

脳性麻痺の科学的トレーニングについて —陸上競技を中心にして—

石塚 和重
聖隷クリストファー大学

Scientific Training of Sport Players with Cerebral Palsy —Mainly on Track and Field Events—

Kazushige ISHIZUKA
Seirei Christopher College

研究要旨

本研究は脳性麻痺者のスポーツに着眼し、100m走での運動能力の差による相違を筋断面積と筋力、動作速度、ミドルパワーについて運動能力別に比較検討する。さらに、脳性麻痺者に対する科学的トレーニングについて、日本でトップレベルの選手1名について追跡調査し、脳性麻痺者の短距離走に必要な能力について検討を試みる。

対象はアテトーゼを主徴とする走行可能な脳性麻痺者3名（日本選手権参加レベル2名、その他1名）、痙直型片麻痺者1名（日本選手権参加レベル）、走行可能な痙直型脳性麻痺者1名、手すり使用で歩行可能な痙直型脳性麻痺者1名（日常生活は車椅子使用）、歩行不可能で車椅子使用の痙直型脳性麻痺者1名、平均年齢27.4歳男性7名であった。その中でアテトーゼを主徴とする走行可能な脳性麻痺者1名（日本選手権参加レベル）については、定期的に合計10回測定した。測定項目は①形態・身体組成（身長・体重・体脂肪率）②MRI画像（大腰筋断面積、大腿部・下腿部筋断面積など）③動作速度（膝振り上げ速度・膝振り下ろし速度）④等速性筋力（膝関節・股関節の伸展・屈曲の筋力）⑤無酸素性能力：ミドルパワー（30秒間の自転車エルゴメーター）である。

本研究において、等速性筋力、動作速度については歩行可能な知的障害のない軽度、中程度の脳性麻痺者であれば測定が可能である。今回の検査により、脳性麻痺者において走行能力の高い者ほど筋の断面積が大きく、車椅子使用者で歩行能力の低い者ほど筋の発達が悪いことが示唆された。また、動作速度、等速性筋力も走行能力の高い者ほど高い傾向が認められている。短距離走の記録向上にとってミドルパワー、動作速度、筋力などの能力が必要である。動作速度は膝振り下ろし速度、筋力については膝関節屈曲力の重要性が示唆された。

キーワード：脳性麻痺、陸上競技、科学的トレーニング

第1章 研究目的

(1) 脳性麻痺とは

脳の成長・発達が完成する以前にさまざまな原因で脳に損傷をきたし、その結果生じる運動や姿勢の機能障害を総括したものを脳性麻痺という。1968年に厚生省研究班が組織され、脳性麻痺の基本的な定義が定められた。それによると、「脳性麻痺とは受胎から新生児（生後4週以内）までの間に生じた脳の非進行性病変に基づく、永続的な、しかし変化する運動および姿勢の異常である。その症状は満2歳までに発現する。進行性疾患や一過性の運動障害、または正常化されるであろうと思われる運動発達遅延は除外する。」と定義されている。原因については大きく分けて次の三つの時期に主な脳性麻痺の原因がある¹⁾。

- a. 胎生期：脳が形成される妊娠3～4ヶ月にウイルスによる胎内感染や胎内無酸素症、胎内脳出血などにより脳の組織の損傷を受けるなど、未熟児も原因のひとつである。
- b. 周産期：全体の6割程度を占める原因で、分娩による外傷、分娩時間の遷延（または急速の分娩）などによる酸素欠乏、仮死、核黄疸などがある。
- c. 出生後：一般的には障害程度の低い麻痺にみられ、出生後に起因するもので最も低率である。頭部外傷や脳炎などによる感染がある。

脳性麻痺は麻痺の種類や程度で異なっている。麻痺の部位により、単麻痺、片麻痺、両麻痺、四肢麻痺がある。麻痺の種類には痙直型脳性麻痺が最も数の多いタイプで6～7割を占めている。このタイプは手足の筋肉の緊張が高く、手、膝、股関節が固く、全体的に硬い姿勢が特徴である。動作は緩慢で、急いで歩くと尖足位が強まり、しばしば下肢の鉤状変形が出現して

歩行障害の原因になっている。アテトーゼ型脳性麻痺児は痙直型とは異なり、自分の意志とは無関係に何か運動をしようとする時など動作以外に身体が動き、姿勢が変化するなど、時に予期しない手足の動きとともに動作が乱れてしまうという特徴を持っている。失調型はそれほど多くないタイプである。運動感覚や平衡感覚に障害があり、歩行の際にはバランスが不安定でよろめいた足取りが特徴でもある。そのため脚を広く拡げて手と胴体を使って歩行する。また、脳性麻痺は筋の相反神経支配の異常により、筋の過剰緊張や同時収縮が特徴になっている。筋緊張の異常性により、脳性麻痺の障害が多様化している。ここでは脳性麻痺の中でも、代表的な分類のみをあげたが、その他、強鋼型、弛緩型、混合型などがある。

(2) これまでの研究成果

脳性麻痺者のスポーツについて考えてみると、従来、脳性麻痺者のスポーツは過激な運動によって異常筋緊張や伸張反射を誘発し、拘縮・変形を助長するのでよくないといわれてきた。脳性麻痺のリハビリテーション場面において、Bobath²⁾は筋の異常な協調作用という問題が脳性麻痺児の問題であり、筋の機能を発揮しようとする際に、数少ない異常な運動パターンでしかそれを発揮することができないところに問題があるとしている。また、筋緊張亢進状態は局所現象ではなく、異常姿勢反射活動の現われとみなされるようなパターンが組み合わさったものであると述べている。

障害者スポーツに関する研究において、運動生理学の立場から田島ら³⁾は障害者スポーツの運動生理学的意義について次のように述べている。障害者スポーツは、ごく短期間に市民スポーツ的なものと競技性を重視したものへと発展

進歩している。しかし、障害者スポーツの現場では、数少ない資料と経験論から競技力の向上が試みられているのが現状である。障害を持つ者の安全を確保し、市民スポーツとして障害者の健康の維持・増進に役立ち、競技力の向上に寄与するために運動生理を理解することは必要不可欠である。また、障害者は日常生活動作だけで運動能力を維持することはなかなか困難であり、障害者の運動能力維持のためには、日常的に積極的な運動が必要である。障害者における運動の重要性は健常者以上であることは論をもち、身体に負担をかける運動を行うことは危険だという考えがあった。確かに、多くの障害者は何らかの形で生理機能にも障害を持っていることが多いと報告している。矢部ら⁴⁾は脳性麻痺児において、痙直型脳性麻痺児とアテトーゼ型脳性麻痺児の重度脳性麻痺児に同じプログラムの水泳トレーニングを行った際の心拍数変動で、アテトーゼ型では心拍数が高く、痙直型では低い傾向にある事を報告している。心拍数から運動強度を推定する事が多いが、障害によって反応が異なるので注意しなければいけないことを指摘している。石塚ら⁵⁾は脳性麻痺児のトレーニングにエアロビクダンスを取り入れ、目標心拍数を設定した心拍トレーニングによるエアロビクダンスとその効果について報告した。脳性麻痺者の体力について、脳性麻痺者は健常者に比べ運動の効率が悪く、結果としてパフォーマンスが低いことが指摘されている^{6,7,8,9)}。Tobimatsuら⁷⁾は健常者と脳性麻痺者の体力について、上肢エルゴメーターを使ってVO₂maxを測定し、両群のVO₂maxに有意な差がなかったと述べている。Roseら⁸⁾はRERとOxygen Pulse (VO₂max/HR)、酸素摂取量をトレッドミル歩行で行わせて測った結果、健常者

と脳性麻痺者に差がなかったと報告している。飛松⁹⁾は脳性麻痺者の体力について信頼できる指標はVO₂maxであるとしている。また、運動の効率の指標としては、PCIよりもEO₂ (O₂cost) のほうが信頼性は高く、運動負荷の手段はさまざまであるが、同一負荷法による再現性は良好であると述べている。脳性麻痺者の筋力について、Ayalonら¹⁰⁾は9歳から15歳の脳性麻痺児12名の等速性筋力を測定し、評価の信頼性について報告している。Berg-Emonsら¹¹⁾は12名の痙直型脳性麻痺児の等速性筋力、有酸素パワーについて検討し、軽度から中等度の脳性麻痺児であれば、十分に再現性のある値を得ることができるとしている。バランス障害について石塚^{12,13)}は脳性麻痺の重心図より、脳性麻痺児は健常者より坐位、膝立ち位、立位とも不安定であると報告した。脳性麻痺の筋力トレーニング¹⁴⁾に関しては、1) 痙縮の増大を招く、2) 脳性麻痺者の筋力に再現性がない、3) 脳性麻痺の運動機能障害は中枢性制御の問題であり、筋力増強がパフォーマンスの向上につながらないとする3つの推測のために積極的に行われていないのが現状である。Damianoら¹⁵⁾は杖歩行の痙直型脳性麻痺児に対して強い抵抗運動で大腿四頭筋の筋力を増加させることができると報告している。Mac Phailら¹⁶⁾は中等度の痙直型両麻痺児に対して8週間の角速度90°/secの等速性運動を実施したところ、21~25%の筋力増加が認められたとしている。Fowlerら¹⁷⁾は大腿四頭筋力の最大努力時に痙性の増加は無いことを報告し、筋力の弱さが機能的な問題の一因となっている脳性麻痺者に対して筋力強化運動をすることをすすめている。

