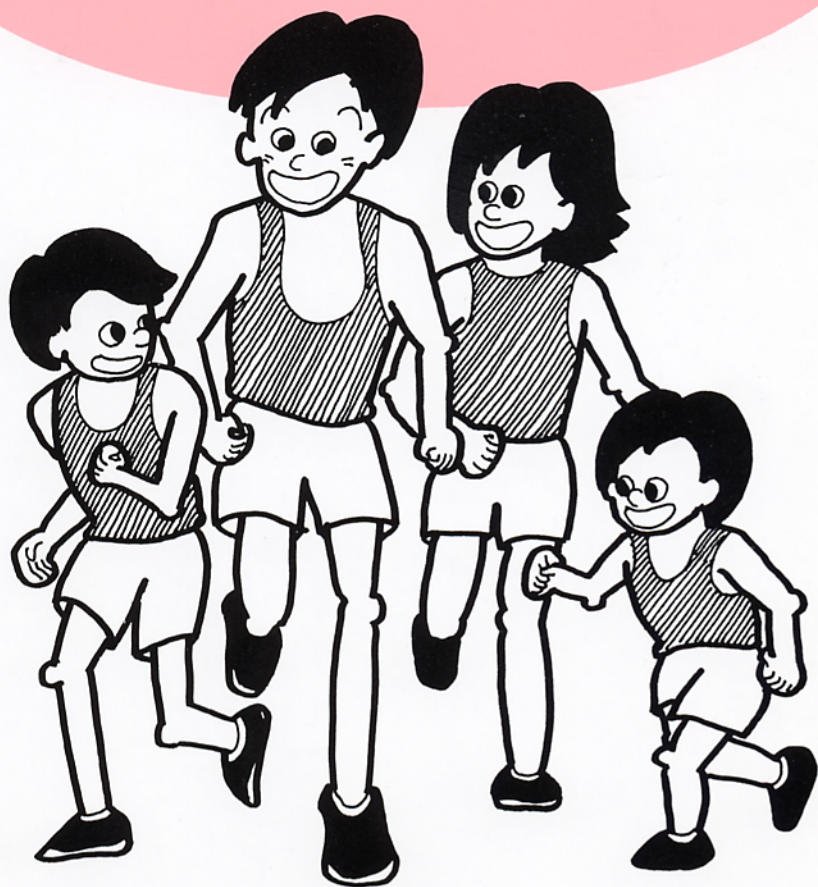


Guide Book
ジュニア期の
体カトレーニング



はじめに

浅見俊雄

この「ガイドブック」は、(財)日本体育協会スポーツ科学専門委員会のプロジェクト研究として1992年から1995年までの4年間継続して実施された「ジュニア期の体カトレーニングに関する研究」が終了した時点で、科学研究の報告書とは別に、主としてジュニア期のスポーツ指導に携わっている指導者の方々にこの研究の成果を知っていただくことを目的として書いたものです。このプロジェクトに関わった研究者の多くは、スポーツマンでもありますし、スポーツに深く関わっている人達でもありますので、この研究から得られた考え方と、日頃から考えていることとを合わせて、指導者の方々へのアドバイスというか、ジュニア期の指導に当たってはぜひこうしたことを考えていただきたいという願いも書いたものです。

世界で活躍できるような競技者を育てるには、ジュニア期からのトレーニングが重要であることはいうまでもありません。事実世界のトップレベルの競技者は、いずれも10年以上の本格的なトレーニングを経た後に誕生しています。種目によってトップの年齢は異なっていますが、多くの種目で男子では20歳前後で世界レベルに達して、25歳前後で頂点に立つものが多いですし、女子ではそれより2～3年は早いという傾向が見られます。女子の体操や水泳はさらに若年化しているといつてよいでしょう。その年齢よりも10年前というと、10歳前後ということになります。小学校の高学年あるいは中学校段階から本格的なトレーニングが必要だということです。

日本でもスポーツ少年団を中心にいろいろな種目で小学校期からスポーツに取り組む少年少女が増えています。その中にはこの時期から本格的なトレーニングの行われているところからもかなり見受けられます。そしてさらに

中学、高校とそのトレーニングは続けられていきます。日本では学校の部活動がスポーツをする場の中心となっていることから、小学校、中学、高校と進学とともに所属も指導者も指導方針も変わっていくのが普通で、しかもそれぞれの段階で全国的な大会が開かれていることから、その時その時で勝利を意識した練習が行われる傾向も少なからず見うけられます。

そうなると量的にも質的にも激しすぎる練習が行われたり、発育発達途上にある身体や心にはふさわしくない練習が行われたりすることになります。こうした結果、その時は勝てる選手やチームが作れても、世界と競い合う年齢に達したときには並みのレベルになってしまっていたり、やりすぎから来る身体の障害になやまされたり、燃えつき症候群でスポーツから離れてしまったりするケースも見られます。

そうした勝利至上主義には陥らずに、選手の将来を見つめて大きく育てようとしている指導者も沢山いますが、それぞれの発育発達段階に応じて、どんな内容の練習をどの程度したらよいのかということになると、経験的にも科学的にもまだこうするのがよいという答がはっきりでないのが現状です。特に体力的なトレーニングをどの段階でどの程度やればよいのかを理論的に明らかにすることは大変難しい問題です。それでもスポーツの現場では、今の時点で一番よさそうだということをやっつけていかなければなりません。

この研究は、そうしたことに少しでも答を出したいということで始められたものです。世界を目指してジュニア期からトレーニングをしている現場でどんなトレーニングが行われているのか、その結果どんな変化が身体に起きているのかを4年間にわたって追跡することによって、そのことに対する答を見いだしたいという目的で行われたのがこの研究です。

対象とした種目は陸上競技(短距離、中・長距離、跳躍、投擲)、テニス、重量挙げ、スピードスケート、体操、新体操の6種目で、発育発達期(種目によって小学校後期、中学校期または高校期)から本格的にトレーニングをしていて、しかも日本のトップレベルにいる選手を対象として、1992年から19

95年までの4年間、体格、体力、運動能力を毎年測定して、競技力の競技力の伸びと合わせて分析しました。

測定した項目は下記のとおりですが、骨年齢、心エコー、MRIなどの普通の体格、体力の測定では測れないような最新の技術を使った測定も含めて、かなり突っ込んだ測定をしています。

形態

長育項目 身長、座高、上肢長、転子点高など

幅育・量育項目 体重、胸囲、前腕囲、大腿囲、肩峰幅など

骨年齢 手掌のX線撮影による

心形態 心エコーによる

筋形態と筋特性 NMRによる

筋厚と皮脂厚 超音波による

筋パワー 単関節動作と複合関節動作

有酸素性能力 最大酸素摂取量

無酸素性能力 自転車エルゴメーターによる

基礎的運動能力 フィールドテストによる

このガイドブックでは、一つはそれぞれの測定項目を担当した研究者がその項目の測定結果からいえることを、もう一つはそれぞれの競技種目のトータルな測定結果からいえることのうち、それぞれで特に重要と思われることを書いてもらっています。さらに研究者たちによる座談会を持って、研究成果と関係づけながらも、各自の立場から自由にジュニア期のトレーニングのあり方について語ってもらいました。

残念ながらこの研究によっても、ジュニア期の体力トレーニングについてこれが絶対的に正しいやり方である、こういう考えでやらなければ成らないという答がえられるところまではいっていません。しかし、こうあるべきであろうという方向性はいろいろなところで語られています。特に共通的に

重要なこととして挙げられているのは、個々の競技者の発育発達段階に合わせてトレーニング内容を考えるべきであるということです。しかもその発育段階は、暦年齢ではなく、生物学的な習熟度で見るとべきであり、それには骨年齢が最もよい指標となりますが、身長が発育速度からもそれを知ることができるということが明らかにされています。

どの時期にどの程度の体力トレーニングをすべきなのかについても、明確な答えは出されていませんが、身長が急速に伸び出す時期までは、動きづくりの中でオールラウンドな体力づくりを考えればよく、身長が急速に伸び出す時期からスタミナ作りを、身長の伸びがほぼ止まった時期から筋のパワーづくりを本格的に取り入れていくというこれまでいわれていたことが、この研究からも多くのところで確かめられているといつてよいでしょう。また、体操で述べられている「ベリーースカ姿勢」の重要性は、それぞれのスポーツでの基本となる正しい姿勢、フォームづくりをジュニア期の重要な課題としなければいけないことを示唆しているといえることができます。

ジュニア期のトレーニングでは、ややもするとその時点で体力レベルが高いゆえに競技能力も優れている子供に焦点があわされてがちですが、そうした早熟型のみではなく、晩熟型も将来の競技力に高い可能性を持っていることも十分留意して、そうした可能性を伸ばしてやることも重要でしょう。

いずれにせよ、ジュニア期のスポーツのあり方は、将来のトップレベルの国際競技力の向上にとっても、生活に密着したスポーツの幅広い実践にとっても、きわめて重要な時期であることは明白です。この時期のスポーツに関わっている多くの指導者にこのガイドブックを読んでいただいて、それぞれにこの時期のトレーニングのあり方や内容を考え、よりよい指導を実践していただきたいことを、研究者を代表して心からお願い申し上げます。

目次

I ジュニア期の発育・発達

- 1 発育・発達特性を知る 7
- 2 身長を測る意味 12
- 3 心臓の発育 17
- 4 筋肉特性の変化 23
- 5 筋厚及び皮下脂肪厚分布パターンとトレーニング 28
- 6 パワー発揮能力の経年変化 35
- 7 持久力の変化 42
- 8 発育期における運動能力のトレーニング 47

II 種目別トレーニングの実際

- 1 陸上・短距離 56
- 2 陸上・跳躍 70
- 3 陸上・長距離 75
- 4 ウエイトリフティング 83
- 5 テニス 93
- 6 スピードスケート 103
- 7 新体操 117
- 8 体操 129

III 座談会（ジュニア選手を育てるには）..... 139

I-1 発育・発達特性を知る

大槻文夫（東京都立大学）

1 身体の状態について

発育期にあるスポーツ競技者の身体形態や体力、運動能力は、個々の競技者の生物学的成熟度と関連して捉えることが必要です。単に身長が高い、体重が重いというような数字を暦年齢に基づいた平均値と比較する、これまでの一般的な方法だけを頼りにするのは十分とはいえません。

それではどのような物差しで成熟度を判断すればよいのでしょうか。普通、われわれが成熟度を知るときの物差しにしてきたのは暦年齢です。しかし、同じ年齢の仲間を比べてみても身長や体重は様々です。身体の状態や機能には個人差があり、人それぞれで成人の身体に到達するまでの時間も違えば、現在その道程のどの辺りにたどりついているのかも違います。このように発育段階には個人差があるわけです。

その発育段階を知るよりどころとなる物差しが、生物学的年齢 (Biological Age) あるいは発達年齢 (Developmental Age) と呼ばれているものです。この生物学的年齢には骨年齢、歯牙年齢、形態学的年齢、あるいは二次性徴年齢などがあげられます。このガイドブックの次の項で扱われている身長がもっとも伸びる年齢 (Peak Height Velocity Age, PHVA) を物差しにする方法も生物学的年齢の一つと考えられます。

いまここにあげたいいくつかの生物学的年齢を手がかりにするには、それぞれに一長一短があるものの、そのなかでは骨年齢が世界的に広く用いられています。子どもの身長などの発育異常を診断する際の小児科の臨床では勿論

のこと、スポーツ界でもタレントの発掘などを目的とする際に欠かせない情報の一つとして扱われており、旧共産圏をはじめとする欧米諸国で採用されているのが現状です。そのような必要から用いられているのが骨年齢です。

骨年齢を評定するためには、まず手と手首の骨の X 線写真を撮影しなければなりません。それに、現在のところ評定には相当の経験をつんだ者しかあたれないというのが難点ですが、「青少年の体力に関する日中共同研究」以来、わが国でも骨年齢を評価し、身体形態や運動能力との関連について研究が進められました。

スポーツ界で骨年齢を評定する意味の一つは個々の最終身長あるいは成人身長を予測することです。また、暦年齢ではなく骨年齢によって生物学的な成熟段階を押さえておきたいからです。発育が促進していれば、一般に運動能力は高く、遅延していれば低いわけです。つまり、現在の競技成績を評価する時に、それが発育段階に見合ったものかどうかということです。

2 骨年齢別の身体計測値を基準にして比較する

スピードスケートの男子長距離選手 2 人の形態項目を 3 年間にわたってプロットしたのが図 1 と 2 です。図 1 (ID No. 171108) は骨年齢が暦年齢より 1.56 歳遅れている例であり、図 2 (ID No. 171113) は骨年齢が成人に達している例です。前者は骨年齢は遅れているが、身長や坐高、下肢長(転子点高)などは正の方向に、つまり +1 ~ 2 SD 離れた位置にあります。後者は骨年齢が成人に達しているにもかかわらず、長育・幅育とも平均値より負の方向にかたよっています。両者ともに上肢の周径は平均に近いが、下肢の大腿囲も同様であり、下腿囲にいたっては 1 SD ほど負の位置にずれています。長距離の種目を主とするとはいえ、下肢をパワーアップするためのトレーニングの余地が残されているといえるでしょう。

