

〔原 著〕

視覚にハンディキャップをもつ児童・生徒の有酸素作業能

近 藤 照 彦¹⁾・中 田 英 雄²⁾

盲学校に在籍する児童・生徒(男女9名、年齢12歳～46歳)を対象として、自転車エルゴメーターによる最大下負荷テストを実施し、心拍数と酸素摂取量の一次回帰式を求め、予測最大酸素摂取量を推定した。被検者9名のうち8名から心拍数と酸素摂取量の間に有意な相関関係が得られ、その一次回帰直線から予測最大酸素摂取量の値を推定した。予測最大酸素摂取量は、13歳男子の57.2 ml/kg/minから36歳男性の23.5 ml/kg/minの範囲にあった。被検者7名の予測最大酸素摂取量の値は、先行研究で報告された値よりも高かった。被検者4名の予測最大酸素摂取量の値は、同年齢の晴眼者の値よりも高かった。これら4名の被検者は、体育授業のほかに課外活動として身体活動を行っていた。同年齢の晴眼者の最大酸素摂取量よりも低い値を示した4名の被検者の日常の身体活動を心拍数で見ると100 bpm以下で、座位を中心とした生活を送っていた。βブロッカーを服用している2名の被検者のうち、1名の予測最大酸素摂取量を推定することができなかった。もう1名の被検者の最大心拍数は80 bpm以下を示し、日常生活における心拍数変動は小さかった。本研究結果から、視覚にハンディキャップをもつ児童・生徒の有酸素作業能は、晴眼者と比べて決して低くないこと、そのトレーナビリティは高いことが推察された。

キーワード：有酸素作業能 視覚にハンディキャップをもつ児童・生徒 予測最大酸素摂取量

はじめに

失明すると20のハンディキャップを負うといわれる(Carroll, 1961)。20のハンディキャップの一つに歩行を含む移動能力の制限がある。つまり、身体活動の制限である。視覚からの情報が得られないと距離や位置を正確に知ることも、安全を確認することも困難になり、身体の行動や動作は慎重になりがちである。したがって、視覚にハンディキャップをもつ人たちが持っている力を全身で発揮する運動を日常生活で経験する機会は少ないことが推察される。身体活動に参加する機会が減少するために、視覚にハンディキャップをもつ人の体力は低い水準にとどまっていると考えられてきた(Siegel et al., 1970¹⁶⁾; Cumming et al., 1971⁴⁾; Jankowski and Evans, 1981⁵⁾; Sundberg, 1982⁸⁾。

ところで、障害をもつ人の完全参加と平等やノーマライゼーションの運動の高まりにもなって障害を持つ人たちがスポーツに参加する機会は増えつつある。視覚にハンディキャップをもつ人のフルマラソンは伴走者の手首とランナーの手首を紐で結んで走路を誘導する方式が採られている。このような工夫によって、

これまで不向きとされてきた競技種日に対する参加の機会が増加してきた。それとともに視覚にハンディキャップをもつ人の体力が注目されてきた。

そこで、本研究では、盲学校に在籍する児童・生徒の体力を予測最大酸素摂取量を指標に測定し、視覚にハンディキャップをもつ児童・生徒の有酸素作業能を検討することにした。盲学校児童・生徒の有酸素作業能を酸素摂取量から検討した研究は極めて少数で、基礎資料に乏しいのが現状である。

方法

1) 被検者

被検者は、盲学校中学部・高等部に在籍する児童(年齢13歳の男子1名・年齢12歳と14歳の女子2名)・生徒(年齢21歳～46歳の男性6名でその中の2名は、糖尿病の治療中)であり、8名の弱視と1名の光覚を有する盲児である。表1に被検者の身体的特性を示す。体育の授業は、中学部が週3回、高等部が週1回であり、課外にスポーツ活動を行っている者は、中学部の3名のみである。また、高等部の2名は定期的な運動を行っていない。

