

歩数と心拍数による幼児運動の定量的測定とその応用

(分担研究：効果的な運動及び体力向上の方策に関する研究)

本田 憲、牛ノ濱大也、佐川浩一、石川司朗、
長迫哲朗、田野田孝喜、瓜生佳世、

要約：幼児の日常運動量の減少が生活習慣病の要因の一つとされている。幼児の日常運動量の現状把握と、幼児に必要なかつ適切な運動の種類とその日常運動への採り入れ方を例示することが求められている。いずれの命題の解決のためにも、幼児の日常運動と遊びの定量ないし半定量化が必須である。190名の5、6歳児を対象に定量的日常生活運動量分析を実施しているが、今回、定量的運動負荷である Bruce 法によるトレッドミル負荷中の心拍変動、酸素摂取量ならびに万歩計による歩数計測を解析した結果、心拍数と歩数によって幼児の運動の定量化が可能になったので報告する。

見出し語：定量的運動負荷、Bruce 法、トレッドミル、酸素摂取量、心拍数、万歩計による歩数

＜対象と方法＞

5歳児97名、6歳児93名計190名の保護者に資料-1の依頼文を園を通じて配布し、資料-2のアンケートへの回答ならびに保育中の心拍測定、運動能力テスト、トレッドミルによる運動負荷テストへの協力可否を問うた(資料-3)。その結果、アンケート調査188名、園内生活時の心拍測定148名、運動能力テスト156名、定量的運動負荷テスト107名の協力者が得られた。なお、遊びと運動に関するアンケートは加賀谷教授の全国統一調査票を用いたが、最終項目に、保護者が日頃感じている子供の身体活動性と、保母が見た活動性に関する調査を追加した。

今回の報告の対象となったものは、定量的運動

負荷テストに協力回答を得られた107名のうち、平成9年11月末までにテストを終了することのできた6歳男児35名、6歳女児26名、5歳児37名の計98名である。

運動負荷には、フクダ電子社製トレッドミル MAT-2100 を用い、Bruce 法による多段階運動負荷を第1ステージから自覚的的最大許容負荷まで実施した。その間、NASA または CM-5 誘導法による心拍の連続測定ならびにミナト医科器械社製 Aeromonitor AE-280 を用いた呼気ガス分析法による酸素摂取量 (ml/min/kg) (以下 $\dot{V}O_2$) 測定をおこなった。また、身長差 8 cm 以内の 67 症例には山佐電子社製万歩計 J-MANPO EM-320B を装着して負荷中の総歩数を測定した。

(福岡市立こども病院 Fukuoka Children's Hospital)

(資料一 1)

〈お子さまの身体活動と運動能について〉 —調査ご協力をお願い—

保護者殿

やっと秋めいて参りましたが、お子さまをはじめ皆様方お元気にお過ごしのことと存じます。さて、厚生省は、今まで「成人病」といわれていた癌、脳血管障害、心臓病、糖尿病、高血圧症などを「生活習慣病」と呼ぶようにしようと、提言しております。日本人の生活習慣が大きく変化したことが、こうした病気の発生や進行にかかわっていると考えられるからです。良い生活習慣を身につけることでこれらの病気を予防をすることが大切ですが、人間の生活習慣の基本は幼児期に形作られることはご存知のとおりです。

こども達をとりまく生活環境も大きく変化し、食事の欧米化やこどもなりのストレス社会がみられるようになりました。また、こどもの身体活動も年々低下して、**体力や運動能力が低下しているのではないかと**憂慮されています。テレビゲーム、ミニ四駆、テレビをみるなどが、こどもの生活の多くの時間をしめるようになってきている事実があるからです。

お宅のお子さんはどんな生活をしておられるでしょうか。保護者の方々の目が届きにくい保育園や幼稚園での身体活動はどうなっておられるでしょうか。そして、お子さんの運動能はどの程度なのでしょう。

厚生省でも研究班を組織し、今のこども達の身体活動の程度を知って、今後のよりよい生活習慣に結びつける糸口をみつけないかと考えているところです。そこで、園の先生方のご協力を得て以下のようなことを実施してみたいと考えております。

