

インスリン依存性糖尿病児に対する 運動負荷について

ジャンプテストの試み (第1報)

山本 朗*
佐藤 陽子*
鈴木 孝治*
富岡 詔子*

I はじめに

糖尿病の運動療法は、全般的な体力と運動能力の維持や増強を通じて、糖尿病性代謝異常の是正を行いつつ¹⁾、精神面・心理面への影響を考慮して行われ、インスリン療法、食事療法とともに、糖尿病治療の3本の柱として重要視されている。

インスリン依存性糖尿病児においては、内分泌動態が不安定で、運動により低血糖症状や、ケトアシドーシスを呈することはまれではなく、慎重な運動指導とともに、年齢、体格、インスリン量とその特性、カロリー摂取量、学校生活及び対象児の体力等をチェックして運動量を決定する必要性が論じられている^{1,2,3)}。しかし、これらは個人差が大きく、糖尿病児の運動療法は、対象児ができる範囲で、しかも継続可能な運動を選択し、そのつど、必要に応じて補食を摂り、低血糖を防ぐ方法や、心拍数の上限を設定してコントロールする方法が一般的である。また、個々の対象児の運動能力をもとに、運動量を設定するには、トレッドミル等の器械が必要であるが、この方法は時間がかかり、高額な器械や人手を必要とし、子供に及ぼす心理的影響も大きい為、より簡単に行うことができ、かつ定量化された負荷テスト方法の開発が必要とされている。若林らは^{4,5,6)}、子供に簡便に行える負荷テストとして、ジャンプによる短時間の運動負荷を試みているが、今回我々は、いつでも、どこでも簡単に行える運動負荷のスクリーニングテストの一方法として、若林らのジャンプテストの変法をインスリン依存性糖尿病児に実施し、ジャンプが血糖値にどのような影響を及ぼすかを検討したので報告する。

II 対象と方法

昭和60年8月に行われた5泊6日のサマーキャンプに於いて、プログラム2日目の朝食120分後に、負荷テストを実施した。対象は表1の通り、キャンプに参加したインスリン依存性糖尿病児16名(男6名、女10名)である。実施方法は、あらかじめ床から30 cmの

* 信州大学医療技術短期大学部作業療法学科

表1 対 象

ケース No.	性別	生活年齢 0年：0月	治療期間 0年：0月	身長 cm	体重 kg
1	男	15：03	11：09	167.7	55.0
2	男	15：04	0：02	156.9	44.5
3	男	13：01	5：10	142.5	38.0
4	男	12：09	0：02	159.1	42.5
5	男	11：08	10：02	140.9	37.0
6	男	7：05	5：04	119.2	24.5
7	女	14：11	8：03	152.8	49.0
8	女	13：04	7：03	142.2	36.0
9	女	13：09	8：00	154.3	51.0
10	女	11：11	1：09	149.3	41.0
11	女	12：06	3：11	154.0	41.5
12	女	10：10	2：00	129.3	26.0
13	女	10：01	1：09	128.6	27.5
14	女	9：11	2：04	143.3	31.5
15	女	9：07	8：10	135.2	29.5
16	女	9：08	5：06	132.7	27.0

高さにゴム紐をはり、両足跳び又は片足交互跳びが3分間の自由跳躍とし、対象児を性別、年齢別に5グループに分けて行った。実施中はスタッフが対象児の状態を観察し、医師と看護婦が管理にあたった。測定は、脈拍数、血圧値、血糖値、ジャンプ回数の4項目について行った。血圧は安静時、負荷直後、5分後に、血糖値はエームス社のデキストロメーターIIを用い、安静時、負荷直後、30分後、60分後、120分後に、全て看護婦が測定した。脈拍とジャンプ回数は担当スタッフが、脈拍については安静時、負荷直後、1分後、3分後、5分後、30分後に測定した。対

表2 血糖コントロール状態と低血糖症状

ケース No.	血糖コントロール状態 (HbA ₁ 値)	低血糖症状	ケース No.	血糖コントロール状態 (HbA ₁ 値)	低血糖症状
1	13	時々有り	9	9	頻繁有り
2	8	時々有り	10	11	時々有り
3	11	時々有り	11	12	時々有り
4	10	無し	12	10	時々有り
5	12	時々有り	13	12	時々有り
6	10	時々有り	14	15	時々有り
7	8	頻繁有り	15	13	時々有り
8	16	時々有り	16	12	時々有り

