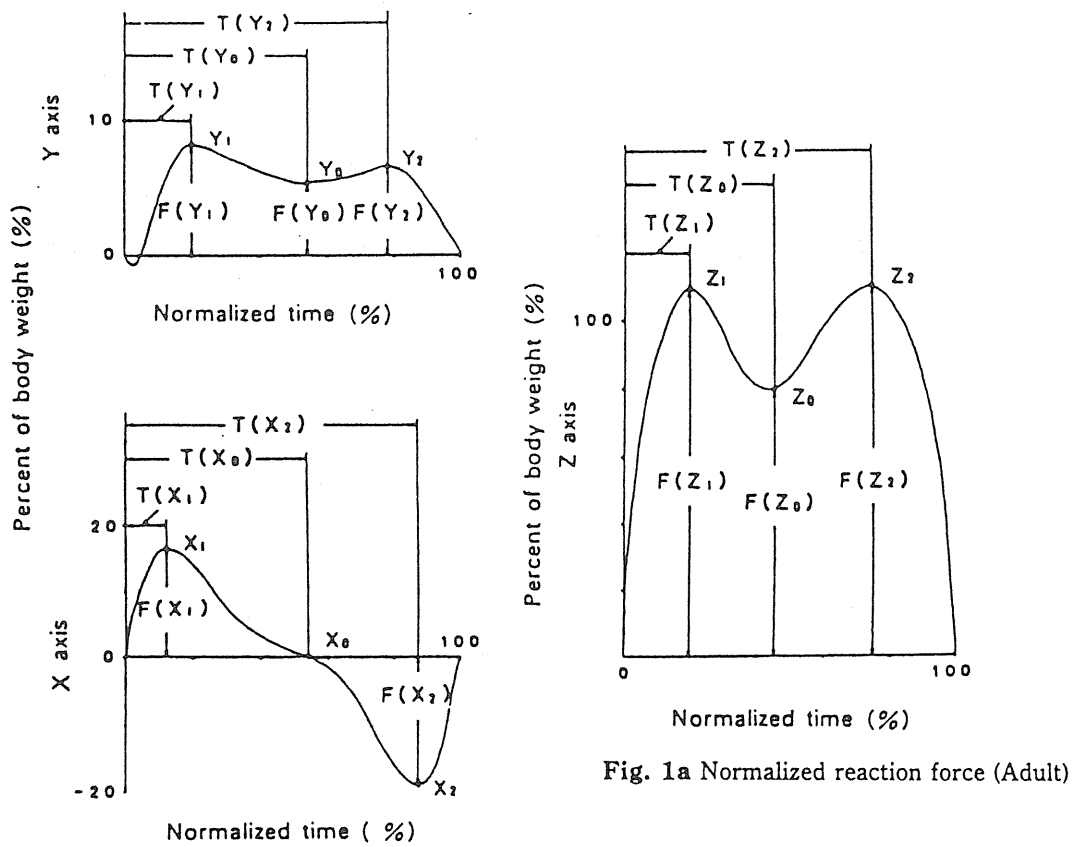


Fig. 1a Normalized reaction force (Adult)