ご賛同が得れましたら、よろしくご協力下さい。

(実施予定項目：対象5～6歳児)

1、遊びに関するアンケート調査：

日本女子体育大学教授である加賀谷淳子先生がつくられたアンケートです。

ご賛同いただければ、できるだけ多くのおみなさまにご協力いただきたいと存じます。

2、園内生活での心拍数の測定：

胸の2カ所に直径1cmくらいの心電図用電極をばんそう膏ではりつけ、腰に小さな軽い袋(約100g)をつけてもらい、園にいる4～8時間の心拍数の変化をみるものです。

心拍数は運動の程度をあらわす良い指標であることはよくご存知と思います。お子さんの体にも活動にも何も影響を与えません(水には入れませんが…)。1日に10人程度しかできません。

また、園のスケジュールによる差をなくするため1人のお子さんを3日ほどとります。

3、運動能力テスト：

走ったり、とんだり、敏しょうに動いたりできる度合いを、福岡大学体育学部の先生に測定してもらいます。

4、心肺機能テスト：

園が休みの日にこども病院に来ていただき、きまった運動(トレッドミル)をしている間の心拍数の変化(心電図)と酸素消費量(マスクをつけてもらうだけです)を測って運動に慣れているかどうかを知ります。

(資料-2)

保護者各位

小児の遊びに関するアンケート (御願い)

日本女子体育大学 加賀谷 淳子

あなたのお子さまは日頃どんな遊びをしていらっしゃいますか、教えてください。

お子さまの年齢 歳 カ月 男・女 (どちらかに○)

1、今日はどんなことをして遊びましたか。以下に書いて下さい。

遊びの名前	場所 室内・外	一緒に遊んだ人 (○をつけて下さい)			
		一人で	お友達と	兄弟・姉妹と	家族大人と
1、					
2、					
3、					
4、					
5、					

その他 (種類のみ書いて下さい) _____

2、他に (上記以外) 今週どんな遊びをしましたか。思い出せるものを5個以内で書いて下さい。

- 1、 _____
- 2、 _____
- 3、 _____
- 4、 _____
- 5、 _____

3、上記以外で、この1カ月間にどんな遊びをしましたか。思い出せるものを書いて下さい。

- 1、 _____
- 2、 _____
- 3、 _____
- 4、 _____
- 5、 _____

4、上記の遊びの中、あなたのお子さんが最も好きな (あるいは最も頻繁に行う) 遊びの名前を1つだけ書いて下さい。

5、あなたのお子さんの身体活動について、日頃どのように感じておられますか。
番号に○をつけて下さい。

- 1、活発だと思う：よく走り回っている。外遊びが好きで外遊びの時間も多い。
- 2、普通だと思う：特に活発ということではないが、室内でおとなしく過ごすことが多いということでもない。
- 3、おとなしい方だと思う：外遊びのときもそれほど走りまわる方ではなく、どちらかといえば室内でおとなしくすごしている方が多い。

(ご協力ありがとうございました)

(資料-3)

＜お子さんの身体活動について＞

別紙の主旨で4項目の調査を実施してみたいと考えています。
ご賛同いただけるかどうかお答え下さい。

(本田)

お子さまのお名前：

保護者のお名前：

印

- 1、アンケート調査：ご協力いただける方は別紙ご記入の上担任までご提出下さい。
- 2、心拍数の測定： 協力できる できない
- 3、運動能力テスト： 参加する 参加しない
- 4、心肺機能テスト： 希望する 希望しない

これらの結果から、Bruce 法各ステージの終了近くで心拍数と $\dot{V}O_2$ がほぼ安定した時点での各数値を年齢別、性別に集計し、各々の平均値、標準偏差、心拍数と $\dot{V}O_2$ の相関および歩数と運動継続時間ならびに到達最大心拍数との相関を検討した。