象者の血糖コントロール状態はキャンプ時のHbA₁ 値で、低血糖症状はキャンプ申し込み書や、主治医の情報から推測した(表2)。又、データの検討にあたっては、負荷テスト日以外の4日間の毎食前、就眠前の血糖値も参考にした(図1～図4)。

III 結 果

1 負荷テストに対する対象児の参加状況

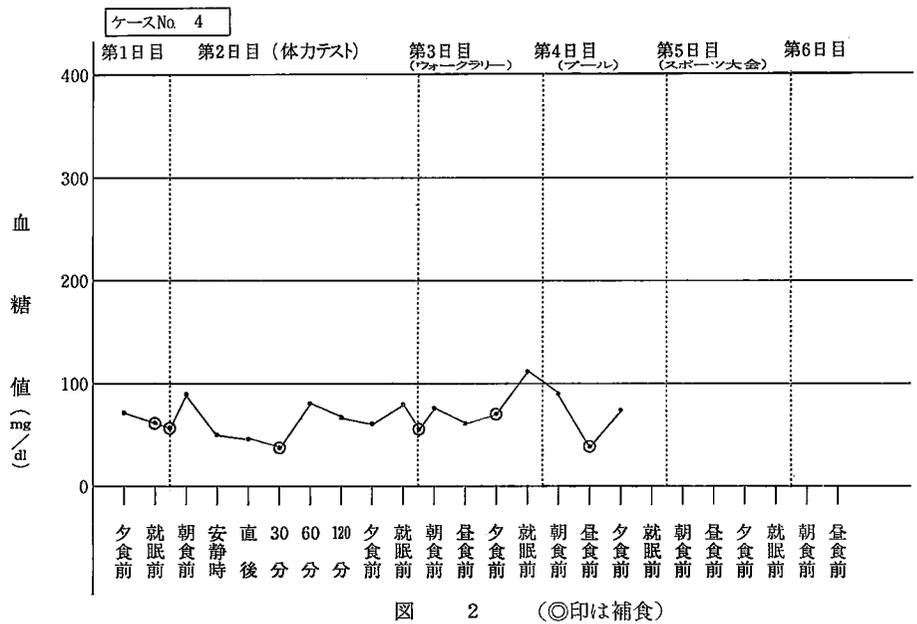
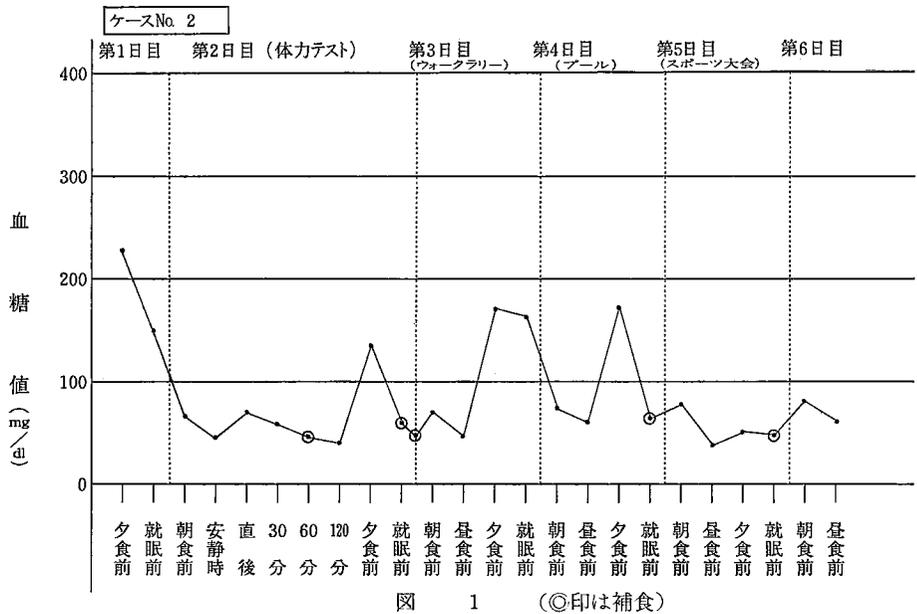
全員意欲的に参加し、途中で休憩をとる者、最後まで続けられない者はいなかった。