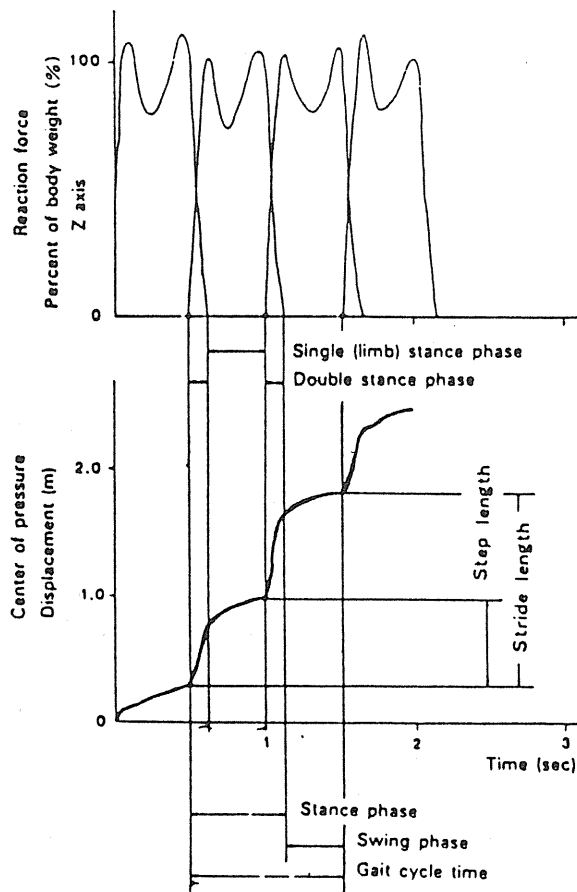


Fig. 1b Reaction force and Center of pressure

検 査 方 法

前後に 2.75 m の歩行路を持ち、0.4×2.5 m の歪ゲージ式荷重変換器 2 台を平行に並べて左右踏み分けるようにした大型床反力計（アニマ製）をもちいて自由歩行させ、左右各々 20 歩以上のデータをコンピュータにて処理し、前後、側方、垂直分力の平均 pattern を検討した。データ取得に先立ち、自然な歩行を得させるため予め何度か 2.5 m の歩行路の上を往復させ慣れさせるようにした。また、検査データの取得までには歩行開始より 3 歩以上経過し安定した歩行に入っていることを原則とした。

又、0.6×3 m の銅板の上を自由歩行させ、筋電計にて 8 筋（左右の前脛骨筋、下腿三頭筋、大腿直筋、大腿二頭筋）を同時記録し、主に phasic な pattern の表れ方、活動時期を検討した。

計測：Fig 1a に正常成人の床反力各成分の平均

pattern を示す。縦軸は被検者の体重で平均化された各分力、横軸は一步の立脚時間を 100% とした時間軸であり、X は前後分力、Y は側方分力、Z は垂直分力である。X₁、Y₁、Z₁ は制動期のピーク、X₂、Y₂、Z₂ は駆動期のピークを示す。X₀ は制動期から駆動期への変換点、Y₀ は Y₁ と Y₂ との間にある谷、Z₀ は Z₁ と Z₂ との間の谷（= 抜重効果）を示す。T() は各点における平均時間、F() はその平均分力である。

また、歩幅 step length などの測定は大型床反力計の参考データ資料及び野口の計測法に基づいておこなった。すなわち center of pressure より step length, gait cycle を求め、cadence = 60 x 2/gait cycle time, 歩行速度 walking velocity = cadence x step length で計算した (Fig. 1b)。

結

歩行開始後 3 歩以上たってからのデータを原則としたのは、歩行開始後 3 歩経てば安定した歩行になるといわれていることによるが⁶⁾、脳性麻痺の場合、一步毎に瞬間的に立ち止まり再び歩行を開始していると思えるような場合もみられ、必ずしもこの原則は当てはまらず、2.5 m を 5 秒以内で歩き抜けることの出来ない場合もあった。この様なケースは、多くの場合尖足が強かったり、かなり歩行の不安定なグループであり、通常より大分歩行速度が落ちていた。テストされることあるいは左右を踏み分けることがかなりのストレスとなっているようである。余りにも通常と異なる場合には左右踏み分けができていてもデータからは除外した。

(床反力)

床反力の各成分を正常小児の各年代相当のところにプロットして検討した。正常小児の場合は各年代における平均値とその SD の幅を示し、両麻痺・片麻痺例では左右側の各平均値を図示し、それを線で結んだ。

両麻痺児

前後分力では、制動期 F(X₁) 成分はやや小さく、駆動期 F(X₂) は全例正常より小さく、数例は極端に小さい。又、制動期から駆動期への移行を示す T(X₀) はかなり早くからおこり、駆動期のピーク T(X₂) も割と早期に出現する (Fig. 2a)。

側方分力は、総じて大きく、動揺性の高い事を示

果

す。時間的因子では T(Y₂) が比較的早期におこる。年長になるにつれて側方動揺が減少していく傾向はない (Fig. 2b)。

垂直分力では、比較的山の部分である F(Z₁)、F(Z₂) が小さく、抜重期を表わす F(Z₀) が正常範囲にあり、山と谷の差が小さいダイナミックな動きに欠ける歩行であることを示唆する (Fig. 2c)。時間的因子でみると明らかな特徴はなさそうである。