2) 有酸素作業能の測定

自転車エルゴメーターによる最大下負荷テストを実施し、心拍数と酸素摂取量との一次回帰式を求めた。

1) 群馬県医師会沢渡温泉病院

2) 筑波大学心身障害学系

表1 被検者の身体的特性

Subj.	Age (yrs)	Sex	Visual loss	B.Height (cm)	B.Weight (kg)
1.YF	12	F	B	141.0	38.0
2.IY	14	F	PS	146.0	47.0
3.DA	13	M	PS	160.5	56.2
4.SH	21	M	PS	159.4	57.6
5.TY	26	M	PS	172.0	68.0
6.SY	36	M	PS	176.0	70.0
*7.SM	43	M	PS	162.0	47.5
8.MS	44	M	PS	150.4	58.5
*9.KS	46	M	PS	163.5	67.9
28.3 ± 14.1		Mean ± SD		158.9 ± 11.5	56.7 ± 10.9
*: Beta blockerを服用中				B: Blind, PS: Partially sighted	

表2 心拍数と酸素摂取量の相関、予測最大酸素摂取量、年齢別最大酸素摂取量および予測最大酸素摂取量の相対値

Subj.	Correlation coefficient between HR and $\dot{V}o_2$	Pred. $\dot{V}o_2max$ (ml/kg/min)	$\dot{V}o_2max$ (ml/kg/min)	$\frac{Pred. \dot{V}o_2max}{\dot{V}o_2max^{**}} \times 100 (%)$
1.YF	r=0.97	38.7	33.0-43.0	117.3
2.IY	r=0.99	29.7	34.0-44.0	87.4
3.DA	r=0.99	57.2	40.0-52.0	143.0
4.SH	r=0.96	26.2	39.2-47.0	66.8
5.TY	r=0.99	24.7	37.7-45.5	65.5
6.SY	r=0.99	23.5	34.6-42.5	67.3
*7.SM	r=0.99	44.1	31.6-39.4	139.6
8.MS	r=0.99	34.4	31.6-39.4	108.9
*9.KS	—	—	31.6-39.4	—

*: Beta blockerを服用中

** : 小林, 1982⁶⁾

個人の最大心拍数(220-年齢)をその一次回帰式に代入し、予測最大酸素摂取量の推定を行い、有酸素作業能の指標とした。負荷手順は、ペダルの回転数を毎分50回転とし、3分間0.5 KP(kilogram pound;以下KPと略す)の負荷でウォーミングアップを行わせた後、はじめに0.5 KPの負荷を与え、4分毎に25 Wattずつ漸増し、各負荷の最後の1分間の心拍数と酸素摂取量を測定した。心拍数の測定は、テレメーター心電計(日本光電)を用いて、胸部双極誘導法による心電位を安静時と運動負荷中の全過程で記録し、表示される1分毎の心拍数を記録した。また、呼吸ガスは、エアロピックプロセッサ-391(日本電気三栄)を用いて1分毎に分析した。

3) 身体活動量の測定

日常生活の身体活動量を把握するために、長時間携帯用心拍計(Vine社製)を用いて、胸部双極誘導法による心電位を1分間隔で測定した。晴天日の平日午前9時から午後3時までその測定を行った。平均気温は

30°C、湿度は40%であった。また、独自に作成した日常生活内容調査用紙を用いて、日常の活動内容を平日午前9時から午後3時まで観察し、記録した。被検者には、事前に本研究の目的と方法および測定の安全性について十分に説明し、測定に参加することの同意を得るとともに、測定時に担任教師の協力を得た。

結果

1) 最大酸素摂取量

表2は、被検者9名の心拍数と予測最大酸素摂取量の相関係数、予測最大酸素摂取量、同年齢の晴眼者の最大酸素摂取量、その相対値を示したものである。本実験に参加した被検者9名のうち、被検者KSを除く8名に心拍数と酸素摂取量との間に有意な相関関係がみられた。その一次回帰直線から予測最大酸素摂取量を推定した。被検者8名の予測最大酸素摂取量を同年齢の晴眼者(小林, 1982⁶⁾)の値と比較した。その結果、被検者YF、DA、SM、MSの4名の予測最大酸素摂取