2 負荷テストにおける脈拍、血圧、血糖値の変化

負荷テスト時の脈拍、血圧、血糖値の測定結果は表3の通りである。

① 対象児による変化

対象児の性、年齢、身長、体重、治療期間、コントロール状況、ジャンプ回数による、



脈拍，血圧，血糖値に対する影響はみられなかった。

② 脈拍と血圧の変化

脈拍は，ケース1，7，9を除く13例では，負荷直後最大となり，その後一様に低下し，5分後に5例がほぼ安静時に戻ったが，他の例も，30分後には安静時に戻っていた。ケース1，7，9では負荷による大きな変化はみられなかった。

血圧は，負荷により一様に上昇したが，5分後に8例がほぼ安静時血圧に戻った。

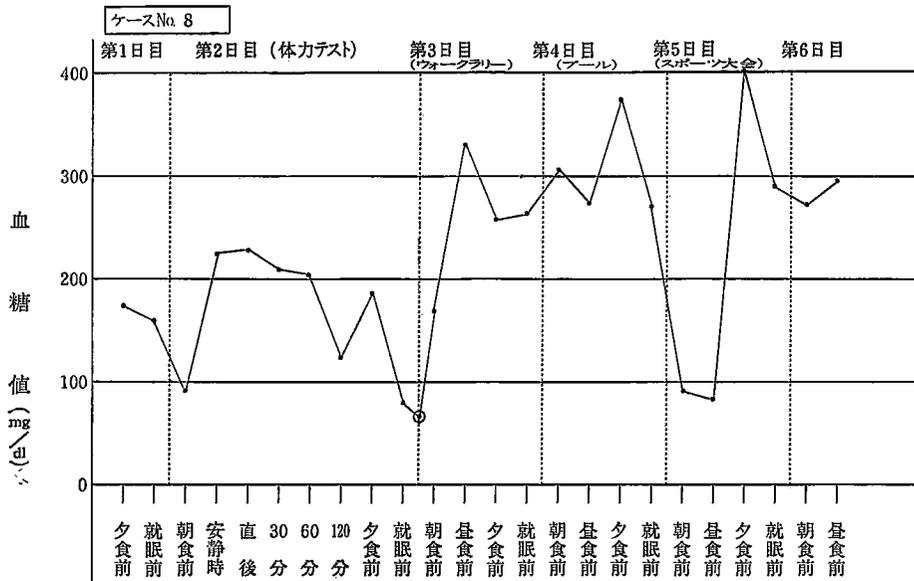


図 3 (◎印は補食)

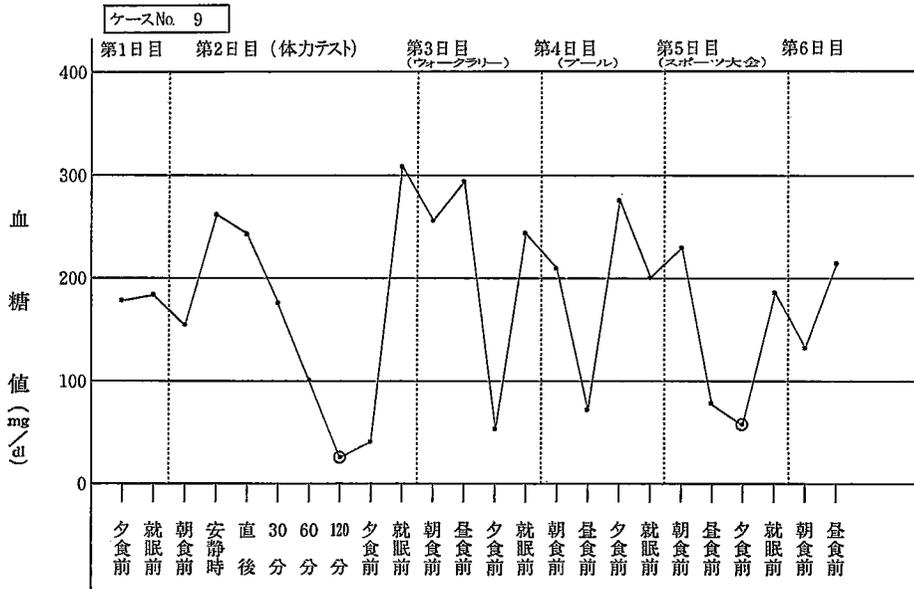


図 4 (◎印は補食)