両麻痺の一例を示す (Fig. 2d)。8 歳女児。軽度尖足で痙性も軽い、歩容も安定しているが、側方動揺がやや大きく垂直分力も全体的に低く山と谷の差も小さい。

片麻痺

前後分力では、制動期 F(X₁) 成分には一定の傾向はないが、F(X₂) は明らかに麻痺側が低く、駆動期ピーク T(X₂) は麻痺側においてかなり早めにおこっている。健側はほぼ正常域であり、他は一定の傾向はない (Fig. 3a)。

側方分力は、制動期 F(Y₁) では、全例麻痺側が大きく、駆動期のピーク T(Y₂) は麻痺側で早くおこっているが、概して正常小児の例に近く、年長になるにつれ側方動揺は小さくなる傾向にある (Fig. 3b)。

垂直分力では、制動期成分 F(Z₁) は、全例麻痺側が大きく、むしろ健側は正常より小さい。駆動期成分 F(Z₂) の大きさに有意差は無かったが、同年

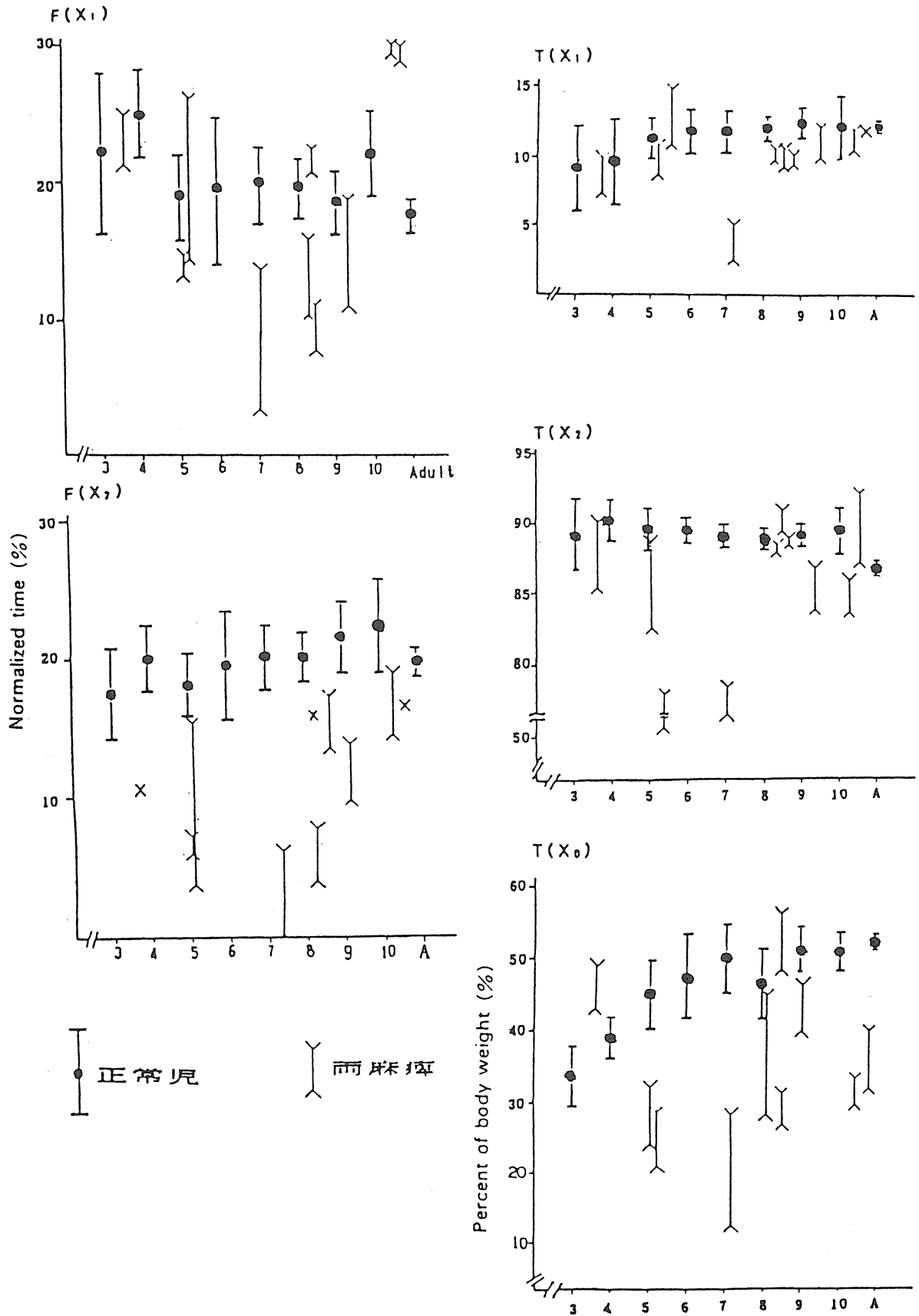


Fig. 2a Sagittal component (Diplegia)