この 2 例とは違い短距離を主とする選手についてみたのが、図 3 (ID No. 171110) です。これは男子の選手ですが、体重等の量育で正の方へ 1 SD

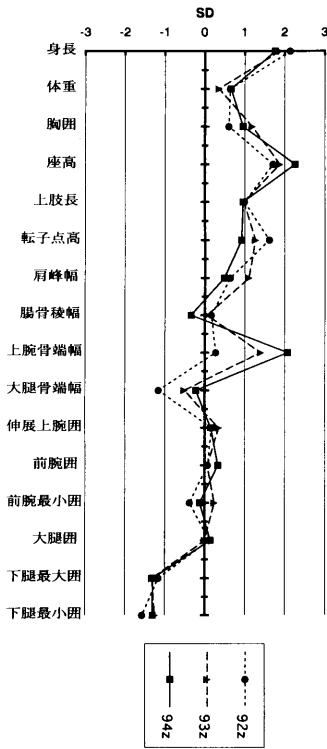


図 1. 骨年齢別の形態項目平均値を基線にとり、ID No. 171108をプロットしたもの。男子長距離

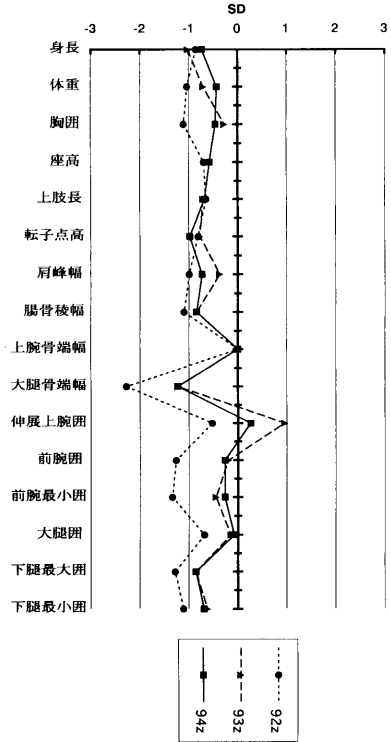


図 2. 骨年齢別の形態項目平均値を基線にとり、ID No. 171113をプロットしたもの。男子長距離

ほどずれており、特に上・下肢の周径はほとんどの項目で+1SD、伸展上腕囲では+2SDをこえています。短距離という種目の特性だけでなく、上腕骨端幅・大腿骨端幅の値から推定すると、上・下肢ともに相当トレーニングを積んでいる様子が伺えます。

図 4 (ID No. 271108) は女子の長距離選手で骨年齢は成人に達している例ですが、前例と同じく(図 3)上・下肢の周径は相当に大きく+1~3SDへだたったところに位置しており、1年毎の変化(特に大腿囲に注目)がきわだっています。

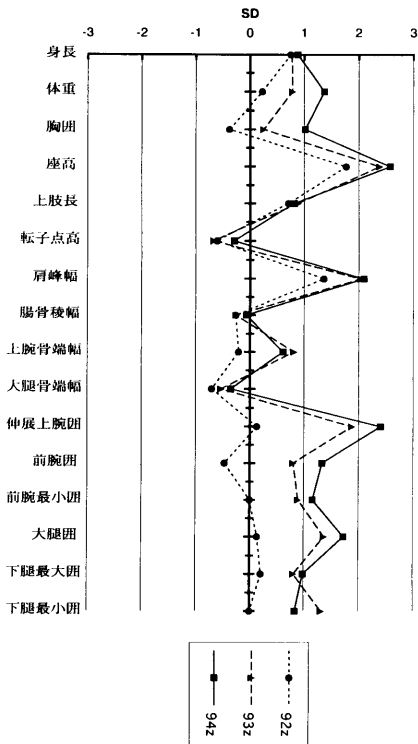


図3. 骨年齢別の形態項目平均値を基線にとり、ID No. 181110をプロットしたもの。男子短距離

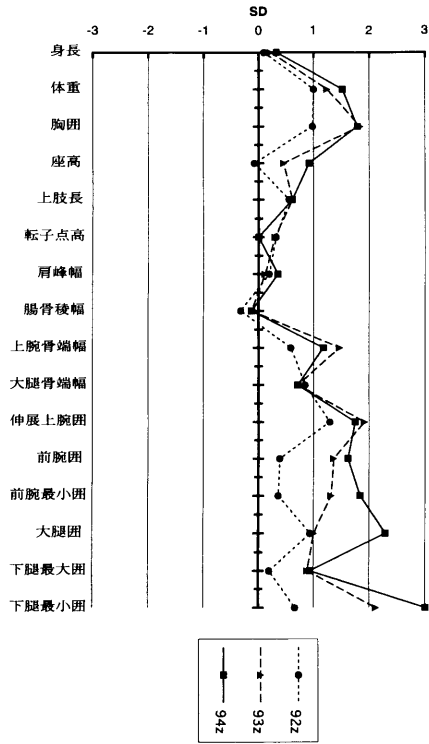


図4. 骨年齢別の形態項目平均値を基線にとり、ID No. 271108をプロットしたもの。女子長距離

ここでは骨年齢別の形態項目の値を基線にとって個々の値を検討する方法について例示しましたが、同様に体脂肪率や身長／体重自乗指数などをプロットすれば運動効率との関わりで形態項目を分析することも可能です。なお、骨年齢別の形態項目・機能項目の平均値、SD（標準偏差）は「青少年の体力に関する日中共同研究—第1報—」（1986）に掲載されているので参照して下さい。

ついでに、骨年齢（生物学的年齢）と競技成績の関係に若干ふれておきます。一般に主としてパワーの発揮を必要とする種目は骨年齢が促進した者、

またスタミナを要する種目等は骨年齢が遅延している者が優れていることはこれまでに報告されています。骨年齢の促進した者が、最終的に優れた競技成績を残すか否かはさておき、発育の特性を考慮して種目の選択等に生かすことが大事です。

発育学の古典的な名著である J.M.Tanner の Growth at Adolescence 「青年期の発育」にも発育の遅い女子は身長割に下肢が長く、相対的に腰幅が狭く、一般にすらりとした体格で、身長に対して体重は小さく早熟な者よりも体脂肪は少ないとの記述がすでにあります。

発育の早い子ども、そして遅い子どもの特徴を知って今後の指導に当たることが必要と思われます。

I-2 身長を測る意味

松岡尚史（東京女子医科大学附属第2病院小児科）

村田光範（東京女子医科大学附属第2病院小児科）

1 成長とスポーツ

こどもが本格的にスポーツをするようになる思春期は、成長発達の個人差が大きいのが特徴です。小学校高学年や中学生のとき、スポーツの成績がよい理由として、生理的に年齢が進んでいる場合などがあります。いわゆる早熟なこどもほど性発達も進んでおり、筋骨格系の発達もよいことが予想され、スポーツの成績がよいのは当然といえます。しかし、その後のスポーツの成績の伸びについては、多くが期待できないと思われ、各選手個人の成長発達段階の配慮を怠ると選手生命を縮めることにもなりかねません。

2 身長測定で何がわかるのか

各個人の成長発達段階もしくは思春期発来（二次性徴）の時期を知るには、陰毛の発生、睪丸、陰茎、乳房などの経時的な成熟過程を追跡調査する方法や手部のX線撮影を行い骨年齢を調べる方法があります。しかし、これらの方法を各選手に実施していくのはわが国の現状では困難です。そこで実施可能な方法としては、身長測定値の解析があります。幸いにもわが国では、学校保健法により小学校1年生から高校3年生まで最低、年1回は身長、体重の測定をしています。その各個人の身長データを経時的に結ぶことで成長曲線が作成できます。さらに、成長曲線から単位期間、たとえば1年間の増加量を年齢とともにプロットすることで成長速度曲線ができます。実際にはパソコンに各身長測定値を入力することで成長曲線、成長速度曲線を作ること

ができます。

3 成長速度曲線のパターンによる成長期の区分

図1は成長速度曲線の模式図ですが、ここでは思春期の身長成長促進現象の始まった年齢 (take off age, TOA) 以前を第1期 (phase I) としています。さらに、その開始から身長最大発育年齢 (peak height age, PHA) までが第2期 (phase II) です。思春期の終わりは身長増加が年間1 cm 未満となった時点 (final height age, FHA) とするのですが、さきほどの最大発育年齢からここまでを第3期 (phase III)、身長増加がほとんどなくなったこの時点以降を第4期 (phase IV) としています。表1には首都圏小児の平均が提示されていますが、男子では10.38歳で思春期に入り、12.89歳時点で身長増加が最も著しく、16.91歳で最終身長に到達しています。女子でも同様に8.34歳で思春期に入り、11.04歳で最大身長増加、15.46歳で最終身長となっています。

図2は「ジュニア期の体力トレーニングに関する研究」で対象となった陸

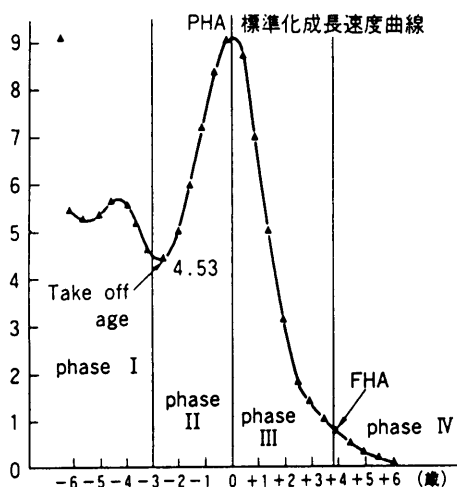


図1 身長成長速度のパターンによる成長期の区分

表1 身長速度曲線各指標の説明および
首都圏小児の男女別平均値，標準偏差

phase I take off age (思春期スパートの立ち上がり年齢) まで
 phase II take off age からPHA (身長最大発育量年齢) まで
 phase III :PHAからFHA (最終身長時年齢) まで
 phase IV :FHA以降

首都圏日本人小児のTOA・PHAおよびFHA (村田)

性別	例数	TOA*	PHA*	FHA*
男	120	10.38 ± 1.20	12.89 ± 0.88	16.91 ± 0.77
女	120	8.34 ± 1.15	11.04 ± 1.12	15.46 ± 1.05

* 数字は平均値 ± SD (歳)

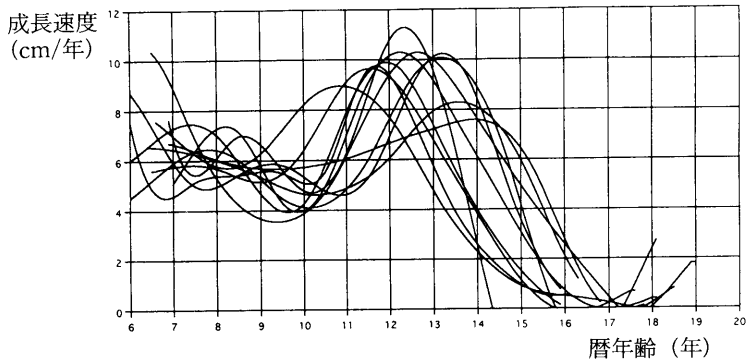


図2 陸上男子の各個人の身長測定値から作成した各身長成長速度曲線

上男子における暦年齢からみた身長成長速度曲線の実例ですが、TOA、PHA、FHA のいずれも、各例でかなりの個人差があることがわかります。たとえば12歳男子2名がいて、一方が phase II にあり、他方がすでに phase IV にいるとすれば各種のスポーツを行う上で後者の方が優位であると予想できます。逆に同じ運動能力の小児が2名いるとします。その一方が phase II で、他方がすでに phase IV にいるとすれば、前者の方が後者と比べてこれからも記録を伸ばす可能性があるということです。これらの個人差を考慮せずに単に暦年齢を基準にスポーツを指導すると、運動能力

表2 男女別種目別の立ち上がり年齢（TOA）、
最大身長速度年齢（PHA）平均値、標準偏差

種目	N	TOA		PHA		
		MEAN	SD	MEAN	SD	
男子						
スケート	11	10.30	0.90	12.69	0.86	
テニス	6	9.34	0.92	10.95	0.82	**
ウエイト	3	9.15	1.16	11.79	1.14	*
短距離	7	8.38	0.34	10.71	0.59	**
長距離	7	9.70	1.07	11.70	0.28	**
陸上	11	9.78	0.74	12.48	0.93	
女子						
長距離	5	8.52	1.05	11.12	0.39	
新体操	2	9.96	1.12	12.36	1.69	
体操	3	8.98	0.98	10.42	0.53	
テニス	4	7.94	0.37	10.21	1.05	
スケート	9	8.90	0.85	11.71	0.75	