(3) 本研究の目的

本研究では脳性麻痺者のスポーツに着眼し、100m走での運動能力の差による相違を筋断面積と筋力、動作速度、ミドルパワーについて運動能力別に比較検討する。さらに、脳性麻痺者に対する科学的トレーニングについて、日本でトップレベルの選手1名について追跡調査し、脳性麻痺者の短距離走に必要な能力について検討を試みる。

第2章 対象者と測定内容

対象者は、本研究の目的、手順等を説明した上で同意を得られた脳性麻痺者で、アテトーゼを主徴とする走行可能な脳性麻痺者3名（日本選手権参加レベル2名、その他1名）、痙直型片麻痺者1名（日本選手権参加レベル）、走行可能な痙直型脳性麻痺者1名、手すり使用で歩行可能な痙直型脳性麻痺者1名（日常生活は車椅子使用）、歩行不可能で車椅子使用の痙直型脳性麻痺者1名、平均年齢は27.4歳の男性7名であった。その中でアテトーゼを主徴とする走行可能な脳性麻痺者1名（日本選手権参加レベル）については、2002年12月から2004年3月までに3ヶ月ごとに定期的に以下の項目について検査し、2004年3月に開催される大会の6ヶ月前からは1.5ヶ月に1回の割合で合計10回測定した。すべての測定は浜松ホトニクス（株）スポーツホトニクス研究所にて実施した¹⁸⁾ (Fig1)。 数値は原則として左右合計値を用いて分析した。

①形態・身体組成（身長・体重・体脂肪率）

空気置換の全身体密度法による体脂肪測定装置（BODPOD, LMI社製）を利用し身体密度を測定し、Brozekの式により、体脂肪率、除脂肪体重を推定した。

②MRI画像（大腰筋断面積、大腿部・下腿部筋断面積など）

磁場強度0.2TのMR装置（Signa Profile, GE 横河メディカルシステム社製）を用い、大腿部と腰部の横断像を取得した。大腿部は、大転子上端・大腿骨下端間の30%部位、50%部位、70%部位に相当する画像から、各筋肉、大腿骨、皮下脂肪の面積を算出し、腰部では第4・第5腰椎間の水平面の横断画像を取得し、左右大腰筋の断面積を算出した。

③動作速度（膝振り上げ速度・膝振り下ろし速度）

股関節の伸展・屈曲の動作の速度を、Ballistic Master（コンビ社）を用いて評価した。股関節屈曲動作は、股関節伸展位の状態から膝を前方にできる限り素早く振り上げる（Knee-Up）動作で、股関節伸展動作は、股関節屈曲位より膝をできる限り素早く振り下ろす（Knee-Down）動作であった。それぞれの動作のピーク速度値を評価の対象とした。

④等速性筋力（膝関節・股関節の伸展・屈曲の筋力）

等速性最大筋力は、Biodex-System3（Biodex Medical社製）を用いて、膝関節、股関節伸展・屈曲力を角速度60°/sec、180°/sec、300°/secでそれぞれ5回測定した。

⑤無酸素性能力：ミドルパワー（30秒間の自転車エルゴメーター）

30秒間の自転車エルゴメーター漕ぎ中に発揮されたパワーの最大値と平均値を測定した。運動終了後、5分、10分、30分後の乳酸値を測定し評価した。

ジャパンパラリンピック陸上競技大会において脳性麻痺はC1クラスからC8クラスに分かれている¹⁹⁾。CとはCerebralの省略字である。脳性麻痺のクラス分けは障害が重度から軽度にな

るに従い数値は高くなっている。C1クラスは電動車椅子使用者であり、C2からC4は車椅子使用者、C5からC8クラスが走行可能なクラスである。今回の被検者はC2、C3、C5、C6、C7クラスに属している。C2 (N・K) C3 (S・O) の車椅子使用者である。C5クラスは両下肢に麻痺はあるが走行可能なクラスで、時として杖や装具を使う場合もあるクラスである (Y・H)。C6クラスとは歩行可能なアテトーゼか失調型で、走ることもでき、不随意的動きがあることもあるクラスである (Y・I、M・Y、H・Y) C7クラスは歩行可能な片麻痺を示すクラスとなっている (K・K)。各被検者の形態の特徴はTable1に示す。

第3章 結果

(1) 運動能力別からみた結果

①100m走 (Table2)

運動能力の異なる脳性麻痺者7名について検査した。被検者Y・Iは100m13秒7の記録を持っている。次にK・Kは100m14秒1、M・Yは100m17秒8、H・Yは24秒2、Y・Hは100m27秒7で残りの2名は車椅子使用者で走ることはできなかった。

②ミドルパワー (Table2)

ミドルパワーについてはY・Iの8.03w/kgが最も数値を示した。走行能力の低いH・Yは3.41w/kg、Y・Hは3.89w/kgと低い値であった。S・OとN・Kは自転車漕ぎができず、測定不可能であった。

③大腰筋面積 (Table2, Fig2)

代表的なMR画像はFig2に示した。大腰筋断面積 (身長割値) はY・Iが最も大きく、左右合計値が21.4cm²/mであった。次に、M・Yの17.4cm²/mになっている。車椅子使用者のN・Kは大腰筋の発達が悪く、11.7cm²/mの低い数値を示している。Fig2はY・IとN・Kを表している。Y・Iに比べてN・Kは明らかに筋の発達が悪いことが理解できる。

④大腿部・下腿部筋断面積 (Table2, Fig3.4)

代表的なMR画像をFig3.4に示した。走力の高いY・Iは筋断面積 (身長割値) で大腿部50%筋断面積が177.6cm²/m、下腿部70%筋断面積94.9cm²/mであるが、車椅子使用者のN・Kは大腿部50%筋断面積59.8cm²/m、下腿部70%筋断面積25.6cm²/mであった。



体脂肪率



動作速度



等速性筋力

Fig1. 測定風景

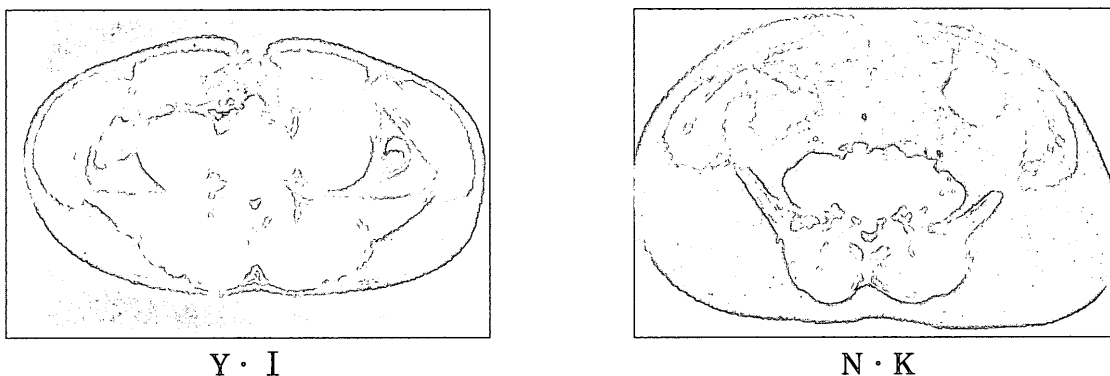


Fig2. MR画像 (腰臀部)