表3 運動負荷テスト中止時点の最高酸素摂取量、予測最大酸素摂取量との相対値、換気量、心拍数および時間

Subj.	Peak $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	$\frac{\text{Peak}\dot{V}O_2}{\text{Pred.}\dot{V}O_2\text{max}} \times 100$ (%)	$\dot{V}E$ (l/min)	HR (beats/min)	Time (min)
1.YF	24.1	62.3	31.5	165.0	7.0
2.IY	17.6	59.3	28.6	140.0	8.0
3.DA	33.2	58.0	68.4	149.0	8.0
4.SH	22.8	87.0	40.1	176.0	12.0
5.TY	24.7	100.0	39.4	159.0	16.0
6.SY	23.1	98.0	49.3	182.0	12.0
*7.SM	21.8	49.4	29.2	117.0	12.0
8.MS	22.5	65.0	35.0	128.0	12.0
*9.KS	10.1	---	21.6	123.0	12.0

*:Beta blockerを服用中

量は、同年齢の晴眼者の値よりも高かった。一方、被検者 IY、SH、TY、SY の予測最大酸素摂取量は、同年齢の晴眼者よりも低かった。

表3は、被検者9名の最大下運動負荷テスト中止時点の最高酸素摂取量と予測最大酸素摂取量に対する最高酸素摂取量の相対値と換気量、最大心拍数および運動実施時間を示したものである。被検者8名の最高酸素摂取量が予測最大酸素摂取量の何%に相当するのかをみると、被検者 TY、SY、SH (26歳、36歳、21歳) の最高酸素摂取量は、予測最大酸素摂取量のそれぞれ100%、98.0%、87.0%であり、個々人のほぼ最大値であることがわかる。一方、被検者 MS は65.0%、被検者 YF は62.3%、被検者 IY は59.3%、被検者 DA は58.0%、被検者 SM は49.4%となり、いずれも低い

水準であった。

2) 日常生活における心拍数変動

図1は、本実験に参加した被検者の中で、予測最大酸素摂取量の高い値を示した DA の午前9時から午後3時までの心拍数変動と主な行動内容を示したものである。最大心拍数は118 bpm (beats per minute; 以下 bpm と略す)、平均心拍数は79.5 bpm であり、最大心拍数118 bpm は、予測最大酸素摂取量の40%であった。

図2は、 β ブロッカーを服用している被検者 KS の心拍数変動と運動負荷テスト中の心拍数と換気量、酸素摂取量の応答を示したものである。最大心拍数が78 bpm、平均心拍数68 bpm であり、身体活動中の心拍数変動がきわめて小さいことがわかる。さらに、本被検

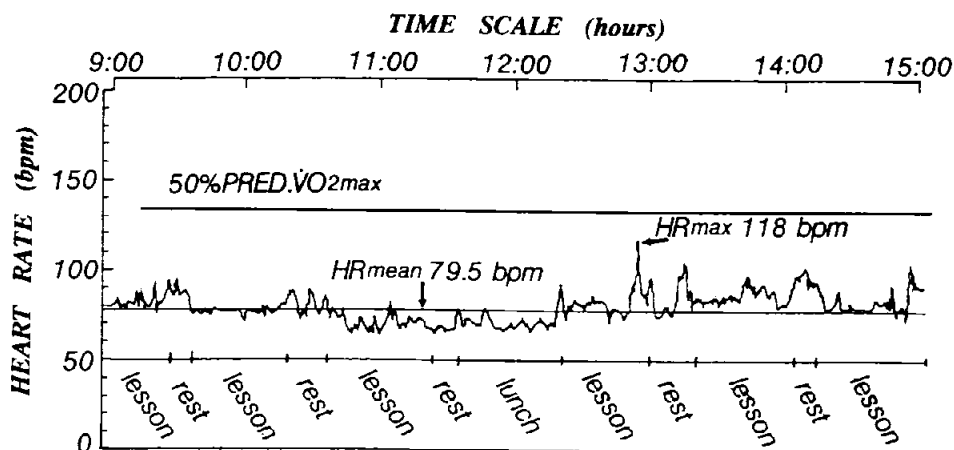


図1 被検者 DA (弱視、男子13歳) の日常生活における心拍数変動

者の負荷テスト中の換気量と酸素摂取量はほとんど増加しなかった。最大心拍数は 123 bpm であった。この傾向は、 β ブロッカーを服用している被検者 SM でも見られた。