* : P<0.05

** : P<0.01

の差が個人的なものではなく、成長段階の差であることを見落とすことになってしまいます。

表2は、今回の研究で対象となった各個人のTOA、PHAの種目別平均値、標準偏差です。それを先程の首都圏小児との比較を行い有意差を示しました。男子のTOAでは6種目中2種目、すなわちテニス、短距離の選手において、首都圏男子と比較して早熟化傾向が認められました。同じく、男子のPHAでは6種目中4種目、すなわちテニス、短距離、長距離、ウエイトリフティングの選手において、首都圏男子と比較して早熟化傾向を認めました。一方、女子ではどの種目でもTOA、PHAともに首都圏女子と比較して有意差は認めませんでした。今回の対象は多数のため、種目別の平均値を示しましたが、同じ種目でも早熟傾向の子とその反対の子がいるため、実際の指導では個人別に身長を検討する必要があります。

4 健康とスポーツ

身長の成長速度曲線にみられるTOA以降の大きな山は、思春期成長促

進現象とよばれていますが、この現象がみられる大きな引き金は性ホルモンの分泌が本格的になることです。健康を維持増進させるスポーツは、各種栄養素の代謝を円滑化しそれを改善します。しかし、大人と小児ではいかなる種類の運動をどのような時間と強度でおこなうかには、当然、大きな違いがあります。さらに成長の過程にある小児では、成長の各段階で必要な運動量に差があります。つまり、身長測定値の評価は、スポーツによる各個人の健康管理の第1歩となるのです。

I-3 心臓の発育

加賀谷淳子（日本女子体育大学）

心臓の働きと心エコー図

心臓は、身体各部位・各組織へ動脈血を送るポンプの役割をしています。そのためには、心臓へ還流してくる静脈血を受け入れて、肺循環系内で動脈血化します。従って、血液を受け入れる心臓内容積が大きくなると共に、それを拍出するためには心筋の拍出力の大きいことが重要になります。運動時にはこれらが変化すると同時に、拍出の回数（心拍数）も増えて、心臓から送り出す血液の量（心拍出量）が増加します。

心臓の形態的变化は心機能と密接な関係にあります。心エコー図は心形態の変化を体表面から捉える手段として多く用いられています。図1は、体表面においたトランスデューサーから超音波を発信して、そのエコーを輝度

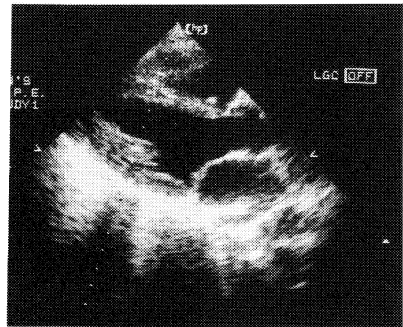
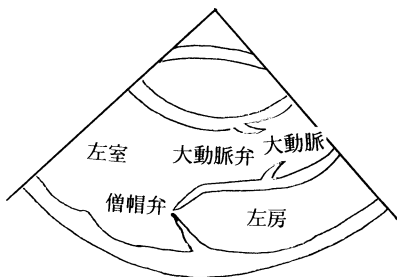


図1 心エコーによる心臓断層図

（左心房、左心室、大動脈等を見ることが出来る。僧帽弁は閉じ、大動脈弁が開いているところである。）

(brightness) に変換して断層図 (B モード法) として表したものです。模式図に示したように、この図は心臓を長軸方向に切った断面図であり、左房から僧房弁を経て左室に入った血液は大動脈弁を通過して大動脈内に拍出されます。この図から、各部位の大きさを計測することができますが、運動との関連で特に重要なのは左室の形態です。左室容量と関係の深い左室の内径や左室の拍出力を規定する心筋の厚さ、特に左室の後壁と心室中隔の厚さの計測がよく行われます。しかし、心臓は常に動いており、心形態も刻々変化しているので、心臓の拍動の1周期のどの時点で計測したかを知る必要があります。図2はM (motion) モード法といわれる撮影の仕方であり、心臓のある位置の動きを時系列に沿って記録したものです。このように右室、左室、心室中隔等の壁や弁の動きを記録できるので、心室内径を、心室が最大に拡張した時点 (左室拡張末期内径)、最も収縮した時点 (左室収縮末期内径) というように心周期の時相をあわせて計測をすることができます。さらに、ドップラー法と呼ばれる方法では大動脈の流出路において血液の流速を測定することができ、これに断層法で計測した流出口の口径から断面積を求めて乗ずれば心拍出量を求めることも可能です。

発育に伴う心臓の形態的变化

心臓の左室内径は暦年齢が進むと大きくなり (図3)、左室容量が男子で

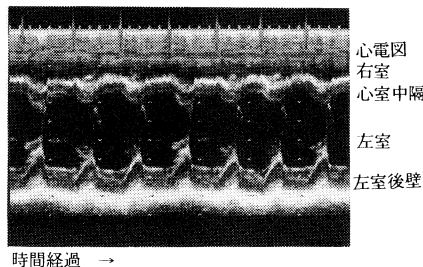


図2 Mモード法による心形態の時間的变化の記録。

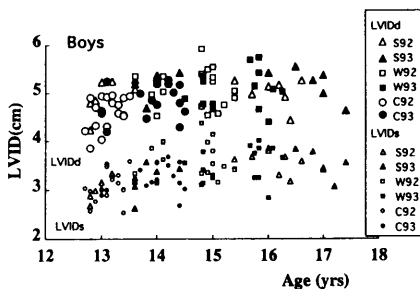


図3 左室内径の年齢変化

上は左室拡張末期内径 (LVIDd)、下は左室収縮末期内径 (LVIDs)。

対象は男子ジュニアスケート選手 (S)、ウエイトリフティング選手 (W)、対照群 (C)。

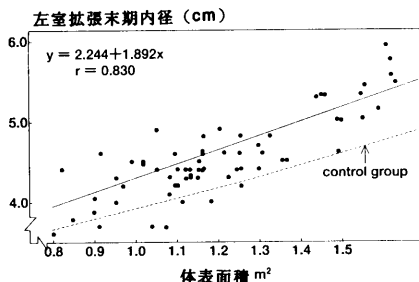


図4 左室拡張末期内径と体表面積との関係

水泳トレーニングに参加している子どもとコントロール群の比較 (Medved ら1986)

は14,5歳まで増加することがわかります。その変化の仕方を形態との関係で調べてみると、左室重量と体重との間、左室内径と身長との間には密接な関係がみられ、発育による体格の発達にあわせて、心臓も大きくなることが示されています¹⁾。また、図4は左室拡張末期内径と体表面積(身長と体重で決まる)との関係を水泳をしている子どもと一般の子どもについて示したものです³⁾。両群とも、両パラメータの間に直線関係が認められ、発育に伴って体格が大きくなるに従って左室拡張末期内径が大きくなることを示しています。しかし、同じ体表面積で比較すると一般の子どもよりも水泳

をしている子どもの方が大きいことがわかります。左室内径は左室が収縮したとき最小になり、拡張したとき最大になります。左室の拡張末期内径、すなわち左室の最大内径は左室が拡張したときどのくらい多くの血液を受け入れることができるかを示すものです。従って図5のように、左室拡張末期内径が大きい人ほど最大酸素摂取量が大きい結果になります¹⁾。

そこで、継続的なスポーツによって心形態がどのように変化するかみると図6ようになります²⁾。これはウエイトリフティング、スピードスケート、テニスの男子ジュニア選手と対照群の男子を3-4年追跡測定して、左心室の後壁厚と左室拡張末期内径がどのような関係を保って変化したかを見たものです。スケート選手は内径が大きくなっているのに比して、ウエイトリフティングの選手は内径の変化は少ないのに対して、左室後壁厚が大きな変化を示しています²⁾。すなわち、持久的なトレーニングでは拡張期の心室内径が大きくなって、多くの血液を拍出するのに有利な心臓になるのに対して、

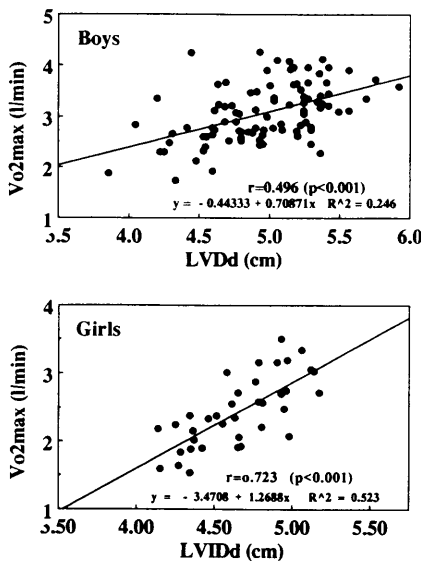


図5 左室拡張末期内径と最大酸素摂取量との関係(対象はジュニアスポーツ選手)

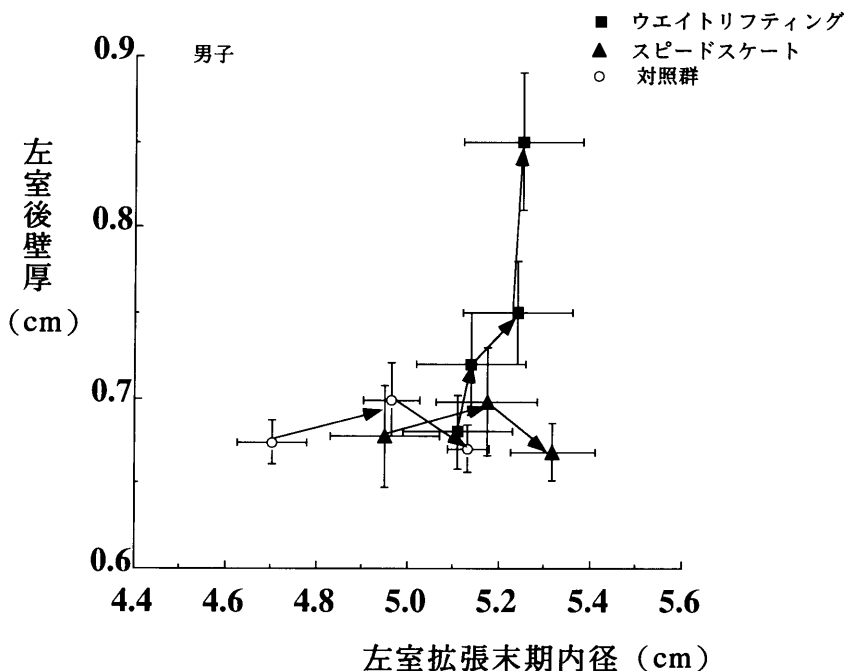


図6 スポーツトレーニングによる左室内径と左室後壁厚の変化

ウェイトトレーニングのように大きな力を発揮するようなトレーニングをしていると、強い力で収縮している筋内の末梢血管抵抗の増加に抗して心臓が血液を送り出すために、心筋が肥大して、拍出力が増加するような変化をします。そしてそのような変化は専門的なトレーニングを開始して数年の高校生選手にあらわれることが確認されました。

発育に伴う心臓の機能的変化

発育に伴う心臓の形態的变化は、心臓の機能的な変化を示唆するものです。心臓が1拍動によって拍出することのできる血液量(1回拍出量)は、安静時よりも運動時に増加し、運動強度が最大の40-50%で最大に達します(最大1回拍出量)。この値は年齢が大きくなると共に増加し、20歳前後で最高

値に達しています。一方、一定の時間あたりに拍出される血液の量（毎分拍出量）は、1回拍出量と心拍数との積であり、これも発育に伴って増加し、20歳代で最高値に達します。しかし、心拍数の最大値は年齢と共に減少するので、発育に伴う毎分心拍出量の増加は1回拍出量の増加によってもたらされるものです。従って、血液を受け入れるべく心臓容量が大きくなること、受け入れた血液を有効に拍出するべく心筋が発達することが重要です。

文献

- 1) 加賀谷淳子、浅井利夫、本間幸子、山本幸弘：ジュニアスポーツ選手の左室形態と身長・体重および最大酸素摂取量との関係。平成5年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 NOV. ジュニア期の体カトレーニングに関する研究—第2報—12—18, 1994
- 2) 加賀谷淳子、浅井利夫、本間幸子、山本幸弘：ジュニアスポーツ選手の心形態の追跡的研究平成7年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 NOV. ジュニア期の体カトレーニングに関する研究—第4報, 1996 印刷中
- 3) Medved, R., Fabecic-Sabadi, V. and Medved, V.: Echocardiographic findings in children participating in swimming training. Int. J. Sports Med. 7 : 94—99, 1986.