③ 血糖値の変化

食後2時間後に測定した血糖値は、12例が200mg/dl以上の高血糖値をすでに示していた。負荷直後の変動はばらついてはいたが、100mg/dl以上の差はみられず、高血糖症状や低血糖症状を直後に呈した例はなかった。安静時から高血糖値であった12例のうち、負荷60分後も大きな変化がみられなかった3例(ケース1, 8, 11)は、120分後も値が高く低血糖症状を呈さなかった。大きな変化のみられた9例ではケース14, 16の2例の様に低

表3 脈博数/血糖/血圧・測定値

ケース No.	脈 拍 数				血 糖 値 mg/dl					血 圧 mmHg			ジャン プ回数
	安静時	直後	3分	5分	安静時	直後	30分	60分	120分	安静時	直後	5分	
1	90	96	108	114	289	285	298	289	226	112 70	166 80	116 68	160
2	68	192	120	112	48	63	58	49	41	82 42	164 80	118 50	146
3	90	144	128	100	242	317	153	141	35	110 70	156 70	120 42	196
4	76	144	104	96	50	49	42	86	69	90 60	140 78	114 60	150
5	84	152	128	112	251	289	194	141	35	100 70	174 80	108 70	150
6	108	148	116	108	261	222	73	46	50	92 54	146 52	106 54	70
7	90	90	102	96	101	59	40	46	28	90 54	140 70	110 70	120
8	80	112	92	84	223	224	206	201	124	90 68	132 80	100 66	130
9	60	66	60	66	265	245	173	101	25	90 58	152 74	110 70	123
10	88	152	112	92	283	235	214	120	43	90 66	134 70	120 74	112
11	86	152	116	102	400	400	400	375	263	90 64	130 58	110 68	99
12	96	148	102	98	296	299	205	205	47	98 54	142 60	114 48	145
13	104	180	152	128	56	55	24	63	35	92 60	132 74	100 66	134
14	88	172	112	100	328	292	222	207	75	96 60	152 88	98 60	140
15	90	156	108	102	219	256	130	86	36	90 60	120 60	100 64	93
16	92	124	100	96	232	204	158	129	81	96 40	140 62	94 58	131

血糖症状を呈さない例もみられたが、7例では低血糖症状を呈した。安静時正常範囲であったケース7は、日常生活で頻繁に低血糖をおこし、負荷テストにおいても、負荷40分後に低血糖症状を呈した。安静時に低血糖値であった3例（ケース2、4、13）は、低い値のままで変動は少く、30分乃至70分で低血糖症状を呈した。又、この3例は、安静時に比べ負荷直後の脈拍数が多く、その戻り方も遅かったが、30分後にはほぼ安静時の脈拍数に戻った。

以下の結果では、キャンプ期間中の血糖値不明回数が多いケース5を除く15例について述べる。

3 キャンプ期間中の血糖値と負荷テスト実施日の血糖値との関係

キャンプ期間中の最高血糖値により、対象児を、Aグループ：最高血糖値が400以上の6例（ケース1、8、11、14、15、16）、Bグループ：同250以上400未満の6例（ケース3、6、9、10、12、13）、Cグループ：同250未満の3例（ケース2、4、7）の3グループに分類し、HbA_{1c}値、期間中の血糖値の日内較差、低血糖症状の回数、負荷テスト後の低血糖症状について検討した。

Aグループでは、HbA_{1c}値は12以上、日内較差の最高値が300以上と大きかった。ケー

ス15を除く5例の血糖値は期間中高い値で変動し、低血糖症状も0～3回と少なく、負荷テスト後の経過においても低血糖症状を呈さなかった。ケース15では、期間中の血糖値は他の5例に比べやや低い値で変動し、低血糖症状を呈することが多く、負荷テストにおいても低血糖症状を呈した。