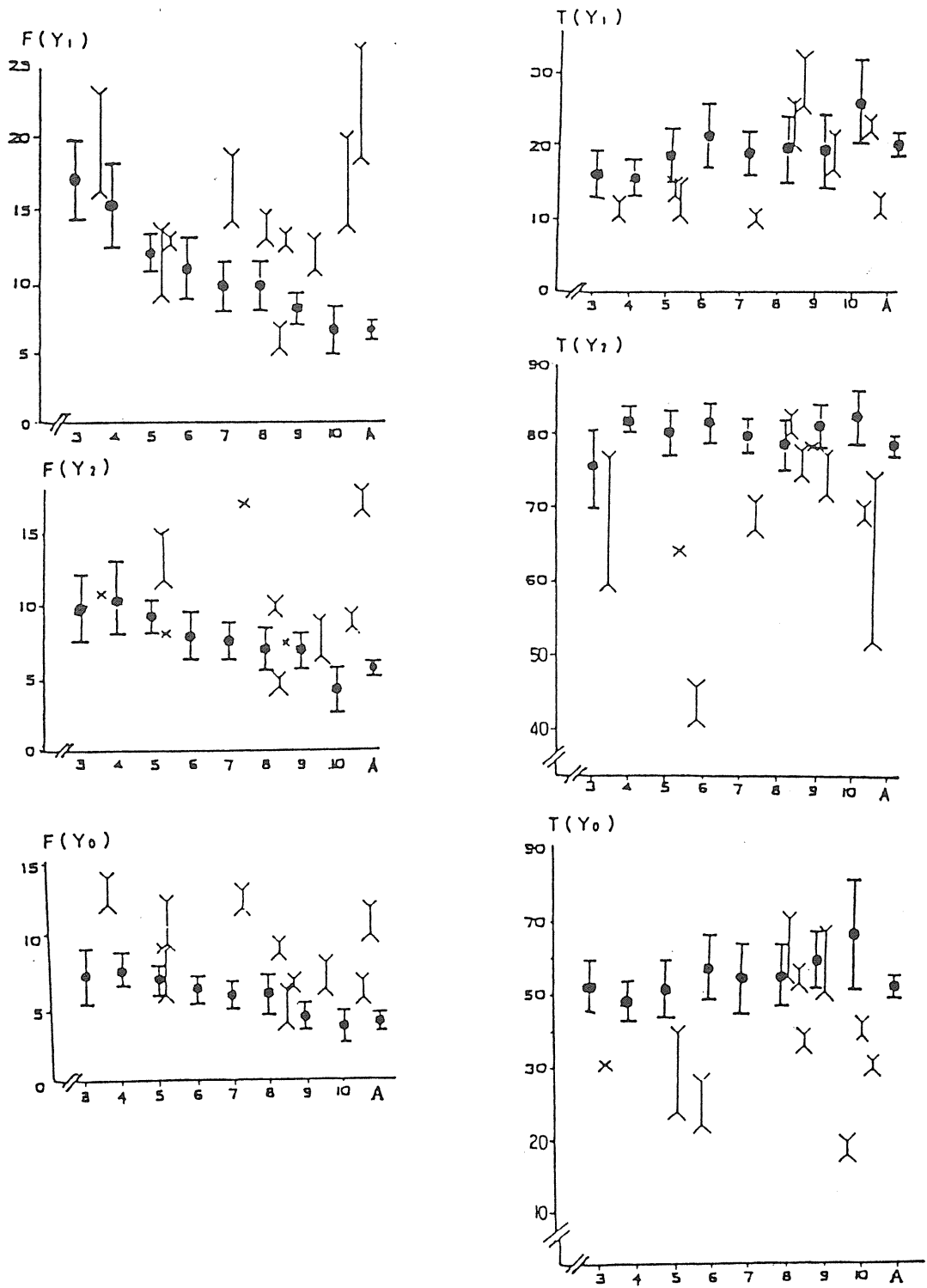


Fig. 2b Lateral component (Diplegia)