I-4 筋肉特性の変化

●ジュニア期における大腿部の筋の発達について

勝田茂（筑波大学）

久野譜也（東京大学）

はじめに

日本体育協会が平成元年度から3年度にわたって行った「スポーツタレントの発掘法に関する研究」プロジェクトにおいて、我々は日本の各種目一流選手の大腿部全体の筋量および大腿部の筋の形態が、一般人とは明らかに異なるばかりではなく、種目によって特徴的であることを明らかにしました。このことは、トレーニングを行うにあたって、大腿部一つをとっても種目によって異なるトレーニングを行なう必要性を示したものです。しかしながら、ジュニア期の子どもは成人のミニチュアであるのか、それとも子ども独特の特徴を有しているのか、特にジュニア期にその年代で一流の子どもの特徴については、ほとんど知られていないのが現状でありました。そこで、ここでは4年間のプロジェクトによって我々が得たデータを基に、ジュニア期の子どもの大腿部の筋の特徴を解説します。

1 ジュニアアスリートと一般的な子どもの比較

図1には、男子のスプリンター、テニス、スケートおよびコントロールの大腿部の筋断面積について、ジュニア(13歳時)と成人の比較を示しました。この図は、MRIという装置で大腿部の横断像を10~12枚程度連続的に撮影し、それぞれの画像から、各筋毎の横断面積を計算したものです。たとえば、

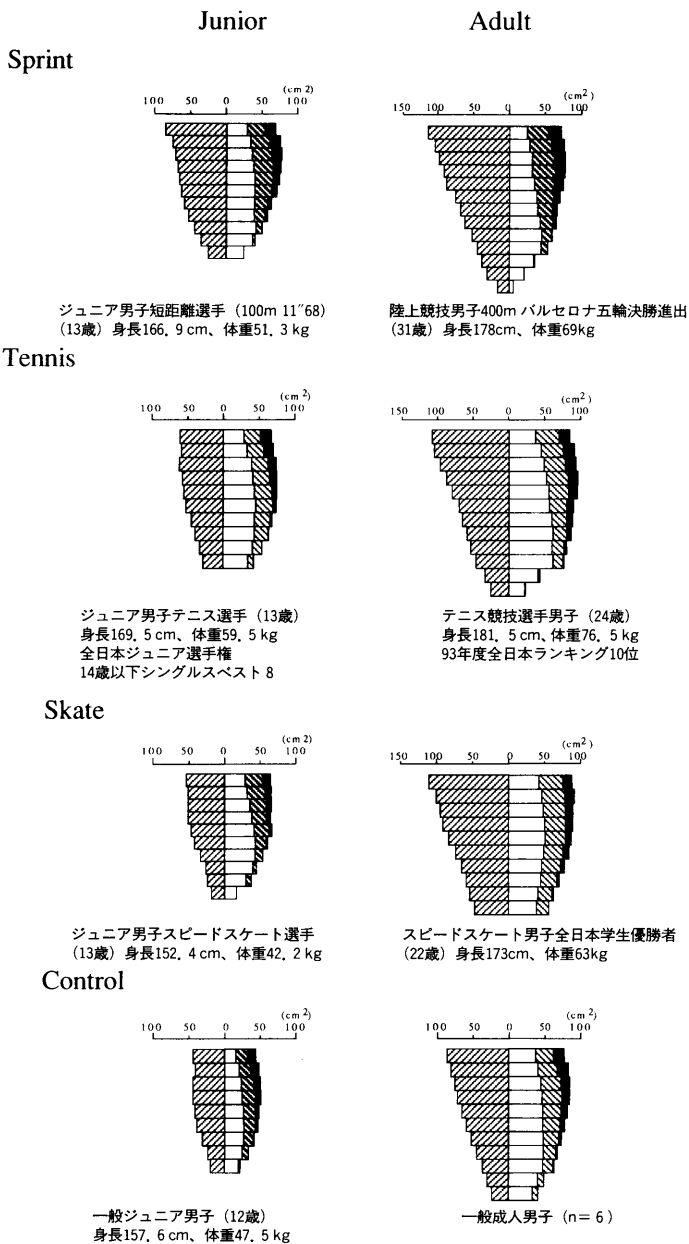


図1 各種目における大腿部の筋横断面積

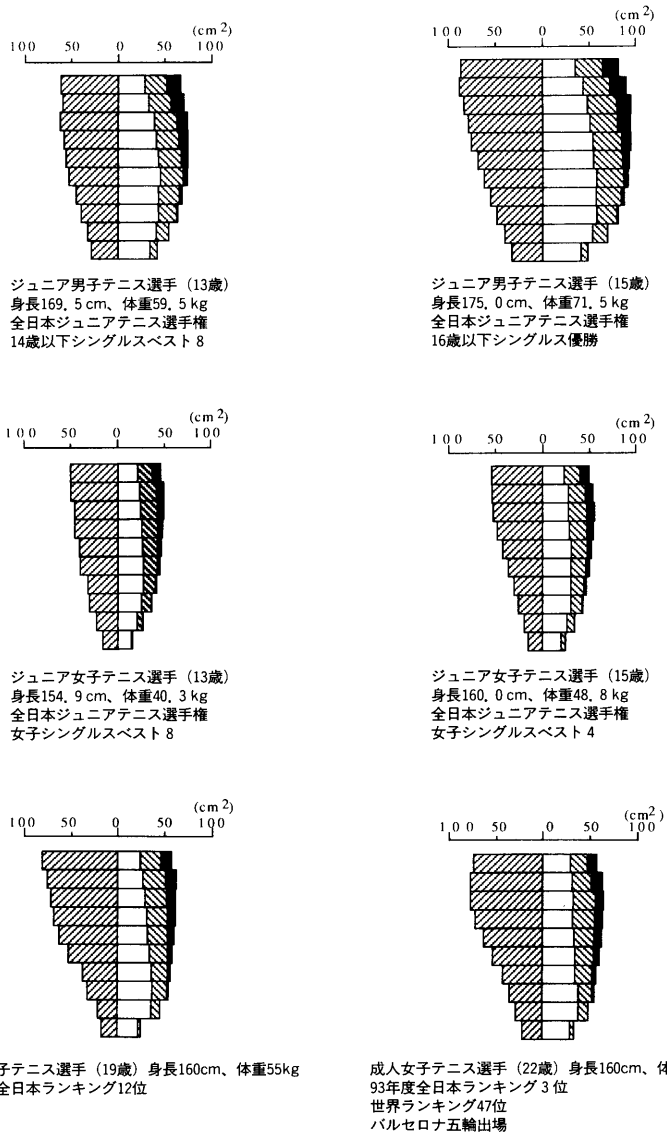


図 2 大腿部筋横断面積の縦断的变化

ジュニアのスプリンターの図は中央に0が示されており、0から右方向は大腿部の前面の筋(解剖学的には大腿四頭筋という；大腿四頭筋は、内側広筋、中間広筋、外側広筋、大腿直筋から構成されている)、左方向は後面の筋(解剖学的にはハムストリングと内転筋群をあわせたもの)の横断面積です。また、この例の場合、上から面積を示すカラムが11ありますが(上のカラムは大腿部上部、下のカラムは下部を表わしている)、一つ一つのカラムはMRIにより得られたそれぞれの横断像から面積を計算したものです。したがって、この図は大腿部の筋の形態(脂肪や骨を除いた)を示していることとなります。

まずジュニアの中で比較してみると、いずれの種目においてもコントロールより大腿部全体の筋量が多いことが分かります。この図の被検者達はいずれも13歳であり、系統だった筋力トレーニングはまだほとんど行っていません。さらに、ジュニアアスリートの中だけで比較してみると、スプリンターの全体の筋量および大腿上部の筋量が多いのが特徴的です。成人の各種目アスリートで比較してみると、必ずしもスプリンターの筋量突出しているわけではなく、ジュニア期の特徴かもしれません。

2 発育にともなうジュニアアスリートの筋の発達

図2は、テニスを例にして加齢にともなって同一人物の大腿部筋断面積がどのように変化していくのかを示したものです。男子の例は13歳と15歳時の比較ですが、身長で5.5cm、体重が12kgも増加しています。それにともなって筋量も著しい増加を示しました。一方、ジュニアの女子の例も13歳と15歳時の比較ですが、身長は5cm、体重が8.5kgと、体重において若干少ないもののほぼ同様な発育をしています。それにもかかわらず、大腿部の筋量の増加は男子の例に比べて明らかに少なくなっています。これまでの研究により、ホルモン等の関係で男子の方が筋が肥大しやすいことが知られています。女子は男子に比べて筋が肥大しにくいので、大腿部の筋量の多少が競技パフォーマンスに影響しないことが考えられます。それでは女子は大腿

部の筋量を増加させることにあまり意識をおく必要はないのでしょうか？

これに答えることは難しいのですが、女子の成人一流選手の例を基に考えてみましょう。女子成人の例は、19歳と22歳時に測定を行いました。この間の身長ならびに体重の変化は認められませんでした。女子ジュニアの例では、15歳時の身長がすでにこの成人女子と同じ値を示しています。体重では約6kg低い値を示していますが、大腿部の筋量を比較してみるとそれ以上の差が認められます。また、この成人選手の場合、3年間で身長および体重の変化はまったく認められないにもかかわらず、特に大腿上部後面（ハムストリングと内転筋群）の筋量が増加しています。除脂肪体重を測定していないので確認はしていないのですが、この結果をみる限り脂肪が減少し筋量の増加が予想できます。また、この間のテニスの成績も上昇しています。（もちろん、技術、精神面など他の要因の向上もともなっていると考えられます）。これらのことを総合的に考えますと、女子においても大腿部の筋量を増加させるようなトレーニングは重要であるでしょう。ここでは、テニスを例にして説明を行いました。他の種目においても同様と見なしてよいでしょう。

まとめ

ジュニア期においてすでに一流のパフォーマンスを発揮する子どもたちの大腿部の筋量は、同年齢の子どもたちと比べて明らかに高いものでした。つぎに種目別で比較すると、13歳の時点で大腿部の筋の形態においてそれぞれ種目に応じた特徴を有していました。しかしながら、成人の一流選手の例と比較すると、量及び形態のいずれもその域には達していませんでした。性差に関しては、男子の方がより高い筋量をすでに13歳の時点で示しており、その後の発育でその差はさらに広がっていきました。

これらのデータからみて、大腿部の筋量を増やす意図で筋力トレーニングをこの時期に導入するときには、種目に応じたトレーニング方法を導入する必要性が認められます。

I-5 筋厚及び皮下脂肪厚分布 パターンとトレーニング

福永哲夫（東京大学）

1 はじめに

人間の身体は主に、脂肪、筋、神経、骨そして内臓等の組織により構成されています。これを身体組成といいます。身体組成の中で身体運動を直接引き起こす組織として筋があります。筋の太さは筋力を決定する主要素であり、肥大した筋は強い力を発揮することができます。従って、身体各部を構成する筋の厚さ（筋断面積を表わすと考えられる）を測ることは、身体各関節が発揮することが出来る張力の大小を評価することになるのです。更に、筋はトレーニングにより肥大するので、筋厚が分かればそれぞれの関節に付着する筋のトレーニング状態を推測できます。

一方、脂肪はエネルギーの授受関係により変化します。十分に食べ（エネルギー摂取を増やし）運動をしない（エネルギー消費を少なくする）生活を続けるとエネルギーが体内に蓄積し脂肪となります。脂肪の中で皮下脂肪は皮膚のすぐ下に蓄積するものであり、身体の各部位によりその蓄積量は異なります。腹部や大腿上部などの胴体や胴体に近い部位に多くの皮下脂肪が蓄積し、手や足等の末端部の皮下脂肪厚は薄くなっています。特に腹部や上腕部などの皮下脂肪厚は全身の脂肪量と密接な関係があるといわれています。

2 筋と皮下脂肪の厚さの測り方

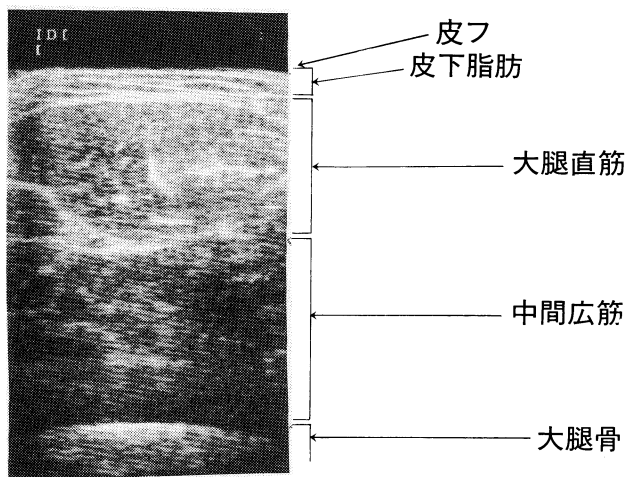
筋の量は従来は X 線法等を用いて測定されていましたが、放射線照射の問題があり、健康な人への使用は好ましくありません。超音波法では比較的

簡単に測定出来るので、又、精度も良いことが報告されているので、健康なヒトの筋厚の測定には適しています。

皮下脂肪厚は古くは皮脂厚計（スキンフォールドキャリパー）を用いて測定されてきました。しかし、皮脂厚計では、皮下脂肪が非常に厚いヒトの場合とか、皮下脂肪や皮膚が硬く且つ厚い部位の場合には確実に皮下脂肪をつまみ上げることが出来ず、正確な測定が出来ない等の欠点があります。近年開発されてきた、超音波断層法では皮膚を掴む必要が無いのでかなり正確に皮下脂肪厚を計測できます。