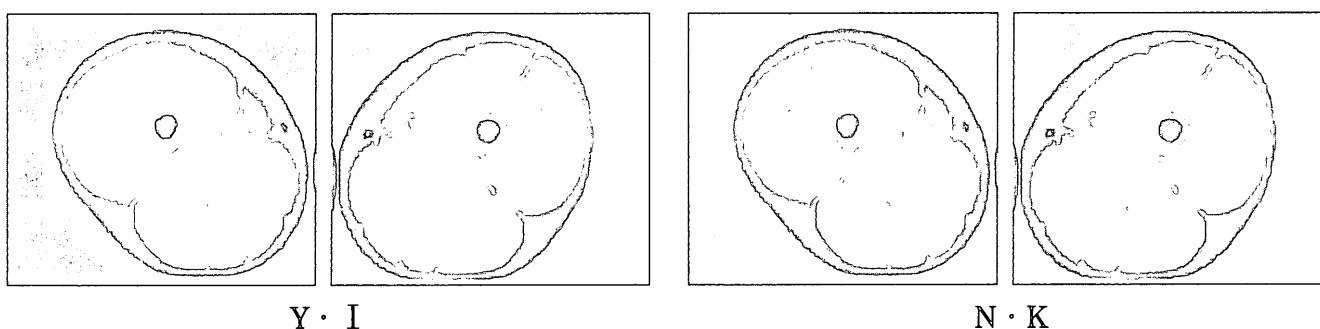


Fig3. MR画像 (大腿部50%)

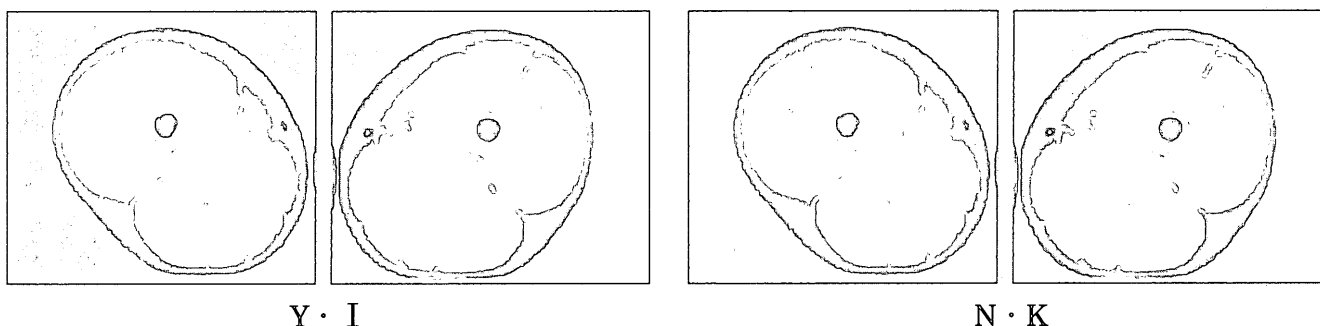


Fig4. MR画像 (下腿70%部位)

⑤動作速度 (Table3)

動作速度についても走力が高い者ほど動作速度が速い。N・Kについては立位保持が不能で測定不可能であった。膝振り上げ速度と膝振り下ろし速度について左右の合計値から検討してみると、膝振り上げ速度 $4.82 \pm 1.58 \text{ m/sec}$ 、膝振り下ろし速度 $5.48 \pm 1.92 \text{ m/sec}$ で膝振り下ろし速度の方が速かったが、両者に有意な差は認められていない。

⑥等速性筋力 (膝関節) (Table4.5)

膝関節の等速性筋力において、下肢の運動機能が高い者ほど、角速度 $60^\circ / \text{sec}$ 、 $180^\circ / \text{sec}$ ともに数値が高い。Fig5は走力の高いY・Iと走力の低いY・Hの代表的な角速度 $60^\circ / \text{sec}$ 、 $180^\circ / \text{sec}$ 、 $300^\circ / \text{sec}$ の筋力の変化を示している。Y・Iは膝関節屈曲力がY・Hより数値が高く、角速度が速くなっても筋力が下がらないのが特徴となっている。屈伸比について検討し

てみると、Y・I、K・Kを除いて50%以下を示していた。走行不可能なS・O、N・Kにおいては角速度60°/secで屈伸比が20%以下の数値であった。

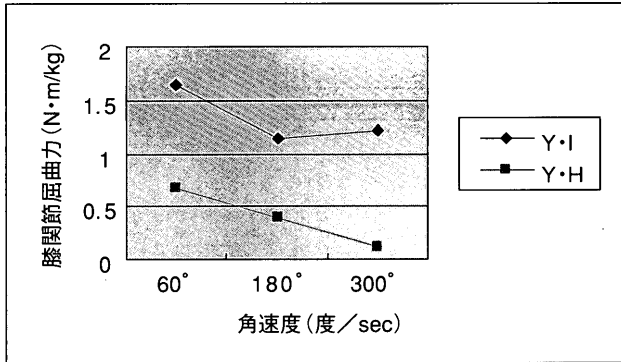


Fig5. 各角速度での膝関節屈曲力の比較

⑦等速性筋力（股関節）(Table6)

股関節の等速性筋力において、膝関節同様下肢機能の高い者ほど数値が高い。下肢機能が低いS・O及びN・Kは速い速度には股関節の動きがついて行けず、N・Kについては測定が不可能であった。

⑧結果のまとめ (Fig6)

走行可能な脳性麻痺者5名について、100m走との関係を調べてみると、Pearsonの相関係数有意確率（両側）が膝振り下ろし速度（両側合計値） $r = -.966$ ($p < 0.01$)で最も高く、次いで膝関節屈曲力 $r = -.945$ ($p < 0.05$)、ミ

ドルパワー $r = -.926$ ($p < 0.05$)であった。また、車椅子使用の脳性麻痺者は走行可能な脳性麻痺者に比べ、筋断面積（例、大腰筋断面積：身長割値 両側合計値 走行可能郡平均 17.0 cm^2/m 、車椅子使用群平均 12.4 cm^2/m ）、筋力（膝屈曲角速度 180°/sec：体重割値 両側合計値 走行可能群平均 1.42 $\text{N} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 、車椅子使用群平均 0.26 $\text{N} \cdot \text{m}/\text{kg}$ ）、動作速度（例、膝振り下ろし速度両側合計値 走行可能群平均 6.04 m/sec 、車椅子使用群平均 2.67 m/sec ）で低い値を示した。ミドルパワーについて検討してみると、ミドルパワーと相関関係が認められた検査項目は、膝関節屈曲角速度 180°/sec $r = 0.940$ ($n = 5, p < 0.05$)、膝振り上げ速度 $r = 0.939$ ($n = 5, p < 0.05$)、股関節伸展角速度 180°/sec $r = 0.920$ ($n = 5, p < 0.05$)、膝振り下ろし速度 $r = 0.883$ ($n = 5, p < 0.05$)であった。膝振り下ろし速度については、膝関節屈曲角速度 180°/sec $r = 0.940$ ($n = 6, p < 0.01$)、下腿筋 70%断面積（身長割値） $r = 0.918$ ($n = 6, p < 0.01$)、股屈曲角速度 180°/sec $r = 0.917$ ($n = 6, p < 0.05$)、股関節伸展角速度 180°/sec $r = 0.847$ ($n = 6, p < 0.05$)と相関関係があった。膝関節屈曲力は、膝振り下ろし速度の他に、股関節伸展力 $r = 0.961$ ($n = 6, p < 0.01$)と股関節屈曲力 $r = 0.904$ ($n = 6, p < 0.05$)に相関がみられた。

- 100m走との相関関係 (N=5)
1. 膝振り下ろし速度 $-.966^{**}$
 2. 膝関節屈曲力 $-.945^*$
 3. ミドルパワー $-.926^*$
- * 相関係数は5%水準で有意(両側)
** 相関係数は1%水準で有意(両側)

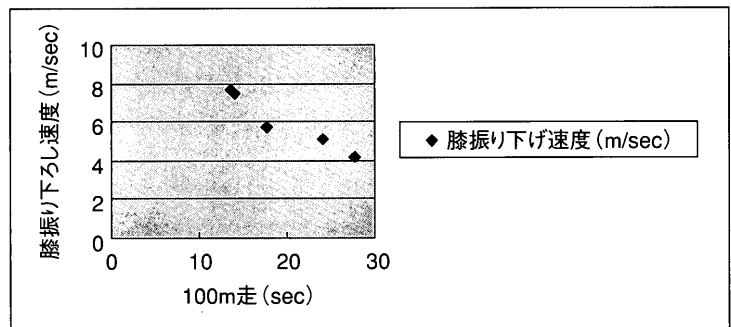


Fig6. 100m走と膝振り下ろし速度との関係

(2) 個人のトレーニングからみた結果

1) 全体の概要

2002年12月27日～2003年3月19日

12月の検査の結果、高い体脂肪率とミドルパワーの低さ、筋力の弱さ及び膝関節屈伸比に問題点が指摘された。トレーニング内容としてハムストリングスを意識した坂道と階段を中心とした走行中心のトレーニングをする。食事野菜と鶏肉を中心とした食生活に切り替える。