＜結果＞

1、トレッドミル各ステージの心拍数と酸素摂取量

1) 自覚的最大到達度

6歳児ではBruce法のステージ4を終了できたものは35名中30名(85.7%)、ステージ5まで到達できたものは5名(14.3%)であり、6歳女児ではステージ4までの到達児は26名中22名(84.6%)、同ステージ5は1名(3.8%)のみであった。一方、5歳児では、ステージ4到達児は37名中22名(59.5%)で、ステージ5到達児はいなかった。

2) 酸素摂取量の変化(表1)

6歳児の安静時および運動負荷各ステージの

$\dot{V}O_2$ 平均値に男女差はなく、5歳児の $\dot{V}O_2$ は統計学的に有意義は認められないが6歳児に比して負荷中の各ステージ共に高い値を示している。このことは、同じ速度、同じ勾配の運動であっても5歳児にとっては6歳児に比して生理的により強い運動であることを示している。

3) 心拍数の変化(表2)

6歳女児の平均心拍数は男児に比して各ステージ共に高い値を示しているが統計学的に有意差はなく、かつ、安静時すでに高値であることを考えれば、呼気ガス分析用マスクを装着したり、前者の検査をみていることなどによる心理的興奮が関与している可能性がある。

5歳児では6歳児の心拍変化に比し、安静時に大きな差が存在しないにもかかわらず、運動負荷開始後は、各ステージ共に高い値を示しており、同一運動速度に対する心拍反応度の高さを示している。 $\dot{V}O_2$ の変化とも一致する所見である。

4) 心拍数と酸素摂取量の5・6歳児の比較(図1)

5歳児と6歳児の各ステージにおける心拍数と

表1：運動負荷各ステージ酸素摂取量

Bruce法		Rest	Stage-1	2	3	4	5
6 y	例数	35	35	35	35	30	5
男	$\dot{V}O_2$	7.6±0.9	20.2±3.8	24.6±4.8	31.2±4.9	38.4±4.6	44.9±5.2
6 y	例数	26	26	26	25	22	1
女	$\dot{V}O_2$	7.6±1.0	20.9±3.3	24.7±3.2	30.9±3.8	37.3±4.1	41.8
6 y	例数	61	61	61	60	52	6
全体	$\dot{V}O_2$	7.6±1.0	20.5±3.6	24.7±4.2	31.1±4.4	37.9±4.4	44.4±4.9
5 y	例数	36	37	37	36	22	0
全体	$\dot{V}O_2$	8.0±1.3	21.4±4.1	26.2±4.3	33.3±5.0	39.2±5.7	-

$\dot{V}O_2$ ：酸素摂取量(ml/min/kg)
 平均値±標準偏差

表2：運動負荷各ステージの心拍数

Bruce法		Rest	Stage-1	2	3	4	5
6 y	mean	93.3	117.6	131.5	154.2	176.0	183.4
男	±SD	±12.7	±12.8	±14.5	±16.5	±15.5	±5.7
6 y	mean	99.5	127.7	140.6	164.8	184.9	189.0
女	±SD	±11.3	±15.5	±14.7	±13.4	±10.6	
6 y	mean	95.1	121.9	135.4	158.3	177.4	181.0
全体	±SD	±14.6	±14.8	±15.1	±16.4	±19.5	±6.7
5 y	mean	97.2	126.1	143.1	168.3	183.8	-
全体	±SD	±11.5	±13.6	±17.3	±13.4	±11.2	-

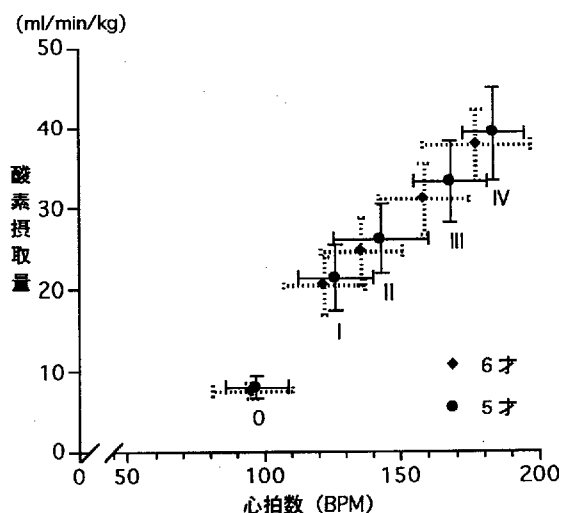
(症例数は表1と同様である)