図1は大腿前面及び腹部の皮下脂肪及び筋の超音波断層写真を示したもの

大 腿 部



腹 部

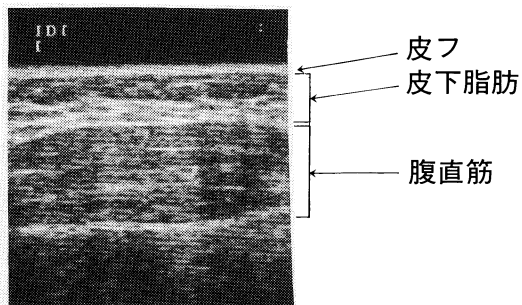


図1 大腿部及び腹部の超音波断層像

です。皮下脂肪と筋の付着状況が明確に見ることが出来ます。

3 発育期の皮下脂肪厚

皮下脂肪厚は身体各部位により異なります。例えば、成人男性の場合、上腕後部：7mm、腹部：18mm、大腿前部：7mm、であり、成人女性では、上腕後部：13mm、腹部：25mm、大腿前部：13mmです。つまり、皮下脂肪は腹部に厚く、体肢は薄くなっています。又、男性に比較して、女性の皮下脂肪厚は約2倍です。

発育期ではどうでしょうか？男子中学生についてみると、一般の特別にスポーツや運動をしていない子どもの場合には、上腕背部では8.4mm(13歳)から、7.9mm(14歳)、7.2mm(15歳)、又、腹部では、10mm(13歳)から9mm(15歳)と減少を示します。つまり、男子の場合、発育に伴い皮下脂肪厚は次第に薄くなる傾向を示すのです。一方、短距離選手、スピードスケート選手、テニス選手などの競技を始めている子どもの場合には、13歳頃から、何れの部位においても対照群より皮下脂肪は薄く(上腕背部：6~9mm)、腹部：5~6mm)、且つ、年齢によっても大きな差は見られません。しかし、ウエイトリフティング選手の場合には、上腕背部9mm、腹部15~17mmと他の競技選手より又、対照群よりも皮下脂肪が厚くなっています。(図2参照)

4 発育期の筋厚

男子の場合発育期には急激に筋が発達します。たとえば、特別に運動していない子どもの場合でも、上腕前部の筋(肘屈曲筋)では、22.8mm(13歳)、24.3mm(14歳)、25.3mm(15歳)、大腿前面の筋(膝伸展筋)では、44.9mm(13歳)、46.2mm(14歳)、48.8mm(15歳)となります。

一方スポーツ選手の場合には各部位ともに一般人よりも高い筋厚を示します。例えば、13歳での上腕前面の筋厚を見ると、28mm(陸上短距離)、

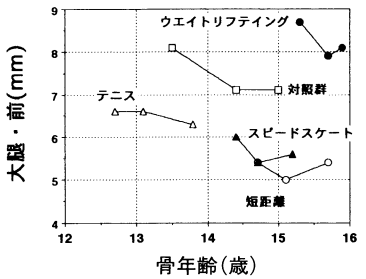
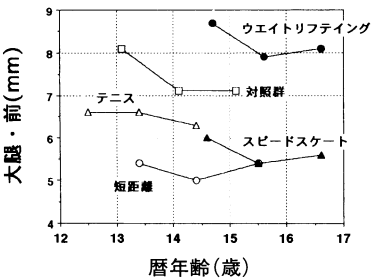
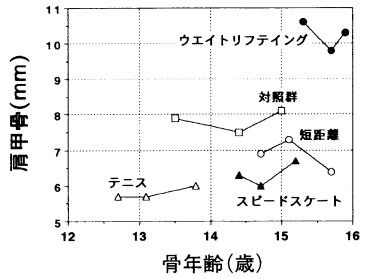
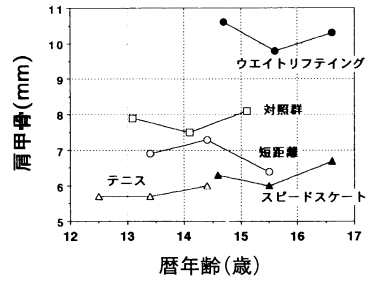
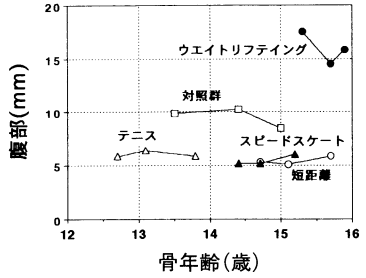
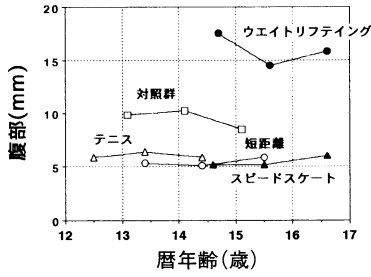
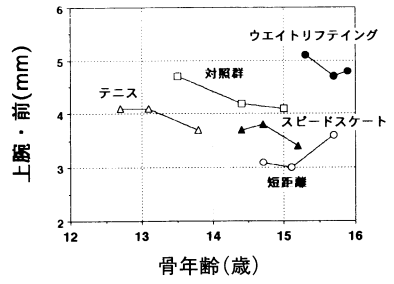
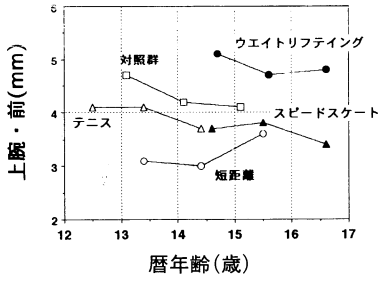


図2 皮下脂肪厚の年齢変化

26mm（スピードスケート）、30mm（ウエイトリフティング）であり、大腿前面でも50mm（陸上短距離及びスピードスケート）、55mm（ウエイトリフティング）と何れの種目においても対照群と比較して筋が発達しています。その後の発育に伴う筋の発達を見ると、対照群では3年間に上腕前部では2.5mm、大腿前面では3.9mmの増加が見られます。スポーツ選手の場合には3年間で、上腕前部では3mm（陸上短距離）、3mm（スピードスケート）、1mm（ウエイトリフティング）の増加を示し、大腿前部では4mm（陸上短距離）、5mm（スピードスケート）及び6mm（ウエイトリフティング）の増加を示しました。これらのスポーツ種目は特に下肢の筋を主動筋とする運動であることを考えると、大腿前面の筋厚が著しく発達する傾向が見られたことは予測できる現象です。

発育に伴う各部位の筋厚を見ると（図3）、暦年齢の増加に伴い各スポーツ競技及び対照群ともに胴体及び体肢の筋の発達が見られます。この図で、左側には暦年齢で、右側には骨年齢との関係で見たものです。同じ暦年齢では腹部、背部及び上腕、大腿の各部位の筋厚はテニスを除いてスポーツ競技選手の筋厚が対照群より高い傾向が見られます。一方、生物学的な発育の尺度としての骨年齢で見るとその傾向はかなり異なります。すなわち、スポーツ種目差は少なくなり、骨年齢の増加に伴う筋厚の発達が見られます。このようなことから、上腕前側（肘関節屈筋力群）については種目に関わらず、骨年齢の高い集団ほど筋厚が厚い傾向が見られます。

競技種目間の筋厚の発達具合を見ると、スピードスケート選手群では腹部及び大腿前面（大腿四頭筋）の筋が対照群に比較して高い傾向を示し、短距離選手群では腹部及び背部の筋の発達が著しくなっています。重量挙げ群では何れの筋厚についても他の種目より高い傾向を示しています。一方、テニス選手群では上腕前及び背部の筋の発達が対照群より低い傾向を示します。こうした競技種目間に見られる筋厚の部位差はそれぞれのスポーツ競技特有の動作を生み出す筋の役割の相違により生じたものと推測されます。

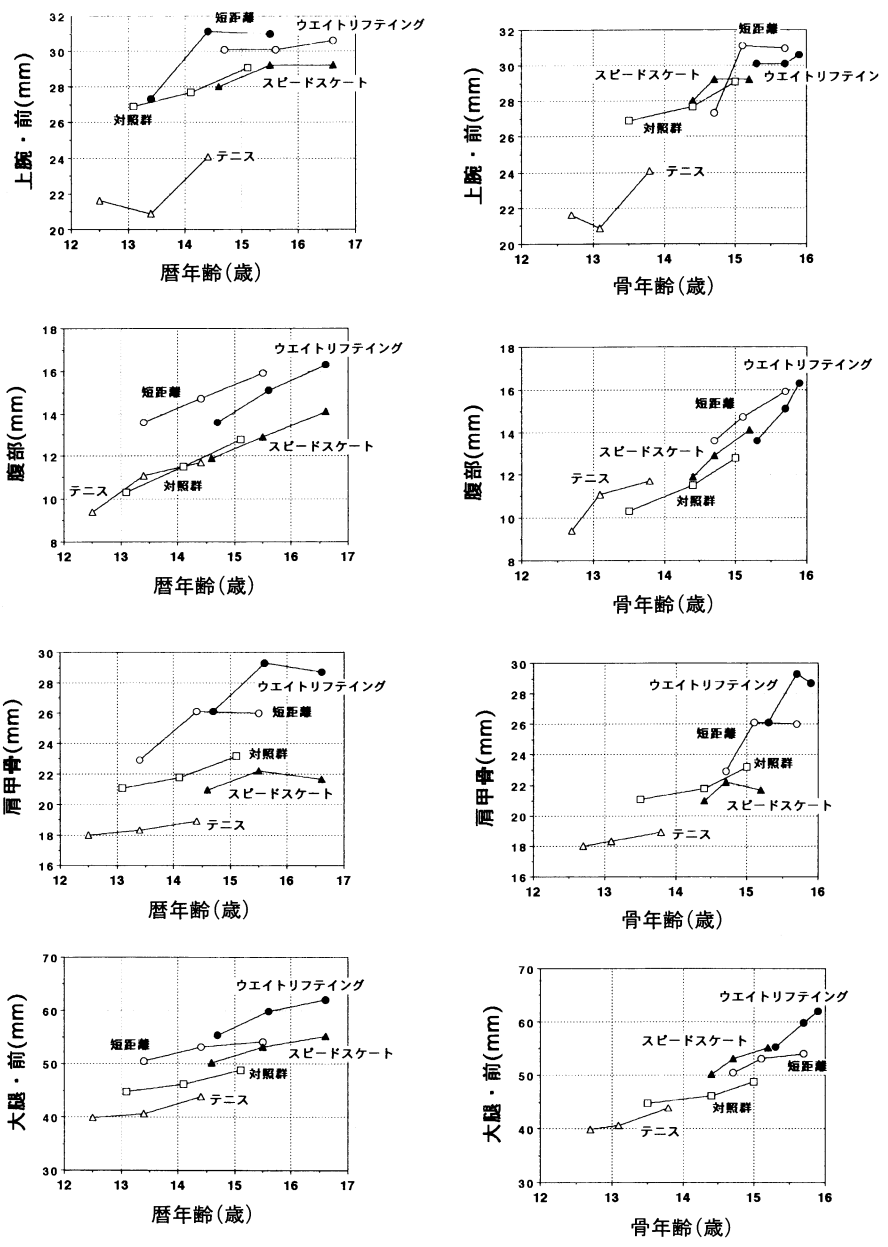


図3 筋厚の年齢変化

5 皮下脂肪厚と筋厚分布パターン計測の意義

脂肪は身体が摂取するエネルギーと運動などで消費するエネルギーの収支で増えたり、減ったりします。従って、その量を測定し評価することは、その個人のトレーニングや運動の量と食事などの量とのバランスを見るときに重要指標です。特に、腹部、背部や大腿上部、上腕上部など、体幹及び体幹に近い部分の皮下脂肪厚は身体のコンドিশョンを評価するときには欠かせない指標になります。

一方、筋量は適当な強度での収縮が定期的に行われることにより増加し、その結果、筋の発揮張力が増大します。つまり、脂肪が全身で反応するのに対して、筋は局所的に反応します。このように筋及び皮下脂肪組織の分布パターンを定量化する事により、各個人の筋のトレーニング程度を客観的に知ることが出来、更に、食事と運動量とのバランスなどコンディショニングを評価する指標として利用することが出来るのです。

I-6 筋力・パワーの発達

船渡和男（東京大学）

ジュニア期のトップアスリートが専門的トレーニングを継続することによって、筋力やパワーがどのように発達していくかについて示します。そしてスポーツ種目間でどのような違いが特徴として挙げられるか、について単関節および複合関節動作を対象として、発育の指標となる骨年齢との対比で検討してみました。

筋力・パワーの測定方法

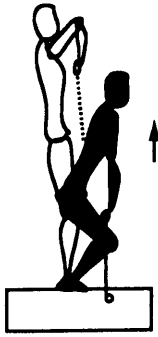
(1) 単関節動作で発揮される筋力の測定

等速性筋力測定装置（CybexII）をもちいて、肘と膝の屈曲および伸展動作で発揮される等速性最大筋力を測定しました。動作設定速度は、0、60、180、300度/秒で、それぞれの速度条件で発揮されたピークトルクを分析の対象としました。