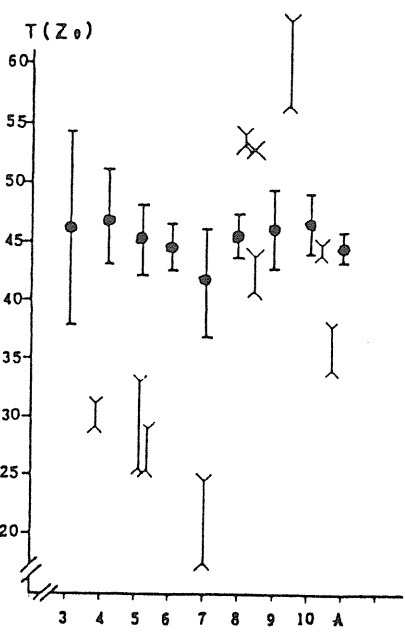
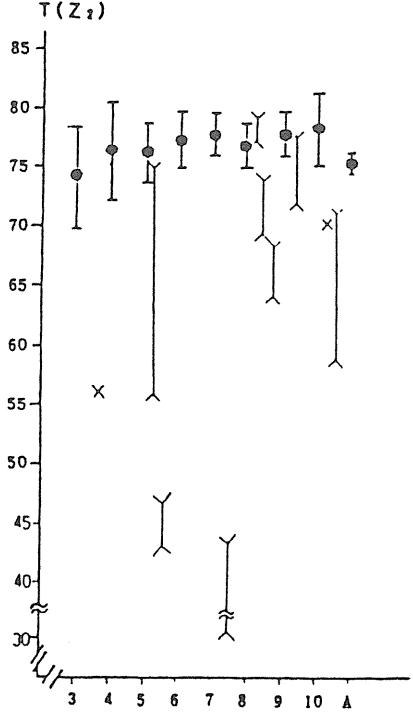
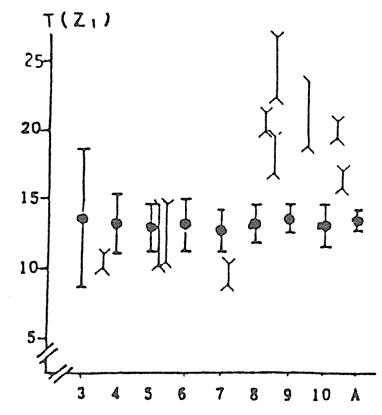
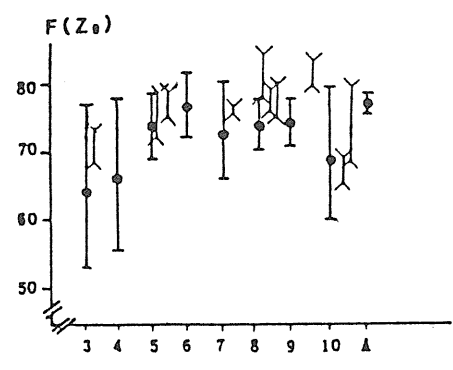
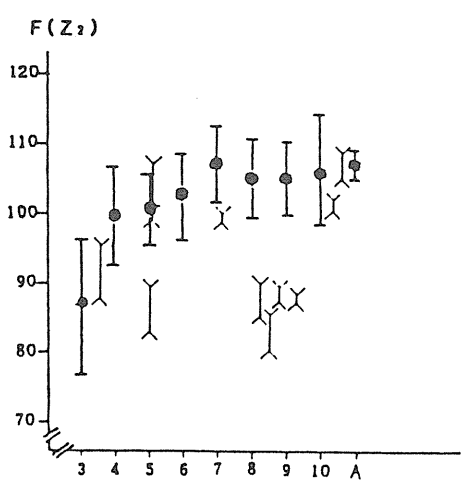
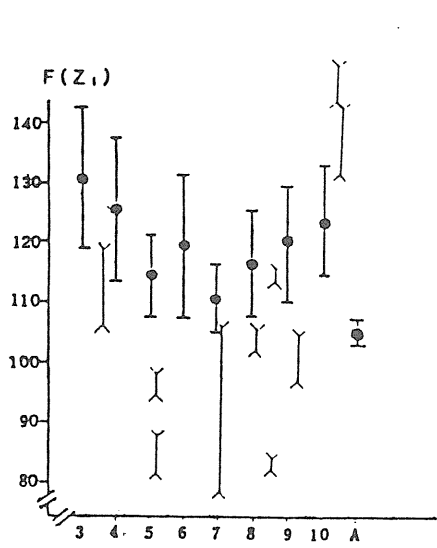