$\dot{V}O_2$ の平均値と標準偏差を図示したのが図1である。

先にも述べたように、安静時には5歳児と6歳児の間に心拍数、 $\dot{V}O_2$ 共に差はないが、運動開始と共にBruceの各ステージ共に5歳児の平均値は6歳児に比し右上方に偏していることが確認できる。同一ステージの運動量が、5歳児にとっては6歳児に比し生理的負荷が強いこと、かつ、 $\dot{V}O_2$ と心拍数の変化はほぼ平行していることが認識される。

加えて、図1より、心拍数の変化は $\dot{V}O_2$ とほぼ

図1：Bruce各ステージの心拍数と酸素摂取量



直線的に相関すること、ならびに、安静時の心拍数は $\dot{V}O_2$ に比し右方に偏位しており、心理的緊張による心拍増加があることを示唆している。

2、心拍数と酸素摂取量の相関

6歳男児（図2）、6歳女児（図3）、6歳全体（図4）、5歳児（図5）の心拍数と $\dot{V}O_2$ の相関図である。いずれのグループも心拍数と酸素摂取量の間には0.77以上の高い相関係数を示しており、両者がほぼ直線的相関にあることを示している。また、直線の勾配は5歳児と6歳児でほぼ等しく、両年齢の幼児共最大酸素摂取量がほぼ同等であることがうかがえる。但し、 $f(x) = ax - b$ の $|b|$ は5歳児が6歳児より大きく、同等の運動負荷で早目に耐応能の限界に達することが示唆される。

