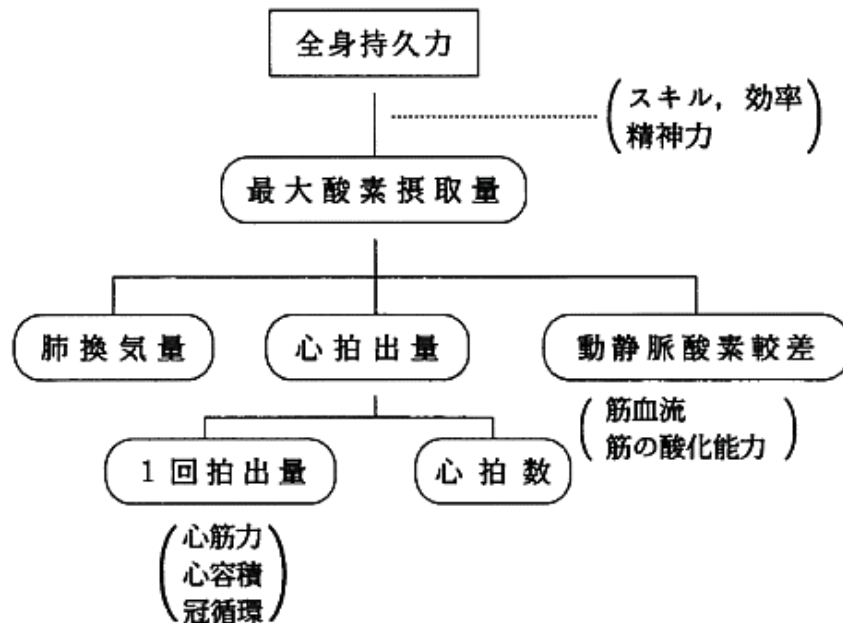


第3章 持久走指導の基礎

前章では、本県高等学校生徒の持久走記録が20数年という長期にわたって低下し続けていること、ほとんどの生徒が「持久走は好きではない」と答えていることを述べてきた。全身持久力は、最大酸素摂取量や、スキル、効率、精神力などによって左右されるので(図2-1)、持久走記録の低下が直ちに有酸素能力の低下を意味するものではないが、もしこれが低下し続けているのなら重大な問題であろう。有酸素能力は呼吸循環系を基盤としており、この系の機能低下が疑われるとともに、高脂血症、高血圧、動脈硬化、虚血性心疾患といった成人病につながるからである。体力を高め、健康なからだをつくるという体育の基本的役割を再確認しなければならない。一方、持久走記録の低下に、走技術や意欲が関係しているとも考えることもできる。屋外での身体的遊びの減少や長時間にわたる運動の経験が不足し、走る技術を学ぶ機会が失われているのかもしれないし、苦しいことに対する努力を正當に評価しない風潮や、体育の指導それ自体が持久走嫌いをつくり出しているのかもしれない。持久走記録低下の根本原因を明らかにすることは難しいが、本章では本研究が積み上げてきた、運動生理学的基礎資料を紹介しながら、持久走記録低下をくい止めるヒントを得たいと思う。



全身持久力に関する主な要因。文献²⁾より引用。(図2-1)

1 生理学的にみた高校生の特性

体育の指導にあたっては、児童・生徒の発達段階を踏まえることが原則であろう。ここでは高校生という時期の持久走の意義や、「持久走嫌い」の生理学的背景を、冒険の見方も含めて検討してみたい。

(1) トレーニング効果の大きい時期、トレーニングによって差のつく時期

小林は³⁾、子どもの最大酸素摂取量を縦断的に追跡した研究から、身長発育の著しい時期に最大酸素摂取量も増大することを明らかにし、その年齢は男子で13歳頃、女子で11歳頃としている。高校期よりも中学校期にトレーニング効果が期待されることになるが、若年齢での激しいトレーニングが疲労骨折などの傷害をもたらすことも考えあわせると、むしろ高校期の方が持久走トレーニングの最適年齢期であるといえる。また、トレーニングによって獲得された高い身体機能は、生涯にわたる基盤となるので、この時期は差のつく時期と考えることもできる。