Fig. 2c Vertical component (Diplegia)

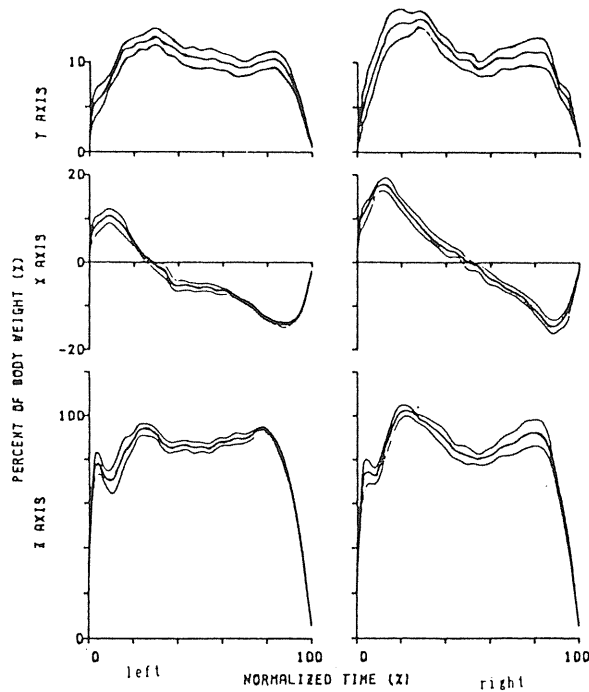


Fig. 2d Case 1 Diplegia (8 y. o, female)

齡児の平均からすれば小さい。駆動期のピークは両麻痺例と同様、麻痺側に早期におこる。抜重効果を示す $F(Z_0)$ は10例中6例はむしろ健側が大きく、成人片麻痺と同様、健側下肢に異常な pattern が強い (Fig. 3c)。