考察

これまで報告されてきた視覚にハンディキャップをもつ人たちの最大酸素摂取量の測定結果を見ると、いずれも晴眼者の値に比べて低いことが指摘されている (Siegel et al., 1970¹⁶⁾; Cumming et al., 1971⁴⁾; Jankowski and Evans, 1981⁵⁾; Sundberg, 1982¹⁸⁾; Lee et al., 1985⁹⁾; Hopkins et al., 1987⁸⁾; Shindou et al., 1987¹⁵⁾; Saishoji and Nakata, 1994¹¹⁾)。表 4 は、その結果を示したものである。本実験に参加した被検

者 8 名の予測最大酸素摂取量を比較すると、被検者 3 名 (SH, TY, SY) を除く 5 名は先行研究で報告された値よりも高い値を示した。この結果は、視覚にハンディキャップをもつ児童・生徒の有酸素作業能が決して低い水準にとどまっていないことを示唆している。Lee et al. (1985⁹⁾) は、視覚にハンディキャップをもつ人の最大酸素摂取量がトレーニングによって向上する可能性を指摘してきた。本研究結果から、晴眼者と同様の有酸素作業能を発揮することができる視覚にハンディキャップをもつ児童・生徒の存在を指摘することができる。その被検者たちは、週 3 回の体育授業のほかに、課外で身体活動を行っていた。これらの被検者の予測最大酸素摂取量が高いことと身体活動に参加する機会が多いことは無関係ではないと思われる。つ