3、トレッドミル運動負荷と万歩計による歩数

トレッドミル負荷継続時間（分）と歩数の相関が図6である。両者の相関係数は0.689と比較的高い相関を有しており、運動時間と歩数の間に良

図2：心拍数と酸素摂取量の相関（1）

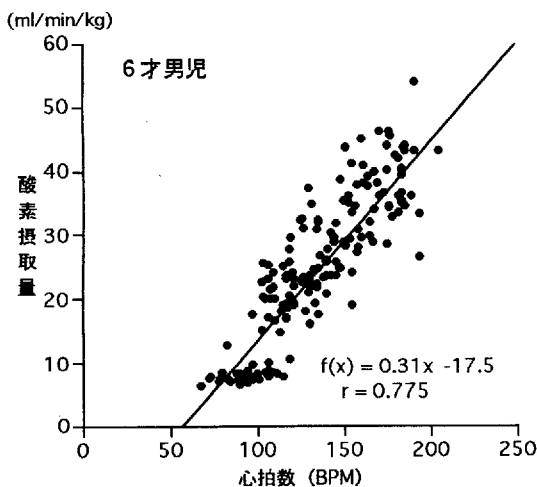


図3：心拍数と酸素摂取量の相関（2）

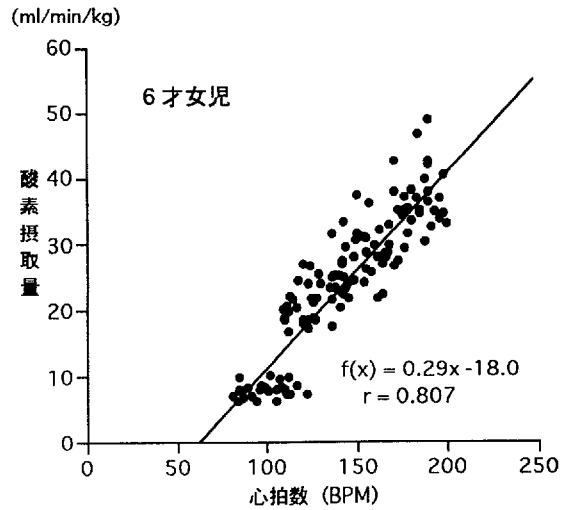


図4：心拍数と酸素摂取量の相関（3）

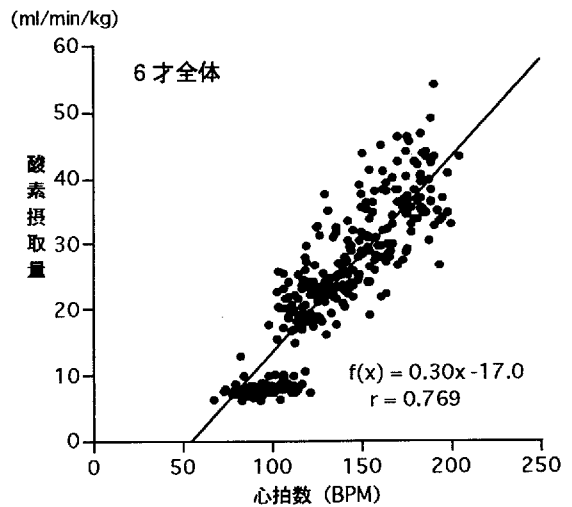
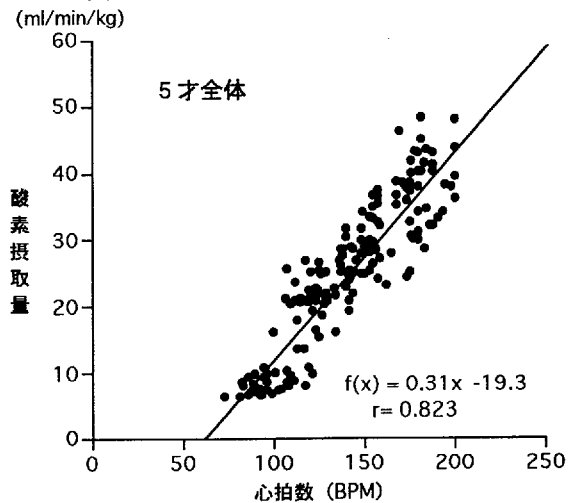


図5：心拍数と酸素摂取量の相関（4）



好な相関があることを示している。しかし、到達最大心拍数と歩数との間には全く相関がないことは図7に示すとおりである。

すなわち、万歩計による歩数は運動していた時間を推定する方法としては良い方法ではあるが、運動の種類や強度を推定することは不可能であることを示している。但し、運動した時間とその間の歩数を単位時間毎に測定することが可能であれば、すくなくとも身体移動を伴う運動では、身体移動の速度を推定することが可能である。

<考察>

1、心拍数による運動量の推定

図2～5に示したように $\dot{V}O_2$ と心拍数はほぼ直線的な高い相関をもつとともに、5～6歳児において両者の相関式に有意差がないことが確認された。

表1、2、図1、図4、5から、Bruceのステージ0、すなわち、坐位安静時の5～6歳児の $\dot{V}O_2$ 平均は7.8ml/min/kgとなるが、先述したように、坐位安静時にも検査に対する緊張感から、必ずしも心身安静とはいえ、実際の安静坐位では、この1.5～1.2分の1、すなわち、5.2～6.5 ml/min/kgと推定される。

生理学的運動強度の臨床的判定法としてMETS法が広く利用されている。すなわち、安静坐位のエネルギー消費量（成人では約3.5ml/min/kg）を1とし、各運動におけるエネルギー消費量が安静時の何倍に相当するかを数値評価したものがMETSである。