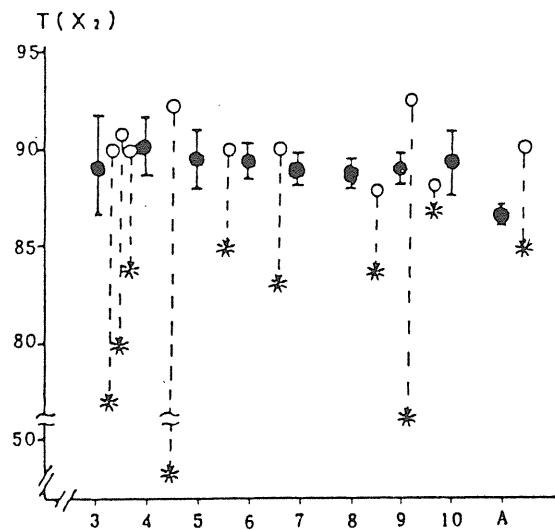
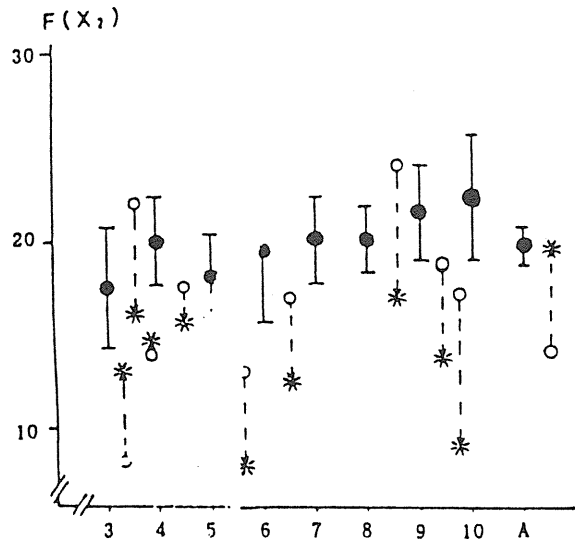
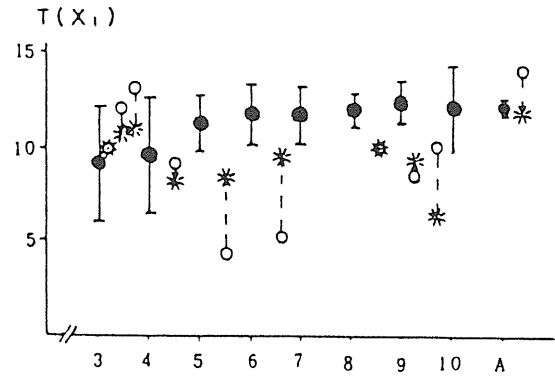
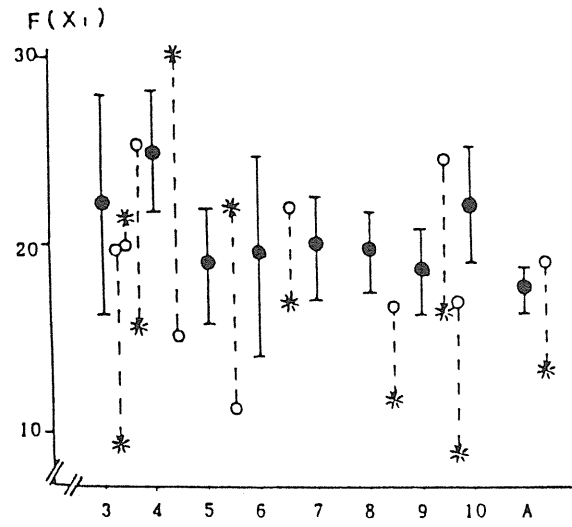
片麻痺の1症例を示す (Fig. 3d)。五歳男子。左片麻痺。制動期のピークは麻痺側に大きく前後分力の蹴り出しは麻痺側に小さい。全体に側方動揺は大きく (特に麻痺側)、垂直分力では健側下肢に山と谷の差の小さい pattern を示す。

歩行速度、cadence、歩幅の関係でみると、両麻痺、片麻痺共に小さいが、両麻痺は cadence が比較的多くて歩幅が狭いのに対し、片麻痺例では cadence は少ないが両麻痺例ほどには歩幅は狭くない。比較してみても、一番三者間の差があきらかだったのは歩幅においてであり、図のごとく、ほぼ三群に分かれた (Fig. 4)。

(筋電図)

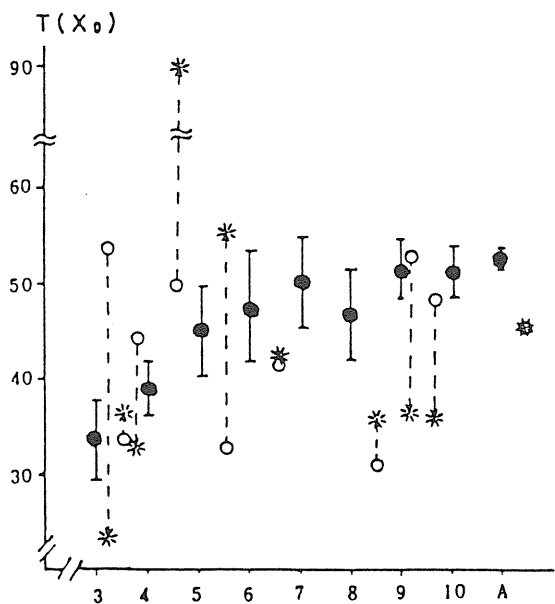
筋電図では、両麻痺・片麻痺ともに歩行周期にみあった phasic な pattern は失われていず、痙性麻痺だからといって絶えず筋活動が見られるわけではない (前脛骨筋はほぼ全周期にわたって活動がみられ、結果的には尖足であっても、立脚期後期から遊脚期にかけてほとんどの例で強く活動している)。しかし、大腿直筋が遊脚期を中心に活動したり、その他の筋も活動時間が延長するなど年少の小児に近い pattern を示していた。また、尖足の主要因とも言うべき腓腹筋の活動は思ったほど長くなく、歩行の全周期にわたって活動しているというより、遊脚期後期から立脚期中ないし後期にかけて活動するという一定の pattern を示していた (Fig. 5)。