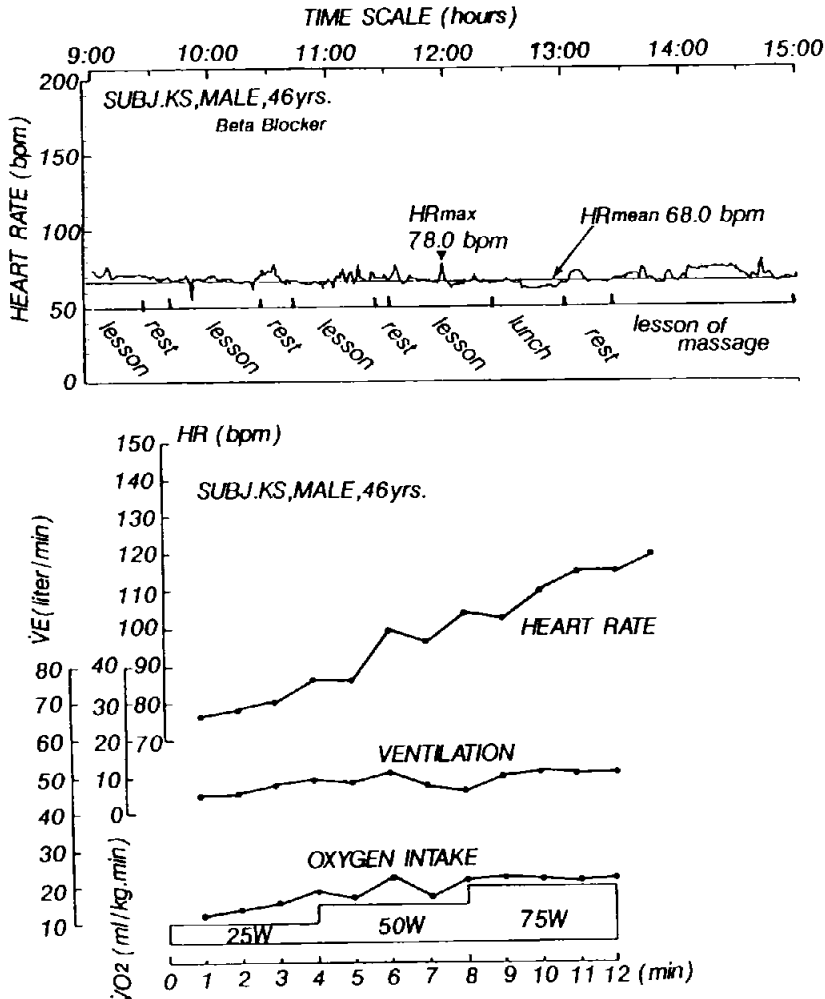


図2 被検者 KS (弱視、男性46歳、糖尿病) の最大下負荷テスト中の換気応答と日常生活における心拍変動

表4 視覚にハンディキャップをもつ人たちの最大酸素摂取量

著者	年齢 (歳)	最大酸素摂取量(ml/kg/min)	
		男子	女子
<i>Siegel et al. (1970)</i>	10-58	24.0(トレーニング前) 25.6(トレーニング後)	
<i>Cumming et al. (1971)</i>	8-12	44.6	37.4
	13-17	44.6	33.6
<i>Jankowski and Evans (1981)</i>	4-18	29.0(男女の平均値)	
<i>Sundberg (1982)</i>	8-14	45.3	36.8
	11-18	49.8	37.0(トレーニング前)
<i>Lee et al. (1985)</i>	11-18	53.2	38.0(トレーニング後)
		B1 35.0(男女の平均値)	
<i>Hopkins et al. (1987)</i>	7-17	B2 42.0(男女の平均値)	
		B3 41.0(男女の平均値)	
<i>Shindou et al. (1987)</i>	16-22	32.6(トレーニング前)	
		38.2(トレーニング後)	
<i>Saishoji and Nakata (1994)</i>	18-67	30.6(トレーニング前)	
		34.4(トレーニング後)	
<i>Kondo and Nakata (本研究)</i>	12-14	* 57.2	* 34.2
	21-26	* 24.8	
	36-46	* 34.0	

B1:視力ゼロ-光覚 B2:視力0.03、視野5度 B3:視力0.1、視野20度
*:予測最大酸素摂取量

まり、視覚にハンディキャップをもつ児童・生徒の有酸素作業能のトレーナビリティは高いと考えることができる。安全な環境と適切な運動によって、視覚にハンディキャップをもつ児童・生徒の有酸素作業能力を向上させることは可能であると思われる。

一方、本実験に参加した被検者3名(SH、TY、SY)の予測最大酸素摂取量は、表4に示した先行研究で報告された値よりも低い傾向を示した。これは、週1回の体育授業以外に定期的な運動をほとんど行っていないことと関連があると考えられる。視覚にハンディキャップをもつ人たちの最大酸素摂取量と心拍数動との関連性を検討した研究として、浅野・熊谷(1990²¹)の報告がある。この報告では、最大酸素摂取量の低い3名の被検者の身体活動水準は心拍数100bpm以下で、最大酸素摂取量の30%以下の水準にあり、座位を中心とした生活時間が多く見られ、日常の低い身体活動水準が最大酸素摂取量を低下させるのではないかと指摘されている。そこで、本実験の被検者3名(SH、TY、SY)の覚醒時における6時間の身体活動水準を見ると、いずれも心拍数は100bpm以下の最大酸素摂取量の30%の低い水準であった。また、行動内容調査の結果から、運動負荷の高い身体活動の時間は少なく、その大半の時間が座位を中心とした生活であった。したがって、これらの被検者の予測最大酸素摂取量が低

いのは、浅野・熊谷(1990²¹)が指摘するように、日常生活における身体活動水準が慢性的に低いことによるものであると推察される。

晴眼成人を対象とした最大酸素摂取量向上のためのトレーニング強度の至適条件としてACSM(1989¹¹)は週3回、最大酸素摂取量の50%から85%の強度と15分間から60分間の持続的な全身運動種目を行うことを提案している。しかし、比較的低い強度である最大酸素摂取量の50%前後でもトレーニング効果は見られるとの報告(山地・横山, 1987²⁰)もある。軽い強度のトレーニングは健常な現代人(定本, 1989¹⁰)、さらに糖尿病の運動療法(佐藤, 1992¹²)においてもその効果が認められている。本実験に参加した被検者9名中3名の日常生活における身体活動水準はいずれも予測最大酸素摂取量の50%以下であり、最大酸素摂取量の向上に必要な強度に達していない。つまり、被検者たちは運動不足にあることがわかる。視覚のハンディキャップによって、単独で行う身体活動量が低下し、運動不足に陥りやすいのである。したがって、日常生活で経験される運動強度よりも高い強度の身体活動を指導プログラムに組み込む必要がある。たとえば、指導者と視覚にハンディキャップをもつ人たちが手首を紐で結んでジョギングをする、あるいは横にした白杖を晴眼者と一緒に握って走る(Webster, 1973²¹)という工夫