(2) 無酸素能力が発達し、運動の苦しさを体験する時期

身体活動のエネルギーを発生するしくみには、有酸素性のものと無酸素性のものがある。前者は、外界から摂取した酸素を利用してエネルギーを発生するもので、持続的運動に向いている。後者は、酸素をつかわずに、体内に貯蔵してある材料だけでエネルギーを発生するもので、短時間の爆発的運動に向いているが、乳酸を産生するので苦しさをともなう。両方のしくみとも酵素が化学反応を制御しているが、有酸素性機構を制御する酵素(SDH)は若年齢から体内に存在するのに対して、無酸素性機構の律速酵素(PFK)は思春期以後増えてくる。このため、思春期以後は無酸素能力が高まるが、あわせて運動の苦しさも体験することになる。このことは、持久走を嫌うひとつの生理的背景ではないだろうか。

(3) 自発的運動が減少する時期

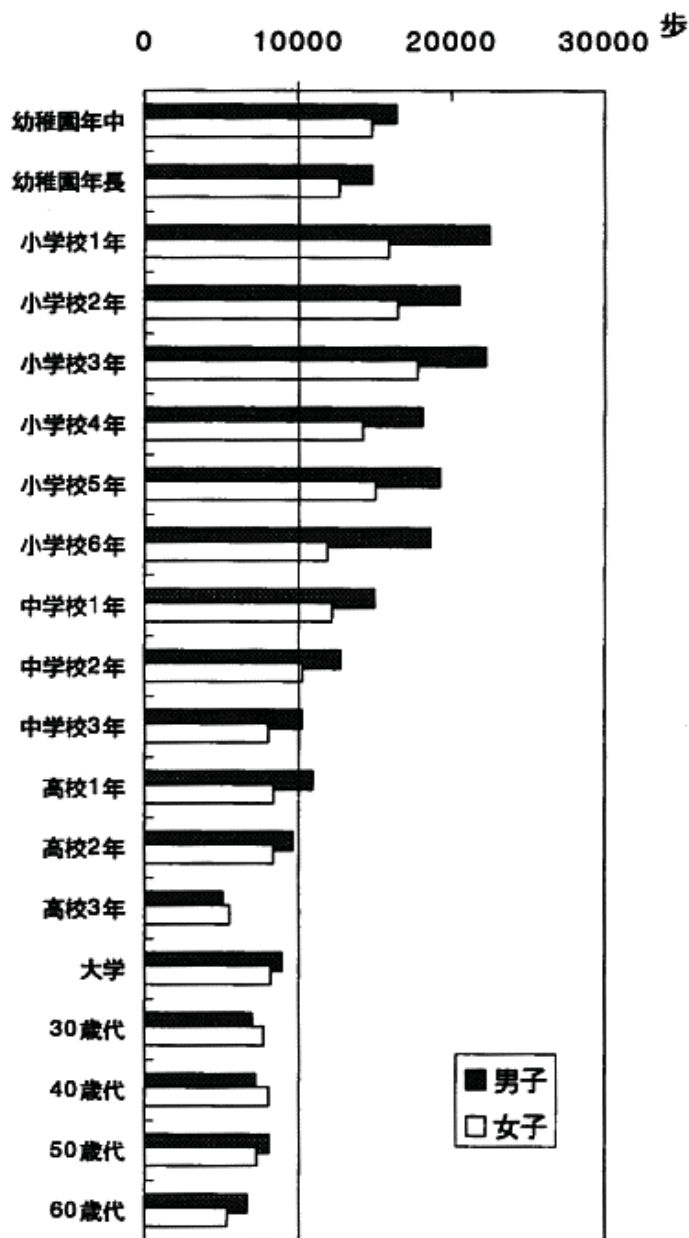
子どもは、場所や時間があれば、いつまでも遊んでいる。これには前述した運動の苦しさを感じにくいことも、ひとつの理由となっている。高校生になると、運動のきつさを知り、運動以外に様々なものに興味を引かれ、時間的ゆとりがなくなってくるなどあって、自発的な運動が減少する。図2-2は、一日の歩行数を示したもので、小学校低学年をピークにその後減少し、高校3年生ではとくに少ないことがわかる。日常身体活動の不足は、持久走能力を低下させる一因となる。

(4) 速筋繊維が萎縮してなく、持久走が苦手な時期

筋肉は、速筋繊維と遅筋繊維の2種類の繊維が束になってできている。前者は、瞬発的運動向き、後者は持久的運動向きの性質を持っており、短距離選手は速筋繊維の占める割合が高く、マラソン選手は遅筋繊維の割合が高い。それぞれの筋繊維の占める割合は、ほぼ遺伝的に決まるとされているが、一本一本の太さはトレーニングや年齢が関係しており、中高年になると速筋繊維が萎縮し、相対的に遅筋繊維の占める面積が多くなる。高校生は、まだ速筋繊維が萎縮する年齢ではないので、中高年齢者よりも持久走に向かないのかもしれない。