2003年3月19日～2003年6月26日

3月の検査では順調に体重は減少し、体脂肪率も低下した。ミドルパワーの増加が認められた。筋断面積についてみると、大腰筋は増大したが、大腿部と下腿部の筋断面積は若干減少していた。順調にトレーニングは進んでいたが、6月の検査2週間前にスポーツ貧血と眼底出血が認められ、一時運動中止と高カロリーの食事の摂取が必要となった。

2003年6月26日～2003年7月16日

6月の検査は体調不良のため、7月再検査をした。7月の検査では体脂肪率は再び増加傾向を示していた。ミドルパワーも若干低下した。しかし、6月まで減少傾向であった大腿部と下腿部の筋断面積は徐々に増加し始めた。

2003年7月16日～2003年9月30日

高カロリーの栄養摂取により、体重の増加と体脂肪率は更に増加する。股関節屈曲筋力の強化及び膝関節屈筋群の強化に心がける。ミドルパワーも再び増加していた。この時、すでにスポーツ貧血は改善していた。

2003年9月30日～2003年11月20日

実習による精神的ストレスにより過食傾向が進む。体脂肪率はピークに達し、一部内臓脂肪の所見がみられた。筋断面積は増加傾向を示していた。

2003年11月20日～2003年12月26日

11月の検査結果から、体脂肪率の著しい増加がみられ、スポーツ貧血の改善もみられたので、再び食事コントロールをする。食事コントロールは糖質、脂質を抑え、鉄分とビタミン、たんぱく質の摂取に心がけた。

2003年12月26日～2004年1月17日

12月の検査結果から、内臓脂肪の改善と体脂肪率の低下が認められた。

2004年1月17日～2004年2月18日

1月の検査時に比べ、体脂肪率はわずかであるが増加している。ミドルパワーは過去最大値となったが、筋断面積は全体的に減少傾向が認められた。動作速度は膝振り上げ、振り下ろし速度とも最大値になった。筋力は前回に比べ若干減少している

2004年2月18日～2004年3月23日

3月19日に2004年九州パラリンピック大会100m走、200m走に参加する。脳性麻痺部門では100m、200mともに優勝し日本一となる。

2) 検査項目別所見

①競技記録 (Table7)

トレーニング開始後、順調に記録は伸びている。

②体脂肪率 (Table8)

トレーニング開始時(2002年12月)の体脂肪率は17.14%と高く、体脂肪率を低下する目的でトレーニングが開始された。2003年3月の検査では15.62%と減少し、外観でも順調な減少傾向を示していたが、2003年6月にスポーツ貧血と眼底出血及び高血圧が認められ、一時トレーニングは禁止となり、栄養摂取が義務づけられた。2003年6月の検査時では体脂肪率13.44%と最低を示したが、2003年7月の検査では15.38%と高くなり、その傾向は2003年11月まで続いた。

11月の検査では体脂肪率20.71%と最も高い数値を示し、MRI画像により内臓脂肪の疑いも認められた。2003年11月にはスポーツ貧血は改善されていたので、再び食事コントロールを試みた。飲料は糖質の多いジュース類（スポーツドリンクも含む）は禁止し、水とお茶に切り替えた。2003年12月の検査では体脂肪率15.85%と減少し、2004年1月は14.97%、2004年3月には13.42%と減少している。

③ミドルパワー (Table8)

トレーニング開始時のミドルパワーは平均値が6.65w/kgであったが、トレーニング効果によって、2003年7月には若干減少がみられたが、順調に増加し、2004年1月には8.08w/kg、2004年3月には13.4%までに改善されている。

④大腰筋断面積 (Table8)

トレーニング開始時の大腰筋の断面積は左右ともに15.8cm²であったが、階段昇降と坂道走行のトレーニングの結果、2003年3月には17.6cm²に増加した。体脂肪率の減少と平行して2003年7月までは減少傾向を示した。2003年7月以降、栄養摂取量を増加による体脂肪率増加に伴い、再び筋面積が増加し、2003年11月の食事コントロールによる体脂肪率の減少に伴い筋面積もやや減少している。

⑤大腿部及び下腿部の筋断面積 (Table8)

大腿部及び下腿部の筋断面積はトレーニング開始時から平行状態またはやや減少傾向を示していたが、2003年7月から徐々に増加傾向を示した。

⑥動作速度 (Table9)

動作速度はトレーニング開始時より徐々に増加傾向が認められるが、全般に不規則で予測が困難である。

⑦等速性筋力 (膝関節) (Table10)

膝関節の等速性筋力はトレーニング量とほぼ相関し、トレーニングが十分出来た時期は数値が高い。屈伸比についてはトレーニング開始時55%以下であったが、徐々に改善され、60%まで改善されている。

⑧等速性筋力 (股関節) (Table11)

股関節の等速性筋力は膝関節の等速性筋力と類似した結果を示し、トレーニングが十分できた時期は数値が高くなっている。

⑨100m走との相関 (Fig7)

100m走と他の検査項目について検討してみると、200m走と400m走などの走力との相関は高い。また、ミドルパワー、左膝振り下ろし速度、右大腰筋断面積との相関も認められている。

100m走との相関関係		
1. 200m	0.975**	(N=9)
2. 400m	0.949**	(N=8)
3. ミドルパワー	-0.949**	(N=8)
4. 左膝振り下ろし速度	-0.745*	(N=9)
5. 右大腰筋断面積	-0.708*	(N=9)

*相関係数5%水準で有意 (両側)
**相関係数1%水準で有意 (両側)

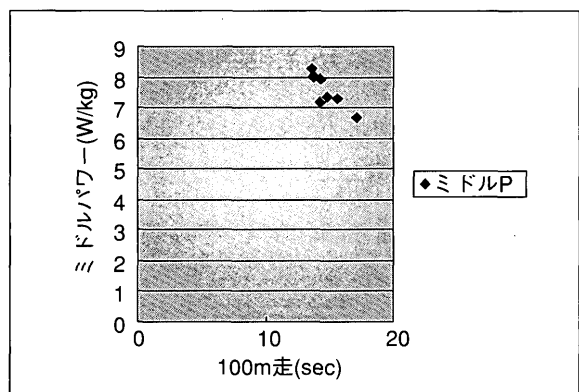


Fig7. 100m走とミドルパワーの相関表と相関図

第4章 考察

本研究において、等速性筋力、動作速度については歩行可能で知的障害のない軽度、中程度の脳性麻痺者であれば測定が可能であると考えられる。運動能力別結果によると、走行能力の高い者ほど筋の断面積が大きく、車椅子使用者で歩行能力の低い者ほど筋の発達が悪いたことが示唆された。動作速度、等速性筋力も走行能力の高い者ほど高い数値が得られている。一般的に、身体外部から発揮される筋力は活動する運動単位の数と脳から運動単位の数と脳から運動単位に送られてくる電気信号インパルスの発射頻度の総和で決まるといわれ、脳性麻痺者については脳障害で脳からの電気インパルスの発射頻度の総和が少ないために筋力が低いと考えられている。矢部²⁰⁾は脳性麻痺などの中枢性運動障害者に筋力発揮の特徴は、等尺性収縮による静的筋力発揮よりも動的な筋力発揮に劣ると述べている。本研究では角速度が速くなると、障害の程度が重度ほど等速性筋力は低い値を示していた。

筋断面積と筋力との関係では健常者の競技者のレベルにおいて、飯田ら²¹⁾は大腰筋断面積と股関節屈曲筋力・速度との関係について、国体選手892名を対象に測定をしている。Fig8、Table12によると、大腰筋断面積と身長積と股関節屈曲筋力（角速度180°/sec）の相関係数は0.76、大腰筋断面積と身長積と股関節屈曲速度との相関係数は0.63でともに高い相関関係がみられている。大腿四頭筋断面積と身長積と膝関節伸展筋力（角速度180°/sec）の相関係数については0.85で高い関係があると報告している。Fig9は筋断面積と筋力について報告している。これによると、大腿四頭筋が大きいほど、膝伸展力が大きく、その相関関係は膝伸展