も可能である。工夫することによって目が不自由であるから運動が困難であるという、いわば固定的な観念を打破することは可能であろう (Lee et al., 1985⁹⁾)。

草野 (1985⁷⁾) は、障害児の体力測定から得られる測定値は、測定法の問題という現象とは別に能力発揮上の問題が大きいことを指摘している。つまり、心理的な苦痛に対する耐性水準が低い場合、結果的に最大酸素摂取量の測定値は低い値にとどまるという。本実験で低い有酸素作業能を示した全盲児の被検者 YF にとってこのような測定は、はじめての経験であり、運動負荷に対する動機づけや恐怖心などの心理的要因が測定に関係したのではないかと考えられる。

次に、被検者 KS の最大酸素摂取量は予測することができなかった。それは、図 2 に示すように β ブロッカーを服用している被検者 KS の日常生活における心拍数変動がきわめて小さく、運動負荷テスト中の換気応答に変化が認められなかったからである。晴眼者を対象とした β 遮断薬投与後の運動負荷試験では、最高酸素摂取量の低下と最高心拍数の低下が著しいことが指摘されている (谷口・吉田, 1989¹⁰⁾)。したがって、 β ブロッカーを服用している視覚にハンディキャップをもつ糖尿病の人たちのトレーニング効果を心拍数のみで判定する場合、注意しなければならないことになる。

ところで、障害をもつ人たちの体育やスポーツは、今、大きな広がりを見せつつある。その根底にあるのは、障害をもつ人が参加できるように、用具や補助具を開発し、適切な指導者やサポーターを配置することによってスポーツを楽しむ環境を整備し、ノーマライゼーションを目指すという Adapted Physical Activity (Sherrill, 1993¹⁴⁾) の理念である。この理念が体育やスポーツの指導者によって理解され、実践されるようになると視覚にハンディキャップをもつ人ばかりでなく、障害をもつすべての人が身体運動に参加する機会は増加し、それとともなって、体力も向上することが期待される。

視覚にハンディキャップをもつ人たちの全身持久性トレーニングは、緑内障の眼圧を下げたり (Shapiro et al., 1983¹³⁾)、単独歩行で生じる不安を軽減させる (Stanford, 1975¹²⁾) 効果があると報告されている。視覚にハンディキャップをもつ人々に対する全身持久性トレーニングは、単に体力の維持と増加という側面ばかりでなく、このような治療的な側面もあることがわかる。

文献

- 1) American College Sports Medicine Position statement (1989): The recommended quantity and quality of exercise for developing and main training fitness in healthy adult. *Medical Science Sports*, 10 (fall), 23-24.
- 2) 浅野勝己・熊谷秋三 (1990): 全盲生徒の有気的作業能に関する研究. 昭和 62・63 度科学研究費補助金総合研究 (A) 報告書, 7-19.
- 3) Carroll, T. J. (1961): *Blindness*. Little Brown.
- 4) Cumming, G. R., Goulding, D., and Baggley, G. (1971): Working capacity of deaf and visually and mentally handicapped children. *Archives of Disease in Childhood*, 46, 490-494.
- 5) Jankowski, L. W., and Evans, J. K., (1981): The exercise capacity of blind children. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 75, 248-251.
- 6) 小林寛道 (1982): 日本人のエアロビックパワー. 杏林書院, 258-275.
- 7) 草野勝彦 (1985): 障害児の運動能力. 宮村実晴・矢部京之助編, 体力トレーニング. 真興交易医書出版部, 360-363.
- 8) Hopkins, W. G., Gaeta, A. C., and Hill, P. Mc. N., (1987): Physical fitness of blind and sighted children. *European Journal of Applied Physiology*, 56, 69-73.
- 9) Lee, M., Ward, G., and Shephard, R. J. (1985): Physical capacities of sightless adolescents. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 27, 767-774.
- 10) 定本崩子 (1989): 日常生活の運動強度をどうとらえるか. *体育の科学*, 37 (10), 755-759.
- 11) Saishoji, H. and Nakata, H., (1994): Endurance training with adapted device in the visually impaired. In Yabe, K., Kusano, K., and Nakata, H. (eds), *Adapted Physical Activity-Health and Fitness*. Springer-Verlag, 176-181.
- 12) 佐藤祐造 (1982): 糖尿病運動療法指導のてびき. 南江堂.
- 13) Shapiro, A., Wolf, E., Ferver, I., and Merin, S., (1983): The effect of physical activity on the intraocular pressure of glaucomatous patients. *European Journal of Applied Physiology*, 52, 136-138.