METS法によれば、1.5から3～4METSは比較的軽度な運動、3～4METSから5～6METSは中等度、それ以上は比較的強い運動とされてい

図6：運動時間と歩数の相関

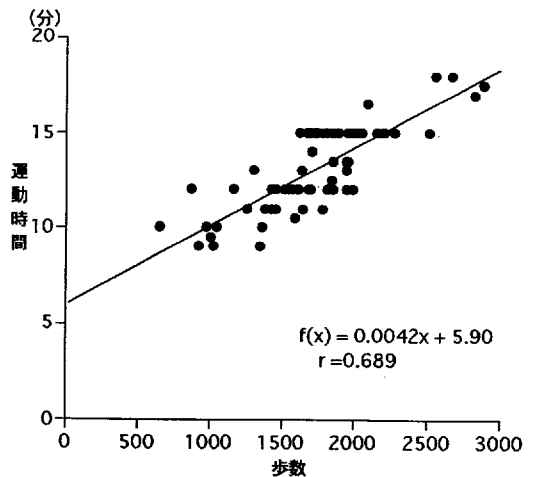


図7：最大心拍と歩数の相関

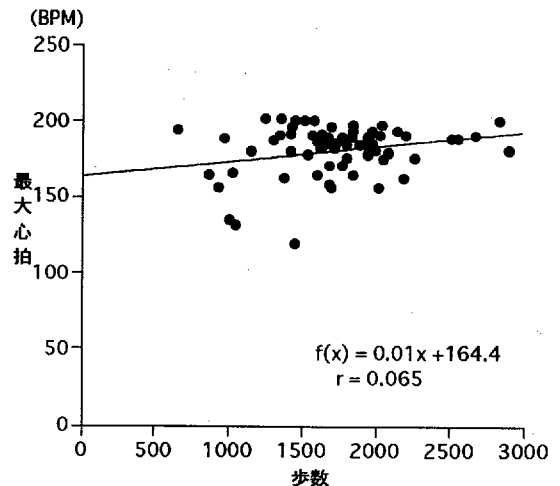
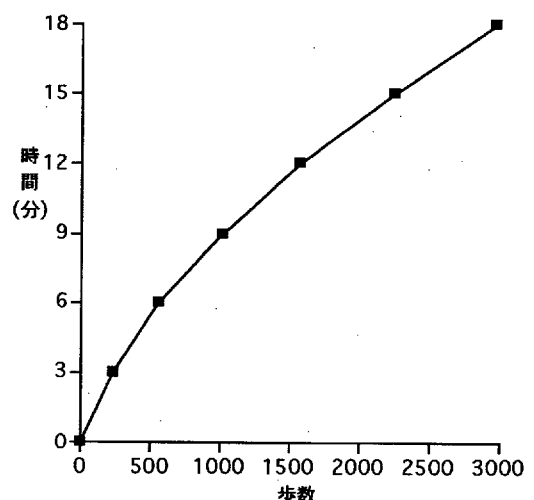


図8：Bruce負荷時の時間と歩数の理論的相関



る。

ところで、今回測定の $\dot{V}O_2$ と心拍数の相関に上記 METS を当てはめると、3～4METS は 18～24ml/min/kg、心拍数約 130BPM に相当し、5～6METS は 30～35ml/min/kg、心拍数およそ 170BPM に相当する。

従って、心拍数から運動強度の概略を判定することが可能となる。すなわち、心拍数 90 未満はほぼ安静時、90～130 未満は比較的軽い運動時、130～170 未満は中等度運動時、170 以上は強い運動と位置づけられ、それらの継続時間を分類集計することによって、1 日運動量の程度を推定することが可能となる。

また、各種の遊びや運動時の心拍数を測定すれば、その遊びや運動の運動エネルギー消費量の平均と偏差、すなわち、運動量の概略を知ることができ、どのような遊びや運動をどのように幼児に導入すべきかの基準を科学的に決定できる。

2、歩数による運動量の推定

Bruce 法によるトレッドミル運動負荷のベルト速度および 5～6 歳児の歩幅を約 60 cm として推定される Bruce 法による運動負荷中の歩数変化は理論的には図 8 のようになる。図 6 では 0 から 9 分までの測定値が無いので直線相関になっているが、負荷開始 9 分程度で約 1000 歩、同 15 分で約 2000 歩、18 分で 3000 歩弱であることは理論値と実測値がほぼ一致することを示している。