力（角速度180°/sec）において、男性では $R^2=0.50$ 、女性は $R^2=0.49$ となっている。また、ハムストリングスと膝屈曲力（角速度180°/sec）との関係は男性 $R^2=0.37$ 、女性 $R^2=0.24$ である。膝屈曲力は膝伸展力ほど相関関係が高くはない。これには膝屈曲動作にはハムストリングス以外に腓腹筋などの下腿の筋が関与しているためであると考えられる。これらの図を参考にして、被検査の推定筋力を想定すると、Table13及び14のようになる。これによると、筋断面積と筋力において、脳性麻痺の筋力は健常者に比べ筋の面積に比べ、低いことが理解できる。更に、重度になればなるほど、筋の出力が低くなっていることが想像できる。Fig10は、筋断面積と筋力（角速度60°/sec）、動作速度についての関係を表している。それによると、股関節屈曲動作の筋力と動作速度において、その動作の主動筋の1つである大腰筋断面積との相関関係は、筋力において高い。すなわち、筋肉の大きさは、速度よりも力に大きな影響を与えると考える事ができると述べている。また、股関節伸展動作の筋力と動作速度と、その動作の共同筋であるハムストリングスと内転筋群断面積との相関係数は、筋力、動作速度ともに高くないという興味深い報告がされている。表には示されていないが、Y・Iのハムストリングス+内転筋の断面積が右62.0 cm²、左66.2 cm²である。Fig9において筋断面積と動作速度とに相関はみられていないが、仮にY・Iの筋断面積から動作速度を推定すると、大腰筋との関係では膝振り上げ速度は右3.75m/sec、左3.8m/secと推測される。また、ハムストリングス+内転筋の断面積から膝振り下ろし速度は右4.15m/sec、左4.2m/sec程度と推測される。実際の膝振り上げ速度は右3.46m/sec、左3.00m/sec、膝振り下ろし速度は右3.53m/sec、左4.11m/secとなって

おり、実際の測定値の方が推測値より低い値を示している。以上のように、脳性麻痺者において、筋断面積から推定される筋力と動作速度は健常者のそれより低い値を示した。これらの事は、身体外部から発揮される筋力は活動する運動単位の数と脳から運動単位の数と脳から運動単位に送られてくる電気信号インパルスの発射頻度の総和で決まるといわれ、脳性麻痺者に

については脳障害で脳からの電気インパルスの発射頻度の総和が少ないために筋力や動作速度の低さに表れていると考える。また、本選手特有の筋出力の不規則さはアテトーゼ(不随意運動)という筋出力障害と脳障害による神経-筋の伝達による運動調節作用が何らかの影響を与えているのではないかと推測される。

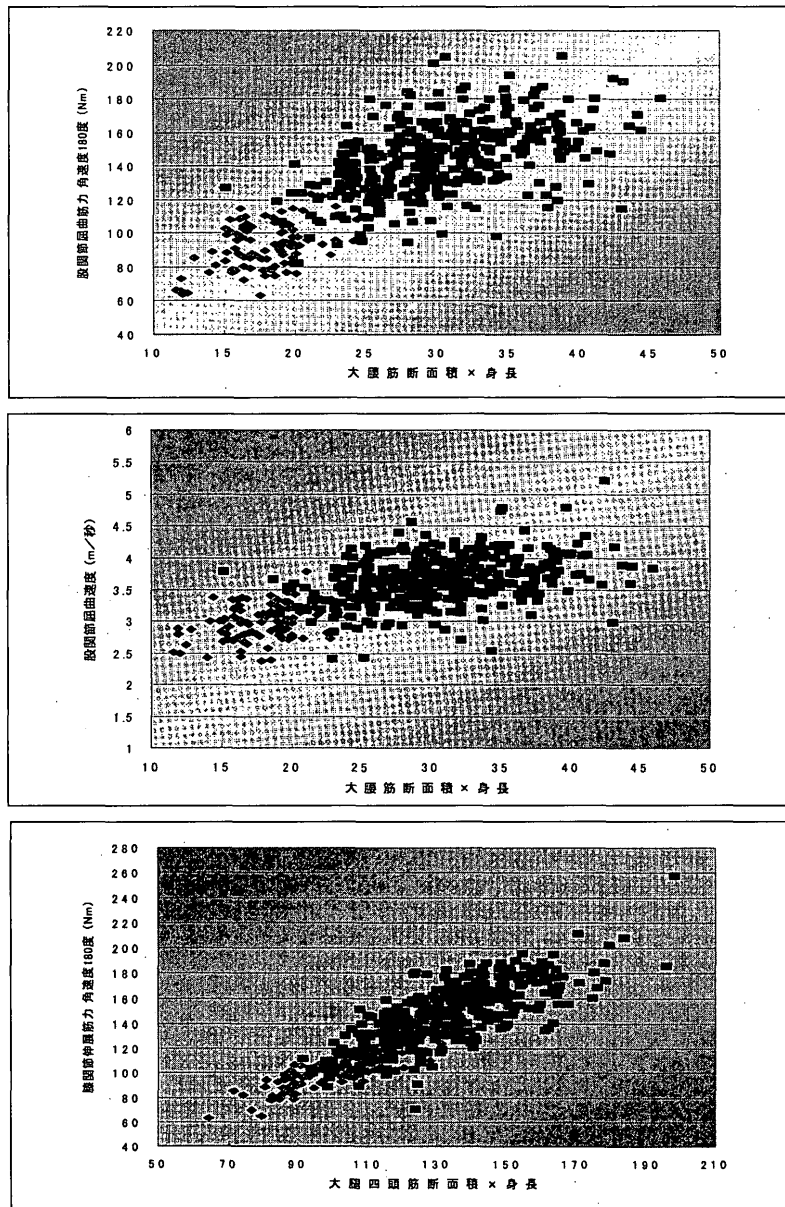


Fig8. 大腿筋断面積と身長積と膝関節伸筋力と膝関節屈曲筋力の相関図
(スポーツホトニクス研究所資料より一文献11)

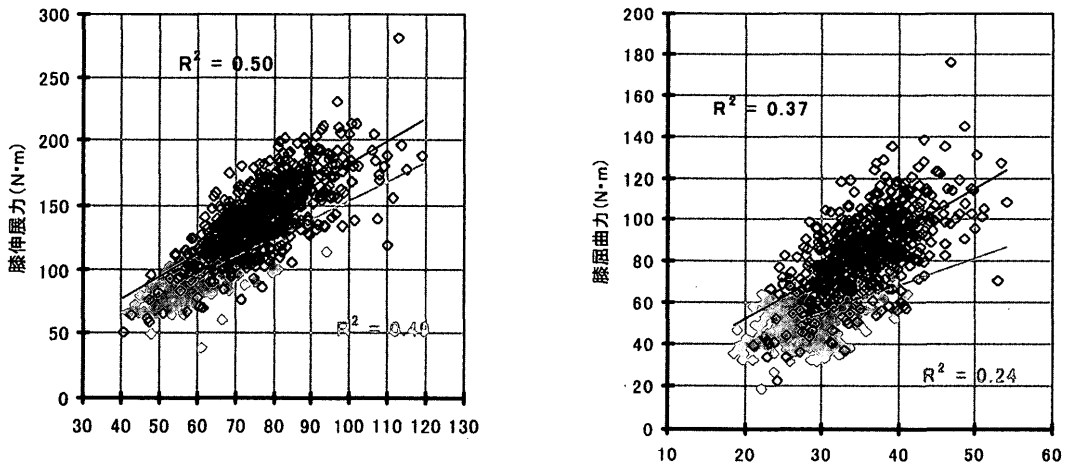
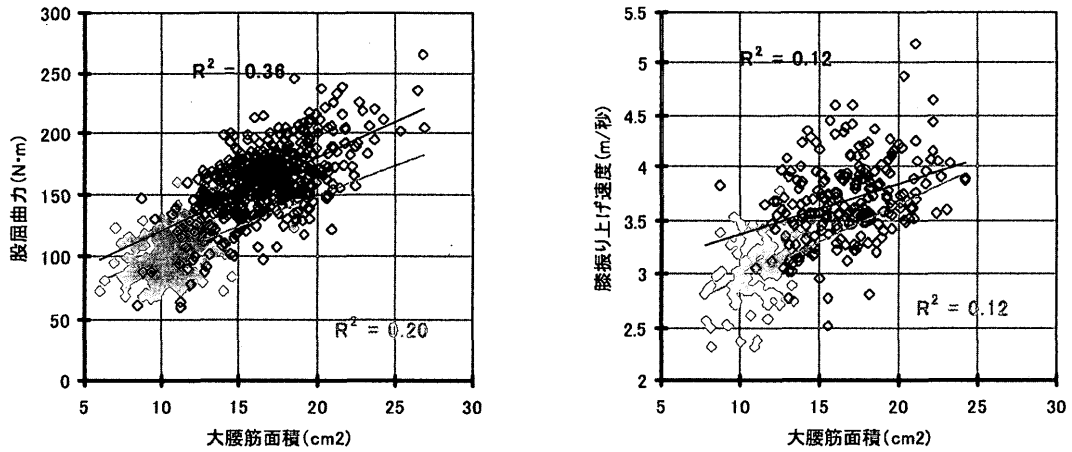
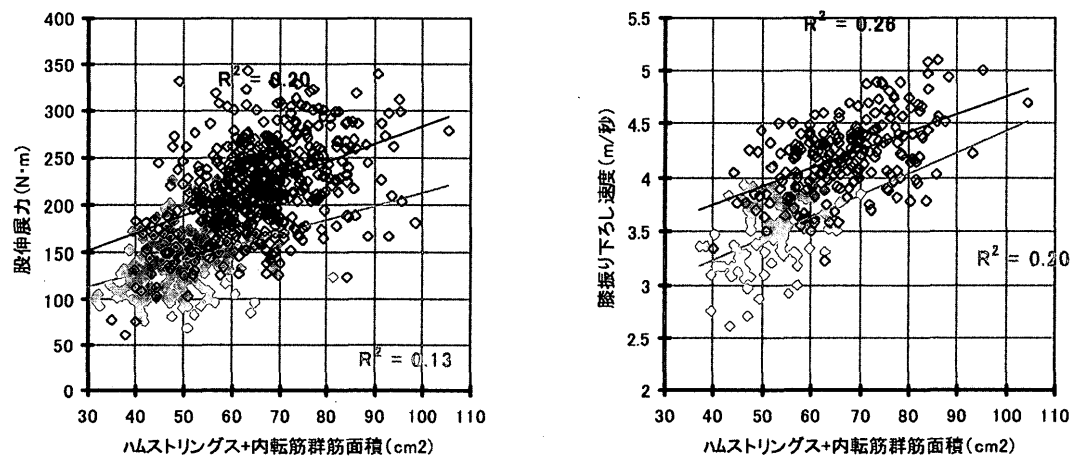