(2) 複合関節動作で発揮されるパワーの測定

複合関節動作で発揮されるパワーは、我々が独自に開発したパウダーブレーキを負荷装置とするダイナモメーター（Power Processor II）を用いて測定しました。同装置は、電圧によって供給されるパウダーブレーキを負荷装置とし、各種の負荷条件で発揮される力と速度を計測することにより、機械的パワーを算出しています。一般的に図1に示すように、設定負荷量が大きくなれば、大きな力発揮が示されますが速度は低下を示します。従って力と速度の積である機械的パワーは、中程度の負荷条件で最大値を示すことになります。本研究では最大パワーが示された時点での力および速度も扱い

ハイクリーン(HIC)



カーパワー

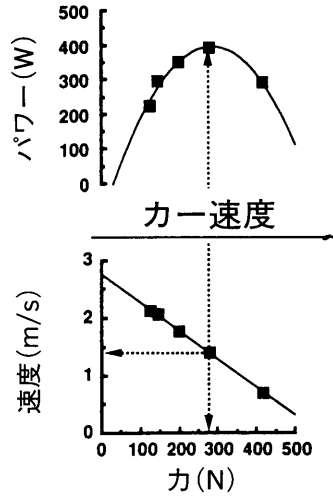
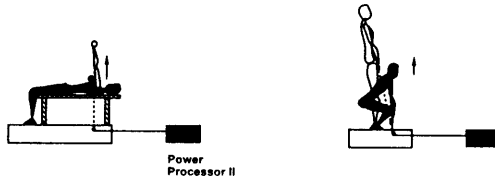
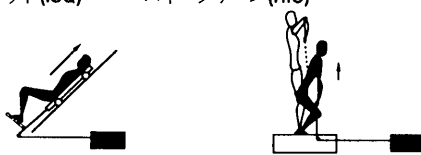


図1 パワープロセッサを用いて、各種負荷条件で求めた力、速度およびパワー

ベンチ・プレス (BPR) デッド・リフト (DLT)



斜め・スクワット (ISQ) ハイ・クリーン (HIC)



ローイング (ROW) バック・ストレングス (BST)



図2 測定の対象とした複合関節動作

ました（図1）。

動作様式は図2に示すとおりです。ベンチプレス（以下BPR）、ハイクリーン（以下HIC）、インクラインドスクワット（以下ISQ）およびローイング（以下ROW）の4種類については、本プロジェクトの全種目について行い、残り2種類を含めた6動作についてはウエイトリフティング選手のみを対象としています。

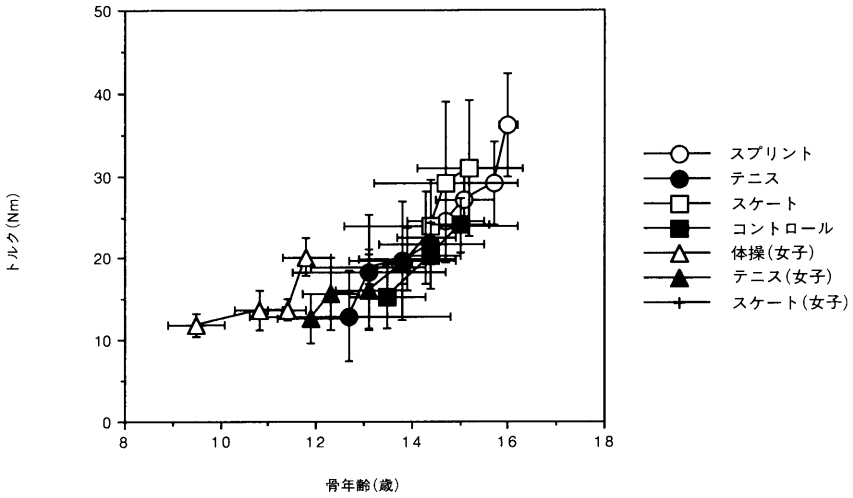
単関節動作で発揮される筋力と骨年齢

図3には、膝と肘の伸展動作で発揮されたトルクと骨年齢の関係を示しました。骨年齢との関係で単関節で発揮されたトルクをみると、全体的に競技種目あるいは男女による差はなくなり、一律的な関係が示されます。つまり13歳頃から単関節発揮トルクが大きくなっていくことが示されています。この傾向は膝関節より肘関節において顕著です。筋力の大きな値を示すジュニアの選手は骨年齢がすすんでいて早熟であるために単関節発揮トルクが大きくなっていると考えられます。肘関節伸展トルクに関しては女子体操選手の骨年齢12歳時に全体的傾向から逸脱し、大きな値を示しています。これは体操選手のトレーニングによる増加と言えましょう。膝関節伸展トルクに関しては、ばらつきが大きくなっていますが、このことは大腿四頭筋に対するトレーニング量の違いを反映しているものと考えられます。

複合関節動作で発揮されるパワーと骨年齢

ベンチプレス動作で発揮されたパワーについて、図4では暦年齢との関係を、図5では骨年齢との関係を示しました。暦年齢に対するパワーのばらつきは骨年齢との対応でみると小さくなっていることがわかります。このことは、複合関節動作で発揮されるパワーの増加も前述した単関節発揮トルクと同様に生理学的発育度によって決定されていることを示しています。特徴的なグループは、女子体操選手で本研究プロジェクトの3および4年目の測定時に

肘伸展(180度/秒)



膝伸展(180度/秒)

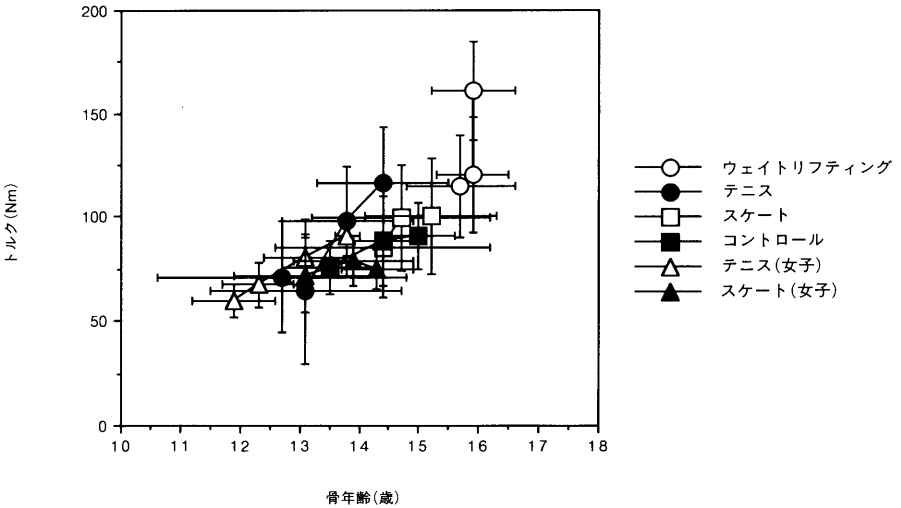


図3 骨年齢と肘(上段)および膝(下段)関節伸展トルクの関係(180/秒時で発揮されたのピークトルク、平均値±標準偏差)

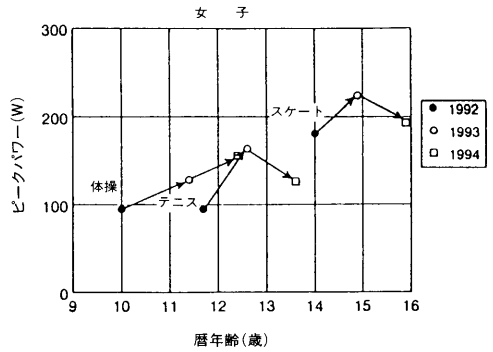
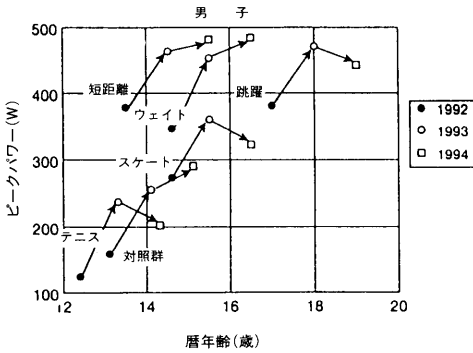


図4 暦年齢に対するベンチプレス動作で発揮された最大パワーの変化

顕著なパワーの増加が示されています。骨年齢で示せば平均12.3歳および13.1歳時であり、特に下肢筋群が関与すると考えられるHIC,ISQ,ROW動作においてパワーの増加が急激です。この結果は、体操選手のトレーニング効果が骨年齢にして約12歳以降に現れていることを示しています。

まとめ

全体的に筋力・パワーの発達 は生理学的発育に沿っていることがわかります。従ってこの時期に特別に専門的な競技を行っていると言っても本測定で行ったような筋力やパワー面に特徴的な変化はみられません。このことはトレーニングによる効果が現れていないことによるのか、あるいはトレーニングしていてもそのトレーニング効果はその生理学的発育状態によって規定されてしまうのかは不明です。しかし近年、思春期前の子どもにも筋力トレーニングは有効な効果をもたらす、という研究結果を考えると、本研究で対象となった被験者群は思春期前には筋力トレーニングによるあるいは各専門の競技スポーツによる特異的な筋出力向上は示さないことから、筋自体は十分なトレーニング刺激を受けていないと解釈されます。このことは92年度にエリートジュニア選手として選出された時点ですでに骨年齢がすすんでいて、早

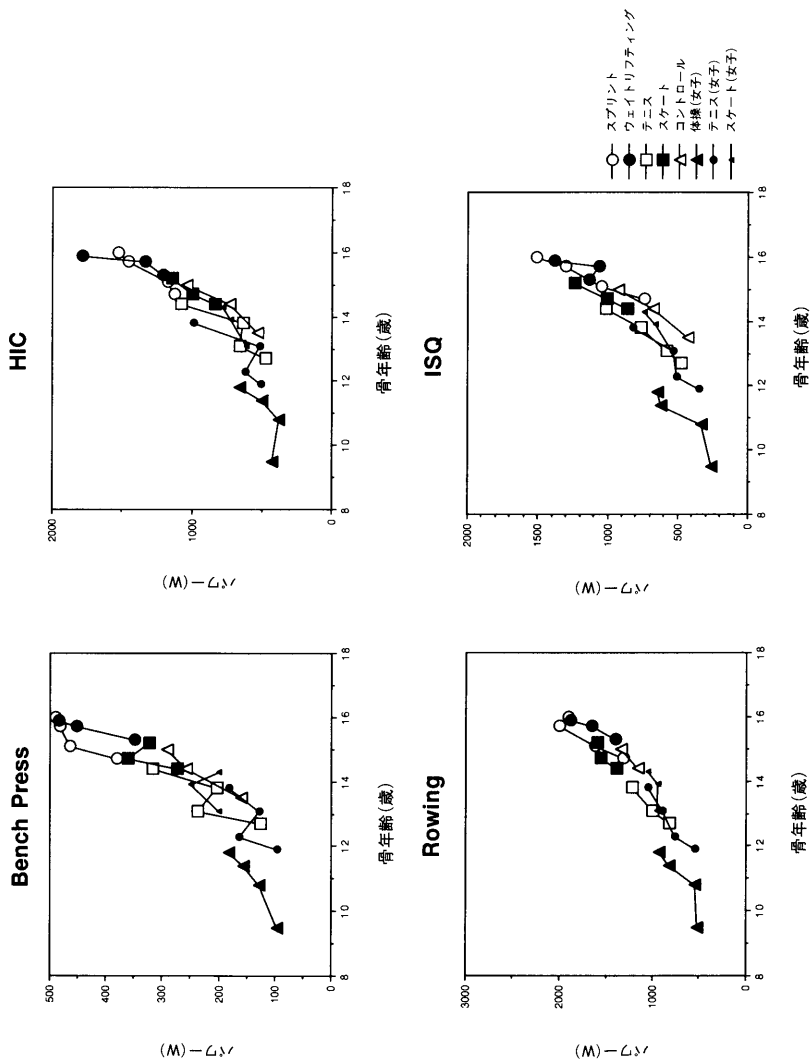


図 5 骨年齢に対する BPR、HIC、ISQ、ROW 動作における最大パワーの変化

熟型の選手が集まったかあるいは、一競技種目を子どもの時から続けていてその技術に長けていたことが原因だと考えられます。しかしその後思春期を経過しても、競技種目に特異的であると考えられる筋出力の増加が見られる競技選手群は少ないのです（全体的傾向から逸脱しているグループ）。このことは、ジュニア期の各スポーツ選手が筋出力向上のために特異的な筋力トレーニングを行っていないことによるものと結論されます。事実この筋出力の差が、外国と日本のジュニアレベルの違いを反映していると考えられます。

I-7 パワー発揮能力の経年変化

根本 勇（日本女子体育大学）

小田宏行（日本女子体育大学大学院）

本研究プロジェクトでは、体力を筋活動のエネルギー獲得機構からの分類にしたがって測定し、検討を加えています。すなわち、アデノシン3 燐酸（ATP）の再合成機構として、非乳酸性機構、乳酸性機構および有酸素性機構があります。そして、各々のエネルギー獲得機構の能力を、ハイパワー発揮能力、ミドルパワー発揮能力およびローパワー発揮能力としています³⁾。