Bグループでは、HbA_{1c}値は9～12、日内較差の最高値は200～300であった。期間中の血糖値はAグループよりも低い値で変動し、低血糖症状も3～8回と多く、負荷テストにおいて、全例低血糖症状を呈した。

Cグループでは、HbA_{1c}値は8～10、日内較差の最高値は200以下であった。期間中の血糖値は低い値で変動し、低血糖症状は8回以上であったが、血糖値が低くても、低血糖症状を呈さないことが多くみられた。負荷テストにおいても血糖値は低い値で変動し、全例低血糖症状を呈した。

4 負荷テスト実施日の血糖値と、実施日以外の同時間帯の血糖値の関係

負荷テスト実施日の、昼食前血糖値測定時間と重なった負荷120分後の血糖値について、実施日以外の他の4回の昼食前血糖値と比較した。安静時に高血糖値を示した11例は、他日の4回の昼食前血糖値が低血糖値を示すことはほとんどなく、実施日の昼食前の値が高血糖値であった2例(ケース1, 11)を除く9例は、全例、実施日の昼食前の値が、他の4回より低い値を示した。安静時から血糖値の低かった4例(ケース2, 4, 7, 13)は、他日の4回の昼食前においても、低血糖値を示すことが多かった。

IV 考 察

成人糖尿病患者における適正運動量は、トレッドミル等を利用して、運動生理学的知識のもとに、かなり一般化された方法で決定することができる。しかし、インスリン依存型が多く、血糖コントロールが困難な小児糖尿病児は、発達過程にあり、しかも、通常の学校生活における運動負荷が、低血糖症状をおこす可能性もあることから、学校での体育活動やクラブ活動の制限を受けやすい。これについて陣内ら⁷⁾は、特別な合併症がない限り、普通の子供と同じ様に積極的に運動に参加して、低血糖を起こさない様な注意さえしておけば良いと述べている。しかし、様々な生活上の制限からくる心理的負担が、⁸⁾ 幼年期や思春期に多く発症する糖尿病児の心身の発達過程に及ぼす影響は大きく、佐藤らによると、治療状況やコントロール状態は病児のパーソナリティ形成如何によるとの報告もある。発症時期、年齢を考慮した身体面、心理面共に発達の観点から捉えることは必須である。

今回のジャンプテストは、サマーキャンプという非日常的場面ではあるが、自然環境に恵まれ、且つ集団であるという特性を利用し開放的な雰囲気の中で、仲間と一緒に、互いに競争しながら、遊びの要素も含めて実施された。従って対象児は意欲的にとり組み、ひとりの脱落者もなく、一生懸命に頑張ることができた。テスト結果の不正確さはまぬがれないが、子供ひとりが被検者となり、実験室の重々しい器械に囲まれて行うという状況から来る対象児の緊張や圧迫感に比して、短時間で、しかも簡単にどこでも行える本検査の、

対象児に対する動機づけは大きい。

キャンプ期間中の個人の血糖値の変化をみると、低い血糖値で変化しているケースや、高い値で変動しているケースと個人差が大きく、且つ同一ケースでも、日ごと、時間ごとに大きく変動している例が多かった。最高血糖値が高いグループは、変動幅が大きくても低血糖値を示すことは比較的少なく、かつ、負荷テストにおいても低血糖症状を呈さない例が多かった。これは血糖値が高い値で変動していることが多いためと思われる。一方低い値で変動している例では、少しの変動によっても低血糖値を示しやすく、負荷テストによっても早い時間に低血糖症状を呈した。このことから特に低い値で変動している例では、運動負荷前、後の補食の必要性が強く示唆されている。更にHbA_{1c}値の高い例においても、低血糖値を示す例があり、又、低血糖値であっても本人が自覚できないケースが多くみられたことは、インスリン依存性糖尿病児の代謝相コントロールの困難さがうかがえる。

一般的に糖尿病児に対しては、急激なしかも強い運動負荷は好ましくないとされている。しかしこのテストは食後2時間経過した後に行われた亜最大レベルの負荷で、負荷直後に高血糖、低血糖症状を呈したケースはなく、2時間以内に低血糖症状をおこしたケースが多かった。このことから負荷前に血糖値測定を行い、前もって補食を摂るなどの対応をしておけば、このジャンプテストは、糖尿病児に対する運動負荷のスクリーニングテストとして実施可能な範囲の運動量と思われる。