Fig9. 筋断面積と筋力（角速度180° /sec）との関係（スポーツホトニクス研究所資料より引用）



大腰筋断面積と膝屈曲力（角速度60度）の関係

大腰筋面積と膝振り上げ速度との関係



ハムストリングス+内転筋群筋断面積と膝伸下展力との関係

ハムストリングス+内転筋群筋断面積と膝振り下ろし速度の関係

Fig10. 筋断面積と筋力、動作速度との関係（スポーツホトニクス研究所資料より引用）

赤滝ら²²⁾はMuscular Soundを用いた脳性麻痺者の筋機能の分析を行っている。赤滝らは筋の萎縮の程度をバイオプシーによらず非観血的な評価として筋音に注目している。その結果、脳性麻痺から記録した筋音の全パワーは健常者の1/10以下であり、予測されるように筋萎縮の存在が確認された。さらに、筋萎縮がより速筋線維に推察されたという報告をし、持久性のトレーニングのみならず、相動性のトレーニングを積極的に導入することの重要性を示唆している。

膝関節伸展筋力と膝関節屈曲筋力との屈伸比において、健常者の場合、屈伸比が55～60%以下の時、肉離れ等の膝の障害を引き起こしやすいといわれている。脳性麻痺者では55%以下の人が多いと予想され、膝の障害を引き起こす可能性が高いと推測される。これは膝関節伸展に作用する大腿四頭筋の筋力が膝関節屈曲に作用するハムストリングスの筋より強いという結果によるものであるが、脳性麻痺者は膝関節屈筋群の働きが弱く、結果的に差が出たのではないかと推測する。脳性麻痺は筋のアンバランスを特徴とする疾患であり、下肢では大腿部より下腿部の筋にアンバランスが生じやすいのではないかと考える。また、脳性麻痺者において膝の伸筋群より屈筋群の弱さに着目してトレーニングしていく必要があるかもしれない。障害が重度になればなるほど膝関節筋力の屈伸比の数値が低くなっていることから、障害の程度に応じて運動量を決定する必要があるだろう。

個人のトレーニングにおける結果をみると、大腰筋ではトレーニング開始3ヶ月後の検査から増加傾向がみられた。それに対して、大腿部と下腿部の筋断面積についてはやや減少の傾向を示していたが、膝関節、股関節での等速性筋力において増加傾向が認められている。秋間²³⁾

は健常者の運動中のMR画像から筋の動員能の評価から、レジスタンストレーニング初期の筋の動員能力およびそのパターンについて検討している。それによると、大腿四頭筋の断面積および筋線維横断面に有意な増加は認められなかったが、レジスタンストレーニング初期の筋肥大を伴わない筋力の増加が認められ、トレーニング前に動員することができない筋線維がトレーニングによって動員することができるようになったため、筋力の増加が生じたためであると報告している。本被検者についても同様の傾向が認められているが、大腰筋が著しく増加したのに対して大腿部、下腿部の筋については減少していることは興味深い所見であると考ええる。個々の筋の特性によって効果の差が生じている可能性を示唆しているものと考ええる。また、トレーニング開始時期は食事制限をし、摂取カロリーを制限していた事が筋の発達に影響している可能性もある。体脂肪率が減少している時期は大腿部や下腿部の筋断面積がやや減少か停滞傾向を示していたが、スポーツ貧血の生じた2003年7月から高カロリー食に変更し、食事制限をしない時期になると、体脂肪率も増加傾向を示し、それにともない大腰筋、大腿部、下腿部の筋断面積も増加傾向を示していた。本被検者の体脂肪率増加時に筋力が増加したことは、競技記録が向上している点から考えて体重を支える筋力と記録向上のために必要な筋断面積が大きくなったとも考えられる。

ミドルパワーは記録向上とともに増加傾向を示している。本被検者の100m走の記録と各検査項目との関係をPearsonの相関係数から求めてみると、相関関係が高かったのはミドルパワーと膝の振り下ろし速度であった。本被検者の記録を向上させるためには、第1にミドルパワーの改善が必要であると考ええる。この事は健常

者のトレーニング原理と大きな差はないと考えている。脳性麻痺者の体力については、動作遂行に伴う筋疲労により、体力の低下が問題となっている。Fernandezら²⁴⁾は、8週間のトレーニングでPWCが向上したと報告している。Berg-Emonsら²⁵⁾は、脳性麻痺者に9ヶ月のスポーツプログラムで筋力効果や有酸素性能力の向上に効果があると述べている。本研究においても、ミドルパワーなどの改善が認められている。

次に、今回の検査結果から以下の特徴を示すことができると考える。

1. 選手の特長・弱点がわかる。
2. 不足するトレーニングの種類がわかる。
3. 選手同士の差異を量的に把握できる。
4. トレーニング強度の目安が得られる。
5. トレーニング効果が検証できる。

最後に、脳性麻痺者の短距離選手が記録を向上させるために必要な能力について述べてみたい。本研究から短距離走の記録向上にとってミドルパワー、動作速度、筋力などの能力の改善が重要であると考えている。動作速度は膝振り下ろし速度、筋力については膝関節屈曲力の重要性が示唆されている。また、脳性麻痺者はバランス障害が特徴であり、安定した走行をするためには走行中の動的バランスが必要である。すなわち、脳性麻痺者の短距離選手に必要な能力とは膝振り下ろし速度が速く、膝関節屈曲力及び股関節伸展力が強く、無酸素性能力が高い上に、それらの能力を最大限に引き出しながら走れるバランス能力を身につけることが大切であると考えられる。脚の速い回転力と力強い蹴りだし、100mを一気に走り抜ける無酸素性能力そしてそれらの力を最大限に引き出すバランス能力が必要であろう。

脳性麻痺者の運動能力を科学的データに基づ

いて検討することによって、新たな知見に立った脳性麻痺者のトレーニングの見直しを考える必要があると考えている。

第5章 結論

本研究において、等速性筋力、動作速度については歩行可能で知的障害のない軽度、中程度の脳性麻痺者であれば測定が可能である。今回の検査により、脳性麻痺者において走行能力の高い者ほど筋の断面積が大きく、車椅子使用者で歩行能力の低い者ほど筋の発達が悪いことが示唆された。また、動作速度、等速性筋力も走行能力の高い者ほど高い傾向が認められている。膝関節伸展筋力と膝関節屈曲筋力との屈伸比に関しては、脳性麻痺者では55%以下の人が多いと予想され、膝の障害を引き起こす可能性が高い。また、障害が重度になればなるほど屈伸比の数値が低くなるので、障害の程度に応じて運動量を決定する必要がある。

脳性麻痺者の短距離選手が記録を向上させるためには、ミドルパワー、動作速度、筋力、そして動的バランスなどに高い能力が必要である。競技者の弱点をみつけ、その弱点と障害を照らし合わせてトレーニング方法を立案し、個人の障害と能力に応じたトレーニング内容を検討することも大切であると考えている。また、脳性麻痺者では過剰な運動で異常な連合反応を引き起こして2次障害を起こす可能性もある。全体的に筋機能の発達や筋力の低下が2次障害を誘発していく可能性もあり、筋機能を十分に運動の中で発揮させ、筋機能を活性化させるトレーニングと2次障害を予防するケアトレーニングが今後必要になってくるであろう。脳性麻痺には痙直型、アテトーゼ型、失調型、弛緩型、強剛型、混合型などがあり、それぞれ特徴