歩数計測による $\dot{V}O_2$ 推計にはトレッドミルの傾斜が無視されているため、Bruce 法による運動量の定量値とは正確には合致しないが、負荷中の歩数実測値ならびに理論値から運動量の概略を推定することができる。すなわち、30 分間に 2500 歩

未満は軽度、2500 歩から 5000 歩間は中等度、5000 歩以上は強い運動と判定できるものと思われる。

2500 歩は、5～6 歳児にとって Bruce I～II の中間速度で 30 分歩いたときの歩数であるが、傾斜による負荷を差し引いて Bruce I 度およそ 3METS の運動に相当する運動を 30 分間継続したものであり、同 5000 歩は Bruce III～IV の中間速度で 30 分歩行ないし走ったときに相当する歩数であるが、傾斜負荷を差し引いて、約 6METS に相当する運動量となるからである。

単位時間毎の歩数を測定することができれば、その合計によって計測期間中の総合運動量を判定することが可能となる。

3、心拍測定の日常生活への導入

1) 心拍測定の手技

平成 8 年度報告書に記載した測定法を改良した。

心拍測定にはポーラエレクトロ社製バンテージ NV を使用し、胸部電極にはフクダ電子社のカーボンローデ II を NASA 誘導法に従って装着し、本来の胸部誘導ベルトに装着させた接続端子にリード端末を接続し、このベルトと心拍記録器をミニポシェットに収納して、腰につけさせた。ミニポシェットの全重量は 150～200g である。

2) 測定心拍の解析

昨年度に報告したように、設定した心拍数をこえる面積の積分値を計測する方法や設定心拍数を超える時間を集計する方法がある。

いずれの方法が日常生活の運動量測定により有用であるかは、現在測定中の 150 名の幼児の分析を検討して結論を出す。

<結語>

今回の定量的運動負荷による心拍数と歩数の計測から、幼児の日常運動の運動量を定量的ないし半定量的に測定することが可能となった。

1、万歩計の歩数による運動量の推定

15分ないし30分毎に歩数を計測すれば、表3に従って、その時間内の平均的運動量の程度を推定できる。

表3：単位時間内の歩数と運動量

	15分間	30分間
軽い運動	1300歩まで	2500歩まで
中等度の運動	1300～2500歩	2500～5000歩
極く強い運動	2500歩以上	5000歩以上

2、心拍数による運動量の推定

5、6歳児の場合心拍数を測定することによって表4に従って運動量を比較的正確に判定できる。

表4：心拍数と運動量

	心拍数 (BPM)
安静時	90未満
軽い運動	90～<130
中等度の運動	130～<170
極く強い運動	170以上

心拍数から類推される運動量は比較的瞬時のものであり、測定間隔を短くすることで時々刻々の運動量を知ることができるが、逆にある時間内の、あるいは1日の運動総量の計測には心拍数の上昇程度とその持続時間の組み合わせによらねばならない。

どのような心拍数と時間の組み合わせが運動量判定に最適であるかは、現在進行中の幼児の日常生活

時および遊びや運動時の心拍数と生活内容、運動能力テスト、活動性に関するアンケートなどの総合検討の結果によらねばならない。

今回の成績から、幼児の日常生活の運動量ならびに特定の遊びや運動が幼児にとってどの程度の運動量であるかを定量的に、すくなくとも半定量的に実測することができるようになった。幼児の運動量の現状を把握し、どのような遊びや運動を取り入れるべきかを科学的に検討することを可能とした。



検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



要約: 幼児の日常運動量の減少が生活習慣病の要因の一つとされている。幼児の日常運動量の現状把握と、幼児に必要なかつ適切な運動の種類とその日常運動への採り入れ方を例示することが求められている。いずれの命題の解決のためにも、幼児の日常運動と遊びの定量ないし半定量化が必須である。190名の5、6歳児を対象に定量的日常生活運動量分析を実施しているが、今回、定量的運動負荷であるBruce法によるトレッドミル負荷中の心拍変動、酸素摂取量ならびに万歩計による歩数計測を解析した結果、心拍数と歩数によって幼児の運動の定量化が可能になったので報告する。