若林ら⁴⁾はファロー四徴術後の患児に、3分間ジャンプテストとトレッドミル負荷を実施し、最大心拍数と最大酸素消費量とを比較検討した。その結果、両負荷に相関がみられ、ジャンプテストは亜最大負荷という限界はあるものの、その検査結果は、トレッドミル負荷の結果をある程度予測せしめるという報告を得た。しかしながら我々の検査状況は、器械を使用できないフィールドでの測定である為、ケース1, 7, 9の様に、運動負荷による血圧の上昇にも拘らず脈拍数が不変であるという結果が3例にみられている。これは子供の負荷直後の脈拍の測定が、非常に困難であることから生じた測定誤差によるものか或いは別の因子によるものかは、今回の結果からは判断することができなかった。又、負荷テスト実施日と、実施日以外の昼食前血糖値の比較についても、当日の朝食のカロリー摂取量が予定より少かった事によるのではないかという指摘もあった。従って今後は我々のジャンプテストの実施面での精度を高めること、及び補食を含めたカロリーの摂取量のコントロールを正確に行うことなどの点を改善しながら、若林らの条件設定及び検査結果と比較検討していくことが必要と思われる。

V まとめと今後の課題

サマーキャンプに参加したインスリン依存性糖尿病児に対して、自由跳躍による3分間ジャンプを実施した。短時間の亜最大運動負荷が、脈拍数、血圧、血糖値にどのような変化を及ぼすかを検討し、次の様な結果を得た。

- 1) 対象者16名の脈拍、血圧、血糖値は、性、年齢、治療期間、コントロール状況によ

る差はみられなかった。

2) 負荷後の血糖値は、時間的経過のずれはあるものの、全員血糖値の降下はみられた。

3) 運動負荷の有無によらず、キャンプ中に補食を必要とするケースが多かった。

また血糖値は、個人においても、個人差間においてもばらつきが大きかった。

今後の課題として、ジャンプテストの妥当性をトレッドミルと比較(カロリー消費量、最大心拍数、血糖値の時間的変化)、ジャンプの高さ、回数/1分間、時間、跳躍方法等を若林らの結果と比較検討すること。なお、より精度の高い、簡便な脈拍、血圧の測定器の開発の必要性も考えられる。

謝辞

稿を終わるにあたり、御協力いただいた、森哲夫先生、武井陽子先生、吉川清子さんに心から御礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 阿部正和他：糖尿病運動療法のでびき，医歯薬出版，1983
- 2) 北川照男他：小児の糖尿病，医歯薬出版，1981
- 3) 阿部祐吾：運動療法，第5回日本小児糖尿病研究会記録集，1984
- 4) 若林良他：フォロー四徴術後患者に対する簡易運動負荷検査（ジャンプテスト）厚生省心身障害研究報告書，1981
- 5) 若林良他：幼児の簡易運動負荷テスト 小児内科，Vol 15, No.11 1980
- 6) 田村俊世他：跳躍による小児の簡易運動負荷法，体力科学，Vol 34, No.3, 1985
- 7) 陣内，梶原：小児糖尿病の臨床の実際 “運動療法の基本”，第18回日本糖尿病学の進歩，1984
- 8) 佐藤他：インスリン依存性糖尿病児における行動特性（第一報），信州大学医短紀要 Vol.10, No.2, 1984

参考文献

- 1) アメリカスポーツ医学協会：運動処方指針，南江堂，1982
- 2) 北川照男他：小児の糖尿病，医歯薬出版 1979
- 3) 阿部正和他：糖尿病運動療法のでびき，医歯薬出版，1983
- 4) 日本糖尿病学会編：糖尿病の療育指導，診断と治療法，1984
- 5) 日本小児糖尿病研究会：記録集，1984
- 6) 田苗綾子：小児糖尿病の食事療法と運動療法，ホルモンと臨床，Vol.26, No.9, 1978
- 7) 土屋他：インスリン依存性糖尿病における食餌と運動，ホルモンと臨床，Vol.30, No.9, 1982
- 8) 佐藤祐三：小児糖尿病の運動療法，臨床栄養，Vol.63, No.2, 1983

(1985年9月30日 受付)