が異なっている。今後、個人の能力にあった類型別トレーニング方法についても検討していく必要がある。また、今回の研究において、走行時の動的バランスについては検討できなかったが、この点については今後の課題としていきたい。

最後に、本研究が将来の脳性麻痺者のパラリンピック選手の育成や脳性麻痺者のトレーニングに役立てば幸いである。

謝 辞

本研究にあたって被検者として協力して頂いた脳性麻痺者の方々に感謝します。また、測定の際、快く協力して頂いた(株)スポーツホットニクス研究所のスタッフの皆さんに心からお礼申し上げます。論文の作成に関して、ご指導を頂いた放送大学大学院 宮下充正教授、臼井永男助教授に感謝します。

文 献

- 1) 浜田志郎他：脳性まひと楽しいスポーツ、全国身体障害者総合福祉センター編：4-17,1990
- 2) Bobath：Bobath Course Note、Japan Bobath Association：1-2,1996
- 3) 田島文博他：障害者の運動生理学の意義、スポーツサイエンスVol15.No2：107-110,1996
- 4) 矢部京之助他：水泳運動における脳性麻痺児の心拍数変動、リハビリテーション医学19：225-230,1982
- 5) 石塚和重他：脳性麻痺とエアロビックダンス、医療体育Vol12：37-43,1993
- 6) Lundberg A：Maximal aerobic capacity of young people with spastic cerebral palsy. Dev Med Neurol 20：205-210,1978
- 7) Tobimatsu Y, et al：Cardiorespiratory endurance in people with cerebral palsy. Arch Phys Med Rehabil 79：687-691,1998
- 8) Rose J, et al：A Comparison of oxygen pulse and respiratory exchange ratio with cerebral palsied and nondisabled children. Arch Phys Med Rehabil 74：702-705,1993
- 9) 飛松好子：障害と体力—脳性麻痺者、総合リハビリテーションVol31.No.8：735-738,2003
- 10) Analon M, et al：Reliability of isokinetic strength measurements of the knee in children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 42：398-402, 2000
- 11) Berg-Emons RJ, et al：Reliability of tests to determine peak aerobic power and isokinetic muscle strength in children with

- spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*.38 : 1117-1125,1996
- 12) 石塚和重：脳性麻痺の重心図、理学療法ジャーナルVol25No2 : 101-106,1991
- 13) 石塚和重：脳性麻痺の立位姿勢調節に関する研究、平成11年度厚生省保健福祉総合研究事業 : 103-111,2000
- 14) 市橋則明他：筋力低下に対する運動療法の基礎、理学療法ジャーナルVol38.No9 : 709-716,2004
- 15) Damiano DL,et al : Effect of quadriceps femoris muscle strengthening on crouch gait in children with spastic diplegia. *Phys Ther* 75 : 658-667,1995
- 16) Mac Phail HE,et al : Effect of isokinetic strength training on functional ability and walking efficiency in adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 37 : 763-775,1995
- 17) Flower EG,et al : The effect of quadriceps femoris muscle strengthening exercises on spasticity in children with cerebral palsy. *Phys Ther* 81 : 1215-1223,2001
- 18) 星川佳広他：ジュピロ磐田における形態・体力測定 I、サッカー医・科学研究 Vol20 : 78-79,2000
- 19) 大久保 衛他：国際クラス分けマニュアル、日本身体障害者スポーツ協会編 : 9-10,1992
- 20) 矢部京之助：障害者の運動機能と体力特性、市村出版 : 89-109,2003
- 21) 飯田朝美他：大腰筋断面積の競技比較と股関節屈曲筋力・速度との関係、体力科学 Vol52.No6 : 941,2003
- 22) 赤滝久美他：Muscular soundを用いた脳性麻痺患者の筋機能の分析、医用電子と生体工学30 : 200-207,1992
- 23) 秋間 広：運動中のMR画像から筋の動員能を評価するー基礎的データから実践応用まで、トレーニング科学Vol10 No1 : 1-8,1998
- 24) Fernands JE,et al : Training of ambulatory individuals with cerebral palsy.*Arch Phys Med Rehabil Res* 21 : 179-194,1998
- 25) Berg-Emons RJ,et al : Physical training of school children with spastic cerebral palsy : effect on daily activity, fat mass and fitness. *Int J Rehabil Res* 21 : 179-194,1998

Table1. 身長・体重・BMI・体脂肪率

	Y・I	K・K	M・Y	H・Y	Y・H	S・O	N・K
身長cm	165.7	164.6	163.9	159.0	151.8	156.0	151.0
体重kg	65.0	59.25	50.74	51.45	45.7	60.6	57.3
BMI	23.89	21.87	18.79	20.35	19.83	31.61	25.13
体脂肪率%	14.97	14.53	5.32	13.50	11.52	31.64	17.38

Table2. 100m・ミドルパワー・筋断面積

単位：100m sec ミドルパワー-W/kg 筋断面積（身長割値cm²/m）

測定項目 被検者	100m	ミドルパワー	大腰筋	大腿部50%	下腿部70%
Y・I	16秒7	8.03	21.4	177.6	94.9
K・K	14秒1	6.52	16.9	130.4	66.2
M・Y	17秒8	6.27	17.4	115.6	60.6
H・Y	24秒2	3.41	13.8	126.4	59.8
Y・H	27秒7	3.89	15.3	94.7	35.1
S・O	走行不能	—	13.1	92.0	26.9
N・K	走行不能	—	11.7	59.8	25.6

Table3. 動作速度

単位 m/sec

動作速度						
測定項目 被検者	膝振り上げ			膝振り下ろし		
	右	左	合計値	右	左	合計値
Y・I	3.46	3.00	6.46	3.53	4.11	7.64
K・K	3.26	2.41	5.67	3.82	3.65	7.47
M・Y	3.39	3.11	6.50	2.80	2.96	5.76
H・Y	2.01	1.50	3.51	2.50	2.62	5.12
Y・H	1.98	1.91	3.89	2.12	2.09	4.21
S・O	1.40	1.49	2.89	1.68	0.99	2.67
N・K	—	—	—	—	—	—

Table4. 等速性筋力 (膝関節)

単位 N・m/kg

伸 展						
測定項目 被検者	60°/sec			180°/sec		
	右	左	合計値	右	左	合計値
Y・I	3.10	2.48	5.58	1.85	1.54	3.39
K・K	3.47	2.03	5.50	2.10	1.50	3.60
M・Y	2.74	2.21	4.95	1.75	1.59	3.34
H・Y	1.43	1.11	2.54	0.96	0.77	1.73
Y・H	2.02	2.09	4.11	1.36	1.54	2.90
S・O	0.98	0.99	1.97	0.80	0.60	1.40
N・K	0.69	0.62	1.31	0.39	0.49	0.88

屈 曲						
測定項目 被検者	60°/sec			180°/sec		
	右	左	合計値	右	左	合計値
Y・I	1.64	1.55	3.19	1.14	1.01	2.15
K・K	1.55	1.13	2.68	1.19	1.02	2.21
M・Y	1.35	1.12	2.47	0.88	0.58	1.46
H・Y	0.44	0.13	0.57	0.33	0.19	0.52
Y・H	0.68	0.43	1.11	0.40	0.35	0.75
S・O	0.17	0.18	0.35	0.10	0.19	0.29
N・K	0.12	0.11	0.23	0.13	0.10	0.23

Table5. 膝関節筋力屈伸比

	Y・I	K・K	M・A	M・Y	Y・H	S・O	N・K
60° /sec右	53.0	44.7	44.5	49.3	33.5	17.3	17.9
60° /sec左	62.3	55.4	46.5	50.5	20.6	18.1	18.1
180°/sec右	61.7	56.7	45.8	50.4	29.6	29.6	34.2
180°/sec左	65.5	68.3	54.8	36.4	22.9	22.9	20.9

Table6. 等速性筋力 (股関節)

単位 N・m/kg

伸 展						
測定項目 被検者	180°/sec			300°/sec		
	右	左	合計値	右	左	合計値
Y・I	3.12	2.94	6.06	2.98	2.58	5.56
K・K	2.80	2.93	5.73	2.49	2.06	4.55
M・Y	2.23	2.14	4.37	1.40	1.52	2.92
H・Y	0.39	0.21	0.60	—	—	—
Y・H	1.28	1.87	3.15	1.07	1.79	2.86
S・O	0.39	0.48	0.87	0.23	0.22	0.45
N・K	—	0.48	—	—	—	—