片麻痺でも全例にこの傾向が見られ、年齢による差は余りなかった。これは健側下肢にもある程度認められ、健側での代償作用か、麻痺が健側下肢にも及んでいる事を示唆する (Fig. 6)。



● 正常児 ○ 片麻痺患児

Fig. 3a Sagittal component (Hemiplegia)



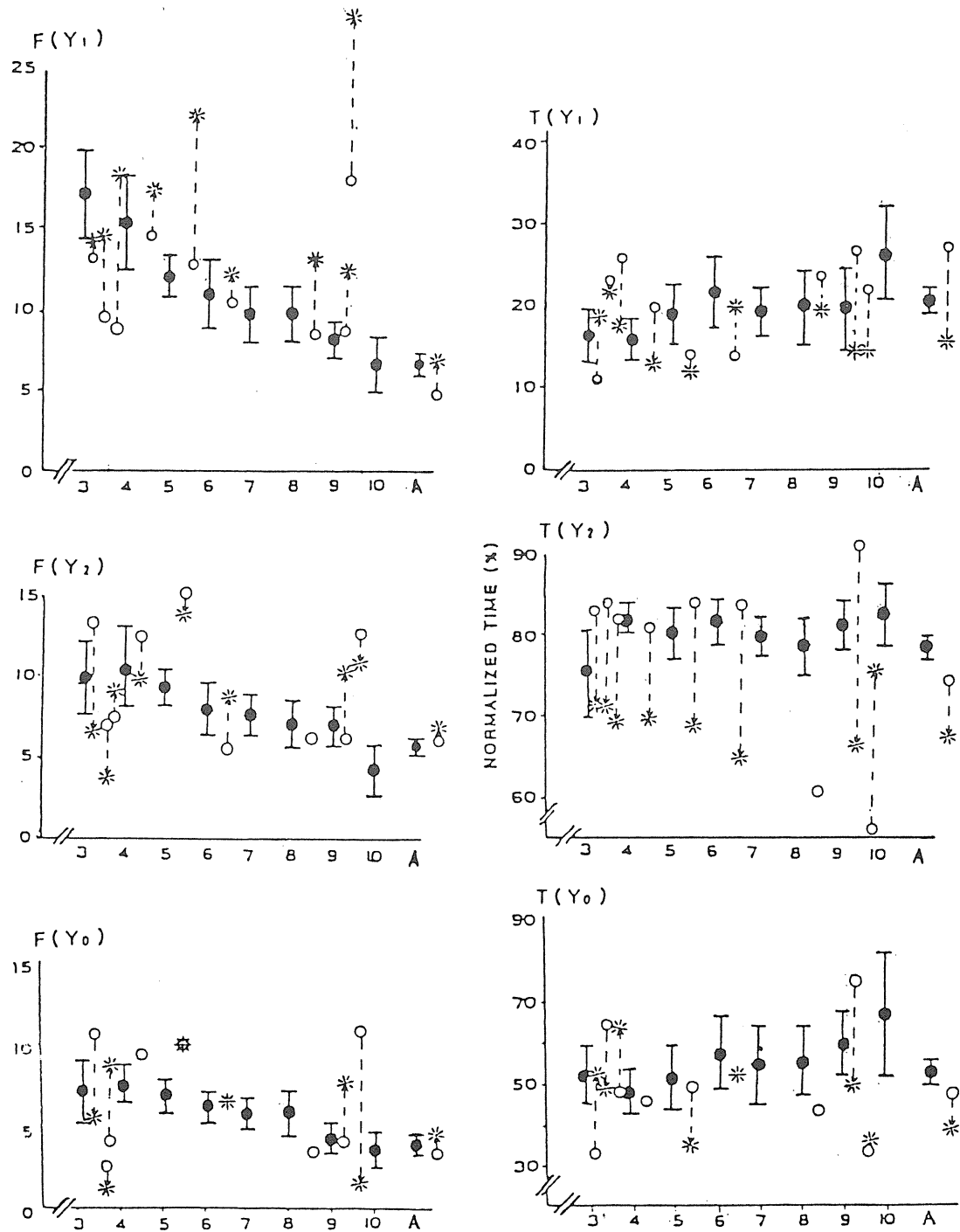


Fig. 3b Lateral component (Hemiplegia)