そして、各パワー発揮能力の指標として、1) 最大無酸素性パワー（MANP）、2) ウィングートテスト・パワー（30秒平均パワー）、および3) 最大酸素摂取量（ $\dot{V}O_2\max$ ）を測定しました。なお、すべての測定は自転車エルゴメータ駆動とし、各々の測定値は絶対値とともに体重当たりの値も算出しスポーツ種目間で比較しました。

図1には、暦年齢に対するハイパワー、ミドルパワーおよびローパワー発揮能力の経年変化を男女ごとに示しました。ハイパワー発揮能力では、男女ともにスピードスケート選手がテニスやウェイトリフティングなどの他の種目のスポーツ選手に比較して高い値で推移しています。また、女子の長距離や新体操選手では、年齢の進行にしたがって低下を示しています。以上の結果は、スピードスケート選手のトレーニングが、ハイパワー発揮能力を動員する内容を含むものであることを反映しています。

次に、ミドルパワー発揮能力についてみると、ハイパワー発揮能力の場合と同様に男女ともにスピードスケート選手が他種目のスポーツ選手に比較して高い値で推移し、女子では長距離選手が年齢の進行にともなう低下を示しています。このことは、スピードスケート選手のトレーニングが、ミドルパ

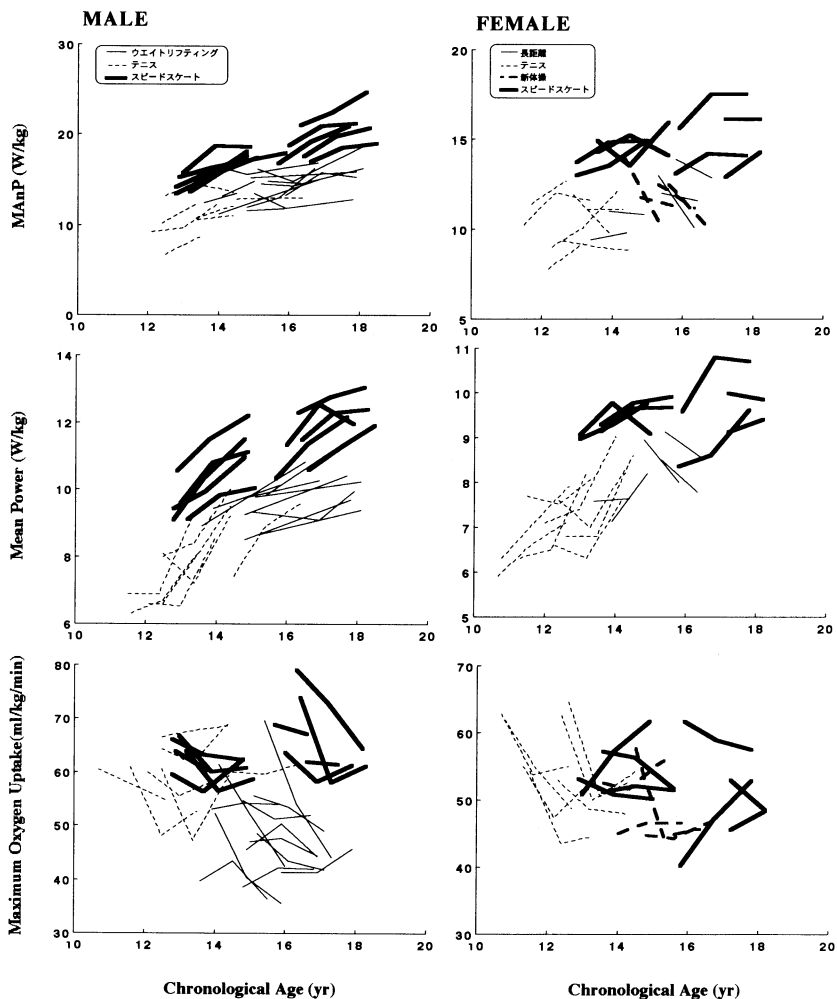


図 1. 歴年齢からみた各パワー発揮能力の経年変化
 上段：ハイパワー発揮能力（最大無酸素性パワー）
 中段：ミドルパワー発揮能力（ウイングートテストパワー）
 下段：ローパワー発揮能力（最大酸素摂取量）

ワー発揮能力を動員する内容で構成されることに由来するものと考えられます。

また、ローパワー発揮能力の経年変化では、男子のテニス選手とスピード

スケート選手はほぼ同様の値で推移しましたが、ウエイトリフティング選手ではこれらの種目に比較して低値であり、かつ年齢に伴いわずかな低下を示しました。一方、女子については、種目間に顕著な差は認められませんでした。これらのことより、テニス選手やスピードスケート選手のトレーニングがローパワー発揮能力を動員するものですが、ウエイトリフティング選手のトレーニングではローパワー発揮能力に負荷をかけるものではないことがわかります。

以上の結果は、各種目間のトレーニング内容の相違を反映したものとと言えます。すなわち、スピードスケート選手のトレーニングがハイパワー、ミドルパワーおよびローパワー発揮能力のすべてを動員するものであるのに対して、ウエイトリフティング選手では特にハイパワー発揮能力を、テニス選手ではローパワー発揮能力を動員するものであることを反映したものと考えられます。

図2には、骨年齢に対するハイパワー、ミドルパワーおよびローパワー発揮能力の経年変化を男女ごとに示しました。図に示されるように、男子テニス選手およびスピードスケート選手群において、ハイパワーおよびミドルパワー発揮能力が骨年齢の15歳を境に急増する傾向が認められます。しかし、ローパワー発揮能力では、一定の傾向は認められませんでした。女子選手では、いずれのパワー発揮能力においてもスピードスケート選手が他の種目に比べ高値を示すものの、男子のような急増傾向は認められません。

これまでの研究で、 $\dot{V}O_2\max$ は男子では13歳から急激な増加が認められる¹⁾ことが報告されています。したがって、ローパワー発揮能力は13歳以降が至適時期と考えられることから、ローパワー発揮能力のトレーニングは中学生期から開始することが適当と考えられます。一方、本研究プロジェクトの骨年齢からみたハイパワーおよびミドルパワー発揮能力の経年変化の結果から、骨年齢で15歳がトレーニングの臨界年齢になる可能性が示唆されます。最大身長速度時年齢 (PHA) が男子テニス選手で10.95歳およびスピード

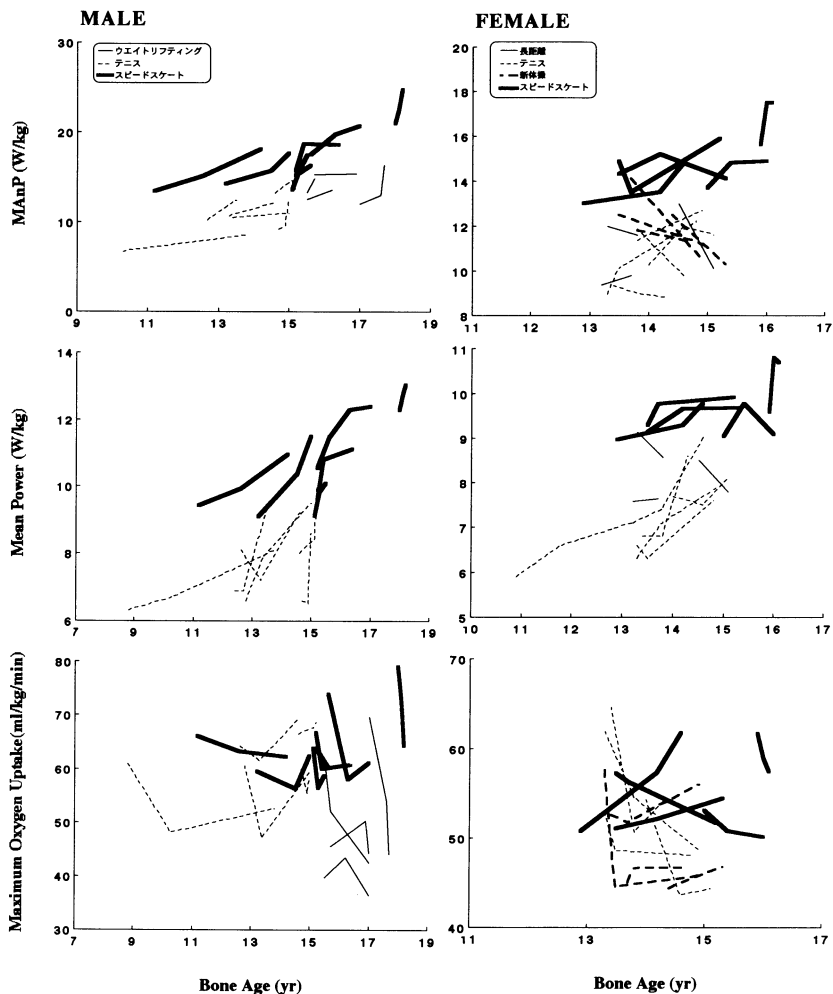


図2. 骨年齢からみた各パワー発揮能力の経年変化

上段：ハイパワー発揮能力（最大無酸素性パワー）

中段：ミドルパワー発揮能力（ウィングテストパワー）

下段：ローパワー発揮能力（最大酸素摂取量）

スケート選手で12.69歳である²⁾ことを考慮すれば、ハイパワーおよびミドルパワー発揮能力の向上を目的としたトレーニングは、PHAから2.5～4年が経過した高校生期になってから本格的に実施することが適当と考えら

表1 成長期のスピードスケート選手における
トレーニングの至適時期とねらい

男子	ねらい	女子
12歳以下	スポーツ基礎技術の獲得	11歳以下
13～15歳	持久力の向上	12～15歳
15～18歳	筋量と最大パワーの増大	15～18歳
19歳以上	スポーツの特異性の強調	19歳以上

(根本,1989)

れます。

表1には、ジュニア期のスポーツ選手におけるトレーニングの至適時期とそのねらいについて、まとめて示しました⁴⁾。すなわち、小学生時期にはスポーツが上手になることを主なねらいとし、中学生期にはローパワー発揮能力を高めることを目的にします。そして、高校生期には、ハイパワーおよびミドルパワー発揮能力を高めることを目的としたハードトレーニングにする
とよいでしょう。ハイパワーおよびミドルパワー・トレーニングの開始時期
に関しては、発育発達には個人差があることを考慮し、身長伸びが小さく
なった (phase III の後期) 時期を目安とすると良いでしょう。

引用文献

- 1) 小林寛道：日本人のエアロビック・パワー、一加齢による体力推移とトレーニングの影響一。杏林書院、東京、p.14-102, 1982.
- 2) 松岡尚史, 金 恵淑, 村田光範：骨年齢. 平成6年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告. No.V ジュニア期の体カトレーニングに関する研究, 第3報, p. 9-12, 1995.
- 3) 宮下充正：トレーニングの科学, パワーアップの理論と方法. 講談社, 東京, 1980.
- 4) 根本 勇：スポーツタレントへの条件一スピード・スケート競技一. Jpn.J. Sports Sci. , 8 : 200-203, 1989.