- 14) Sherrill, C. (1993): Adapted Physical Activity- Recreation and Activity-. WCB Brown and Benchmark.
- 15) Sindou, M., Kumagai, S., and Tanaka, H (1987): Physical work capacity and effects of endurance training in visually handicapped boys and young male adults. *European Journal of Applied Physiology*, 56, 501-507.
- 16) Siegel, W., Blomqvist, G., and Mitchell, J. H., (1970): Effects of a quantitated physical training program on middle aged sedentary men. *Circulation*, XLI, 19-29.
- 17) Stanford, B. A., (1975): Cardiovascular endurance training for blind persons. *New Outlook for the Blind*, 68, 308-311.
- 18) Sundberg, S., (1982): Maximum oxygen up-take in relation to age in blind and normal boys and girls. *Acta Paediatrica Scandinavica*, 71, 603-608.
- 19) 谷口興一・吉田敬義 (1989) : 運動負荷テストとその評価法, 心肺運動負荷テストの基礎と臨床. 南江堂, 165-168.
- 20) 山地啓司・横山泰行 (1987) : 持久性トレーニング (強度, 時間, 頻度, 期間) の最大酸素摂取量への影響. *体育学研究*, 32, 167-179.
- 21) Webster, R. W. (1973): Jogging and the blind veteran. *New Outlook for the Blind*, 673, 116-118.

Tsukuba J. Rehabil., 4(1), 3-9, 1995.

Aerobic Work Capacity in Blind and Partially Sighted Children and Adults

Teruhiko KONDO and Hideo NAKATA

Physical ability of nine males and females, aged 12 to 46 years, attending a school for the blind was measured using the predicted maximum oxygen intake (Pred. $\dot{V}O_2$ max) as the index to study the aerobic work capacity in blind and partially sighted children and adults. Of nine subjects who took part in this experiment, significant correlation between heart rate and oxygen intake ($r=0.97-0.99$, $p<0.001$) was found in eight subjects, and their maximum oxygen intake (Pred. $\dot{V}O_2$ max) was estimated. The subjects whose $\dot{V}O_2$ max was unpredictable were on B-blocker. The subjects' predicted $\dot{V}O_2$ max values ranged from 57.2ml/kg/min in a 13-year-old male to 23.5ml/kg/min in a 36-year-old male. The Pred. $\dot{V}O_2$ max values of seven subjects, YF, IY, SH, TY, SY, SM, and MS were found to be higher than those of the previous studies. The Pred. $\dot{V}O_2$ max values of four subjects, YF, DA, SM, and MS were found to be higher than those of sighted persons of the same age. An examination was made on the physical activity standard of four subjects for six hours in daily life. Their heart rate was below 100bpm, which was a low standard equivalent to 30%Pred. $\dot{V}O_2$ max, and their activity was found to take place mainly in a sitting position. The heart rate of one subject, DA who showed a high Pred. $\dot{V}O_2$ max value (57.2ml/kg/min) was 120bpm, which was equivalent to 40%Pred. $\dot{V}O_2$ max. The maximum heart rate and mean heart rate of KS, who was on B-blocker, were 78bpm and 68bpm, respectively, and fluctuation in the daily heart rate was small. Moreover, the subject's ventilation and oxygen intake during load test scarcely increased. The maximum heart rate was 123bpm. It can be concluded that blindness never restricts physical activity. Given a well designed physical education program, physical fitness of the blind and partially sighted would be improved.

Key words: aerobic work capacity, blind and partially sighted children and adults, predicted maximum oxygen intake