単位 N・m/kg

屈 曲						
測定項目 被検者	180°/sec			300°/sec		
	右	左	合計値	右	左	合計値
Y・I	1.67	1.64	3.31	1.35	1.30	2.65
K・K	2.21	1.86	4.07	1.89	1.56	3.45
M・Y	1.77	1.57	3.34	1.27	1.22	2.49
H・Y	0.77	1.01	1.78	—	—	—
Y・H	1.10	1.15	2.25	0.70	0.85	1.55
S・O	0.74	0.78	1.52	—	—	—
N・K	—	—	—	—	—	—

Table7. 競技記録

単位 sec

測定日	02.12.27	03.3.19	03.6.26	03.7.16	03.9.30	03.11.20	04.12.18	04.1.17
100m	17.2	15.6	14.8	—	14.3	14.15	13.69	13.73
200m	37.6	34.70	31.60	—	30.98	31.56	29.39	29.53
400m	87.5	80.50	75.90	—	76.23	74.28	73.65	75.50
測定日	04.2.18	04.3.19						
100m	13.65	14.28						
200m	29.59	29.72						
400m	76.14	80.50						

Table8. 体脂肪率・ミドルパワー・大腰筋・大腿部・下腿部断面積

単位 体脂肪率：% ミドルパワー：体重割値 w/kg 断面積：cm²

項目 \ 測定日	02.12.27	03. 3.19	03. 6.26	03.7.16	03.9.30	03.11.20	03.12.18	04. 1.17
体脂肪率	17.14	15.62	13.44	15.38	17.95	20.71	15.85	14.97
ミドルパワー	6.65	7.27	7.37	6.62	7.51	—	7.98	8.03
大腰筋断面積右	15.8	17.6	17.0	17.0	17.9	17.8	17.6	17.5
大腰筋断面積左	15.8	17.6	17.0	17.0	17.9	18.2	18.0	17.9
大腿部50%右	188.9	183.3	181.2	184.2	186.3	201.2	195.0	200.8
大腿部50%左	198.6	192.7	186.5	192.0	206.2	214.4	208.2	210.6
下腿部70%右	99.6	95.2	96.4	97.3	102.5	103.0	101.4	103.4
下腿部70%左	102.6	100.1	100.8	101.4	106.3	107.6	105.5	108.3

項目 \ 測定日	04.2.18	04. 3.19
体脂肪率	16.74	13.42
ミドルパワー	10.45	10.18
大腰筋断面積右	16.6	16.7
大腰筋断面積左	16.9	17.1
大腿部50%右	139.7	139.8
大腿部50%左	148.1	146.8
下腿部70%右	94.2	99.8
下腿部70%左	99.3	105.9

Table9. 動作速度

単位m/sec

項目 \ 測定日	02.12.27	03. 3.19	03. 6.26	03.7.16	03. 9.30	03.11.20	03.12.18	04. 1.17
振り上げ 右	3.08	3.15	2.71	2.97	3.24	3.00	3.16	3.46
振り上げ 左	2.72	3.04	2.98	2.83	3.17	3.05	2.91	3.00
振り下ろし右	3.28	3.57	3.99	3.49	3.89	3.53	3.42	3.53
振り下ろし左	3.49	3.82	4.24	3.98	4.26	4.07	3.91	4.11

項目 \ 測定日	04.2.18	04. 3.19
振り上げ 右	3.90	3.72
振り上げ 左	3.36	3.08
振り下ろし右	3.95	3.66
振り下ろし左	4.31	4.44

Table10. 等速性筋力（膝関節）体重割値

項目	測定日	体重割値 単位N・m/kg							
		02.12.27	03. 3.19	03.6.26	03.7.16	03.9.30	03.11.20	03.12.18	04. 1.17
伸展右60° /sec		2.42	2.85	2.38	2.64	2.75	2.39	2.69	3.10
伸展左60° /sec		2.41	2.66	2.20	2.35	2.20	1.92	2.07	2.48
伸展右180° /sec		1.72	1.85	1.68	1.74	1.57	1.61	1.72	1.85
伸展左180° /sec		1.85	1.99	1.64	1.81	1.56	1.41	1.37	1.54
伸展右300° /sec		1.33	1.59	1.48	1.43	1.54	1.48	1.52	1.81
伸展左300° /sec		1.43	1.63	1.48	1.56	1.50	1.12	1.21	1.49
屈曲右60° /sec		1.30	1.59	1.34	1.45	1.52	1.28	1.37	1.64
屈曲左60° /sec		1.42	1.49	1.29	1.54	1.62	1.25	1.50	1.55
屈曲右180° /sec		0.87	1.26	1.17	1.03	1.17	1.15	0.96	1.14
屈曲左180° /sec		0.93	1.04	0.89	1.00	1.23	0.86	1.10	1.01
屈曲右300° /sec		0.89	1.14	1.00	0.91	1.08	1.02	0.80	1.22
屈曲左300° /sec		0.75	1.01	0.87	0.89	1.11	0.92	1.06	1.14

項目	測定日	04.218		04.3.19	
伸展右60° /sec		2.96	3.02		
伸展左60° /sec		2.48	2.36		
伸展右180° /sec		1.95	1.66		
伸展左180° /sec		1.60	1.86		
伸展右300° /sec		1.61	1.71		
伸展左300° /sec		1.64	1.74		
屈曲右60° /sec		1.44	1.36		
屈曲左60° /sec		1.65	1.59		
屈曲右180° /sec		0.97	1.20		
屈曲左180° /sec		0.84	1.38		
屈曲右300° /sec		1.23	1.16		
屈曲左300° /sec		1.05	1.26		

Table11. 等速性筋力（股関節）体重割値

単位N・m/kg

項目 \ 測定日	02.12.27	03.3.19	03.6.26	03.7.16	03.9.30	03.11.20	03.12.18	04.1.17
伸展右180°/sec	2.93	3.29	3.19	2.98	3.12	2.62	3.22	3.12
伸展左180°/sec	2.49	3.37	2.61	2.29	3.18	2.38	2.85	2.94
伸展右300°/sec	2.50	2.86	2.65	2.59	2.77	2.19	2.75	2.98
伸展左300°/sec	1.72	2.44	1.75	2.63	2.56	1.56	2.30	2.51
屈曲右180°/sec	1.41	1.57	1.59	1.42	1.59	1.33	1.73	1.67
屈曲左180°/sec	1.61	1.55	1.70	1.27	1.61	1.27	1.76	1.64
屈曲右300°/sec	1.17	1.47	1.17	1.31	1.32	1.05	1.44	1.35
屈曲左300°/sec	1.05	1.21	1.14	1.08	1.36	1.17	1.62	1.30

項目 \ 測定日	04.2.18	04.3.19
伸展右180°/sec	3.36	2.59
伸展左180°/sec	3.40	2.55
伸展右300°/sec	3.01	2.07
伸展左300°/sec	2.61	1.87
屈曲右180°/sec	1.64	1.45
屈曲左180°/sec	1.80	1.68
屈曲右300°/sec	1.28	1.27
屈曲左300°/sec	1.42	1.16

Table12. 大腰筋断面積と身長積と膝関節屈曲筋力と股関節伸展筋力の相関図

	大腿四頭筋断面積	大腿四頭筋断面積×身長	大腰筋断面積	大腰筋断面積×身長
膝関節伸展筋力	0.82	0.85	0.72	0.76
股関節屈曲筋力	0.72	0.76	0.72	0.76
股関節屈曲速度	0.59	0.62	0.59	0.63

Table13. 大腿四頭筋の筋断面積と膝伸展力 (角速度180° /sec)

	大腿四頭筋 右				大腿四頭筋 左			
	断面積	実測値	推定値	実/推比	断面積	実測値	推定値	実/推比
Y・I	71.9	122	126	0.96	75.2	101	140	0.72
K・K	70.3	125	125	1.00	49.6	89	90	0.98
M・Y	51.3	88	97	0.91	49.6	80	85	0.94
H・Y	51.7	49	98	0.50	55.5	40	95	0.42
Y・H	40.7	62	80	0.78	42.6	70	70	1.00
S・O	43.2	49	90	0.54	42.4	37	89	0.42
N・K	31.5	23	60	0.38	27.3	28	50	0.56

Table14. ハムストリングスの筋断面積と膝屈曲力 (角速度180° /sec)

	ハムストリングス 右				ハムストリングス 左			
	断面積	実測値	推定値	実/推比	断面積	実測値	推定値	実/推比
Y・I	36.17	75	80	0.94	37.57	66	81	0.83
K・K	27.52	71	63	1.12	23.13	61	59	1.03
M・Y	21.97	45	55	0.82	21.65	29	54	0.54
H・Y	21.4	17	54	0.31	25.3	10	66	0.15
Y・H	14.53	18	40	0.45	14.05	16	39	0.41
S・O	12.72	6	35	0.17	12.25	11	33	0.33
N・K	1.58	8	15	0.53	5.10	6	20	0.30