I-8 発育期における運動能力のトレーニング

高松 薫 (筑波大学)

(1) 運動能力から見た発育期におけるトレーニング目標

表1に、発育の各段階においてトレーニング目標とする体力を、全面的な体力の発達が要求される球技スポーツの場合について示しました。この表から、高校生までの発育期には、①専門的な体力よりも一般的な体力をバランスよく発達させなければならないこと、②神経系が著しく発達するので、調整力や無氣的パワー（瞬発力）を発達させなければならないことが分かります。

調整力はさまざまな動きを巧みにできる能力であり、無氣的パワーはそれらの動きをシャープにパワーフルにできる能力であるとみなせば、発育期には走、跳、投、泳、打、蹴、登、漕などの各種の運動を巧みに、しかもシャープにパワーフルにできる運動能力を養成することがもっとも大きなトレーニング目標になるといえましょう。

各種スポーツをみると、陸上競技のように走能力、跳能力、投能力そのものによって競技力が決まるものもあれば、球技スポーツのようにいくつかの運動能力の総和によって競技力が決まるものもあります。しかし、前述したように、発育期には一般的な体力をバランスよく発達させなければならないので、いずれのスポーツ種目においても、そのスポーツに特に関係の深い専門的運動能力のみでなく、さまざまなスポーツの基礎となる各種の一般的運動能力を養成することが、将来において高い競技力を獲得するために極めて重要になります。また、そのことによって、オーバーユースによる傷害やバー

表1 発育の各段階においてトレーニング目標とする体力
—球技スポーツの場合—

	段 階				
	小 学 校 低 学 年 … 7 9 歳	小 学 校 高 学 年 … 10 12 歳	中 学 校 … 13 15 歳	高 等 学 校 … 16 18 歳	大 学 ・ 実 業 団 体 … 19 20 歳 以 上
一般の体力：					
無氣的パワー	5	5	5	4	4 3
筋力	1	2	3	4	4 3
無氣的持久力	1	1	2	3	4 3
有氣的持久力	1	2	3	4	4 3
調整力	5	5	5	4	4 3
柔軟性	5	5	4	4	3 3
専門的体力：					
無氣的パワー	3	3	4	5	5 5
筋力	1	2	3	4	5 5
無氣的持久力	1	1	2	3	4 5
有氣的持久力	1	2	3	4	5 5
調整力	3	4	4	5	5 5
柔軟性	3	3	4	4	5 5
技術	2	3	3	4	5 5

・数値が大きいほど、重要度の高いトレーニング目標であることを示す。ただし、ここに示した数値は、種目によって、特に技術性が高い種目か否かによってかなり異なる。

ンアウトを防止することもできると考えられます。

(2) 運動能力から見た発育期におけるトレーニングのあり方

走能力、跳能力、投能力などの各種の運動能力は、いずれも体力、技術、精神力の積によって決まります。これは、たとえば100mの成績（加速・全速疾走能力）が体力、技術、精神力の積によって決まることと同じです。したがって、各種の運動能力を計画的に養成していく場合には、その運動に特

に要求される技術のみでなく、体力や精神力も計画的に養成することが極めて重要になります。このために、各種スポーツのトレーニングは、おもなねらいの相違によって技術、体力、精神力の3種のトレーニングに大別されています。しかし、実際のトレーニングの場では、これらの3種のトレーニングが必ずしも明確に分けられて行われているわけではありません。

トレーニングの現場では、一般に、何よりもまず、さまざまな技術トレーニングによって技術を養成するなかで、体力や精神力も積極的に養成することが試みられています。しかし、体力に限ってみれば、技術トレーニングをどんなに工夫して行ったとしても、それぞれのスポーツに要求される体力を十分に養成することはできません。そのために、つぎに体力をおもなねらいとする、いわゆる体カトレーニングが行われているのです。このトレーニングは、トレーニングで用いる動きの相違によって技術に関係の深いものと浅いものとに分けられています。このことは、体カトレーニングといっても動きづくり・技術づくりと無縁でないこと、体カトレーニングのなかに専門的運動能力あるいは一般的運動能力を積極的に養成できる場があることを示すものです。

いずれにしても、おもなねらいが技術の養成にある技術トレーニングとおもなねらいが体力の養成にある体カトレーニングを、1日、1週間の短期トレーニング計画や1年間あるいは数年間の長期トレーニング計画のなかにもどのように取り入れていくかによって、各人の潜在的な運動能力や競技力を最高度に引きだす鍵があると考えられます。因みに、発育期には、前述したように、行っているスポーツ種目の技術トレーニングのみでなく、そのスポーツに関係の深い動きや少ない動きも用いて、運動能力や体力をバランスよく発達させることが重要な課題になります。この点からみても、最近特に問題になっている専門的トレーニングの早期化には問題のあることが理解できるでしょう。

(3) 発育期における運動能力テストのあり方

1) 文部省の運動能力テストの特徴

運動能力テストとして最もよく活用されているのは、文部省の運動能力テストです。このテストは、小学生は8種目、中学生と高校生は5種目から構成されています。

ところで筆者は、各種運動の体力からみた特性を、つぎの5つの視点をとおして分析することにしていきます。

- ①どれくらいの運動時間の中で発揮される体力か（どのエネルギー供給機構によって発揮される体力か）
- ②どのような動き（姿勢を含む）のなかで発揮される体力か
- ③からだのどの部位で発揮される体力か
- ④どの程度のスピードまたは力の大きさのなかで発揮される体力か
- ⑤どの筋収縮のなかで発揮される体力か

表2は、この5つの視点をもとにして、運動能力テストの特徴をまとめたものです。この表からも理解できるように、運動能力テストでは、走能力、跳能力、投能力、登能力などの基礎的な運動能力の発達を評価できると同時に、上述の5つの視点にもとづいて体力の発達の程度も評価できると考えられます。

なお表2には、文部省の体力診断テストの特徴も示しました。体力診断テストでは体力の各要因の発達を評価していますが、テストでは何らかの動きを用いているので、見方を変えれば運動能力テスト的であるとみることもできます。したがって、このようにみると、体力診断テストではおもに体力を、運動能力テストではおもに運動能力をみているに過ぎないことになり、両テストの間には明確な差のないことが考えられます。これは、フィールドテストの一つの特徴です。

表2 文部省の体力診断テスト項目と運動能力テスト項目の体力からみた特性

	体力診断テスト						運動能力テスト									
	反復横跳び a b	垂直跳び a b	背筋力 a b	握力 a b	踏台昇降運動 a b	伏臥上体そらし a b	立位体前屈 a b	50m走 a b	走り幅跳び a b	ソフトボール投げ a	斜め懸垂 a	ジグザグドリブル a	連続さか上がり a	ハンドボール投げ b	懸垂・斜め懸垂 b	千五百m走・km走 b
体力の要因 (エネルギー供給機構)																
筋力 (ATP-PC系)	○	○	◎	◎		○		○	○	○	◎	○	◎	○	◎	
無気的パワー (ATP-PC系)	◎	◎	○					◎	◎	◎	○	◎	◎	◎		
無気的持久力 (LA系)	○	○			○						○				○	◎
有気的持久力 (O ₂ 系)					◎											◎
柔軟性	○					◎	◎	○	○	○	○	○	○	○		
調整力	◎	◎	○	○	○	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	○	○	
運動様式 (姿勢を含む)		◎						◎	◎		◎					◎
走る																
跳ぶ		◎						◎								
投げる									◎							
登る					◎							◎				
降りる					◎							○				
持ち上げる			◎													
握る				◎												
まげる						◎	◎									
からだの部位																
上半身の筋 (体幹を含む)			◎	◎		○		○	○	◎	○	◎	◎	◎	◎	
下半身の筋	◎	◎			○			◎	◎	○		○	○	○		○
スピードまたは力の大きさ																
大きなスピード (スピード型)	○							◎	○	◎	○		◎			
大きな力 (力型)		○	◎	◎	○	○		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
筋収縮の種類																
アイソメトリック (等尺性)			◎	◎		○										
コンセントリック (短縮性)	○	◎			○			◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	
エキセントリック (伸長性)	○	◎			○			○	◎							

- ◎は○よりも関係の深いことを示す。
- aは小学生のテスト項目、bは中学生と高校生のテスト項目を示す。
- ここでは、瞬発力は無気的パワーのなかに含み、持久力は無気的持久力と有気的持久力とに分けた。
- ジグザグドリブルはボールの操作をともなう走であり、連続さか上がりはからだの回転をともなう登り降りであるとみなした。また、50m走は、加速区間が力型、全速区間がスピード型であるとみなし、走り幅跳びは、助走局面がスピード型、踏切局面が力型であるとみなした。

2) 本研究で用いた運動能力テストの特徴

表3は、本研究で用いた運動能力テストの特徴を、前述の5つの視点にも

表3 本研究における基礎運動能力テスト項目の体力からみた特性

	基礎運動能力テスト								
	反復横跳び	50m走	50m方向変換走	垂直跳び	立ち5段跳び	10回連続跳び	ハンドボール投げ	メデイシンボール投げ・前	メデイシンボール投げ・後
体力の要因（エネルギー供給機構）									
筋力（ATP-PC系）	○	○	○	○	○	○	○	○	○
無氣的パワー（ATP-PC系）	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
無氣的持久力（LA系）	○								
有氣的持久力（O ₂ 系）									
柔軟性	○	○	○		○	○	○	○	○
調整力	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
運動様式（姿勢を含む）									
走る	◎	◎	◎						
跳ぶ				◎	◎	◎			
投げる							◎	◎	◎
からだの部位									
上半身の筋（体幹を含む）		○	○		○	○	◎	◎	◎
下半身の筋	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○
スピードまたは力の大きさ									
大きなスピード（スピード型）	○	◎					◎		
大きな力（力型）		◎	◎	○	◎	◎		◎	◎
筋収縮の種類									
アイソメトリック（等尺性）				◎	◎	◎	◎	◎	◎
コンセントリック（短縮性）	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
エキセントリック（伸長性）	○	○	◎	◎	◎	◎	○	○	○

1) ◎は○よりも関係の深いことを示す。

3) 50m走は、加速区間が力型、全速区間がスピード型であるとみなした。

とづいてまとめたものです。本研究では、テスト項目数が限られていたので、走、跳、投の各運動能力をみる項目をそれぞれ3項目準備しました。そのうち、反復横跳び、50m走、垂直跳び、ハンドボール投げは文部省の体力診断テストと運動能力テストの項目です。これは、一般の生徒・児童とも比較できるように選んだものです。また、50m方向変換走と10回連続跳びは、球技種目などに要求される走能力および跳能力をみるために準備したもので

す(平成4年度報告書・第1報を参照)。これらのテスト項目でも、走、跳、投などの運動能力の発達を評価できると同時に、上述の5つの視点にもとづいて体力の発達も評価できると考えられます。

3) 各種スポーツの特性を考慮した運動能力テスト項目の作り方

運動能力テストは、文部省のテストも含めて、スポーツトレーニングの現場において必ずしも日常的に行われているわけではありません。大部分の競技者は1年に1~2度行うくらいでしょう。

なぜ運動能力テストは日常的に行われないのでしょうか。そのおもな理由として、行っているスポーツ種目の特性を十分に評価できるテスト項目の少ないことがあげられます。

もし、これがおもな理由であるとすれば、それは、行っているスポーツ種目に特有の動きを含むテスト項目を多彩に作成することによって解決できると考えられます。もちろん、作成したテスト項目は、技術性の低い体力テスト的なものから、技術性の高い運動能力テスト的なもの、スキルテスト的なものまで含まれるかもしれません。しかし、そのことによって、発育期に特に発達する調整力や無氣的パワーを中心に、運動能力の全面的な発達を評価することができると考えられます。

それでは、意味のあるテスト項目を多彩に作成するためには、何を考慮すればよいのでしょうか。ここではそれを、基礎的動きの一つである走を対象にして考えてみます。

走には、陸上競技のように個人的な運動の場で行われる走もあれば、球技スポーツのように対人的・集団的な運動の場で行われる走もあります。それらの運動課題、運動条件をまとめたものが表4です。表4に示したAの1~5とBの1~9を適宜組み合わせることによって、それぞれのスポーツ種目に関係の深い専門的な走型の運動能力テスト項目とそれほど深くない一般的な走型の運動能力テスト項目を多彩に作成することができると考えられます。また、これらの作成したテスト項目は、走型の専門的運動能力や一般的運動

表4 運動能力のテスト項目を作成する場合の視点
—走型運動による—

A. 運動課題

1. まっすぐに走る：加速疾走，全速疾走，持久走，など
2. 物をよけながら走る：ジグザグ走，加速減速疾走，など
3. 物を跳び越しながら走る：障害走，など
4. 物を持って走る：持ち運び走，など
5. 手，足で物を操作しながら走る：ドリブル走，など
6. その他

B. 運動条件

1. 運動時間・距離（エネルギー供給機構）：ATP-PC系，LA系，O₂系
2. 運動と休息の行い方：連続的，間欠的
3. 走る場所：平地，傾斜地，など
4. 走る方向：前，後，横，など
5. 足の運び方：ランニングステップ，サイドステップ，クロスステップ，など
6. よける物の間隔：同じ間隔，異なる間隔
7. 跳び越す物の高さ：同じ高さ，異なる高さ
8. 持つ物：形（ボール，棒，など），重さ
9. 操作する物：ドッジボール，サッカーボール，など
10. その他

・ A：1-5とB：1-9を適宜組み合わせて，走型のテスト項目を作成する。

能力のトレーニング手段（運動）としても活用できるでしょう。

なお、作成したテスト項目については、それぞれの体力からみた特性を、上述の5つの視点をもとにして把握しておくことが必要です。また、測定値を個人内、あるいは集団内・集団間で比較できるように、再現性、客観性、信頼性のあるテスト方法や評価基準を確立しておくことも必要です。

(4) 発育期におけるトレーニングの今後の課題

本稿では、運動能力からみた発育期におけるトレーニング目標とトレーニングのあり方、および発育期における運動能力テストのあり方について私見を述べました。ここでは、3年間にわたって測定した日本における代表的なジュニア選手の基礎的運動能の詳細については割愛しますが（平成7年度報告書・第4報を参照）、陸上競技短距離、ウエイトリフティング、テニスなどの選手の測定を通して得た全体的な感想はつぎのとおりです。

- ①若年齢層から一つのスポーツ種目のトレーニングにこだわりすぎている。

②各スポーツ種目のトレーニングにおいてトレーニング手段（運動）の多様化が十分に図られていない。

③上記①②の結果として、運動能力や体力の全面的な発達が十分に図られていない。

④体力・運動能力テストの日常化が十分に図られていない。

上述のことは、発育の各段階におけるトレーニング目標が、スポーツ種目ごとに必ずしも明確になっていないことを示すものであるかもしれません。いずれにしても、今後、これらのことを配慮しながら、競技開始段階から完成段階まで一貫したトレーニングを行っていくなか、日本における競技スポーツの一層の躍進が期待できると考えられます。