(5) 運動の必要性を自覚しない時期

子どもの成人病が問題になりつつあるとはいえ、高校生の時期は一生でもっとも健康で活力にあふれた時期である。中高年齢者のように、運動不足が各種の機能低下や体脂肪の増大となって現われにくいので、運動の必要性を自覚することが少ない時期と考えられる。高校生は、持久走が必要な時期だが、それを教えることは難しい時期なのかもしれない。



1日の歩行数の年齢変化. 星川⁴⁾及び池上⁵⁾の資料をもとに作図 (図2-2)

2 高校生の日常身体活動量

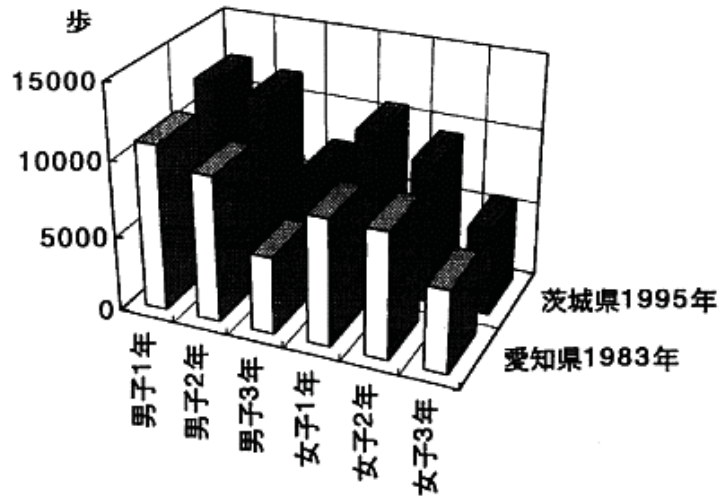
現代社会は、交通機関の発達や労働の省力化にともない、運動不足に陥りやすい状況にある。本研究では、まずはじめに、本県高等学校生徒の持久走記録低下の背景に、日頃の運動不足が関係しているのではないかと考え、万歩計による一日の歩行数調査を実施した。対象は、県内のT高校、H高校、S高校の1学年から3学年の男女生徒133人であり、体育の授業のない日に測定した。表2-1は、学年別の平均値と標準偏差をまとめたものであり、図2-3は星川ら⁴⁾による1983年の愛知県の調査と、今回の本県の調査を比較したものである。男女ともすべての学年で、本県生徒の方が上回っており、本県生徒の日常身体活動量がとくに少ない、あるいは10数年にわたって減少しているという可能性は低いと思われる。なお、表2-2は、運動部に所属する生徒と、所属していない生徒を比較したもので、明らかに運動部所属生徒の方が多し。もし、運動部に所属する生徒が減少傾向にあるなら、全体の平均値も低下し、持久走記録低下にも関係することになる。

つぎに、肥満傾向について調べてみた。運動不足は、エネルギーの摂取と消費のバランスをくずし、この差は脂肪となって体内に蓄積されるので、もし日常の身体活動が減っているのならば、肥満傾向となって現れるはずである。図2-4は、BMIの推移を全国平均と本県とで比較したものである。BMIはBody Mass Indexを略したもので、体重(kg)を身長(m)の2乗で除した指数である。男子は、全国平均、本県ともに増加し、女子では昭和40年頃をピークに減少し、再び増加に転じている。BMIは体重を指数化したものだが、体重の中味には脂肪ばかりでなく、筋や骨もある。成人のBMIは22が標準とされていることから考えると、BMIの増加は肥満傾向というよりも、むしろ筋や骨が充実してきたと考えることができる。先の万歩計のデータも考えあわせると、本県の高校生がとくに運動不足とはいえない結果となった。

性別	学年	人数 人	身長 cm	体重 kg	歩数 歩	起床時刻 時	就寝時刻 時	睡眠時間 時間	通学時間(片道)		
									徒歩 分	自転車 分	電車バス等 分
男子	1年	16	172.1	61.3	12,271	6.72	24.04	6.68	8.3	21.7	16.3
			6.8	7.9	5,512	0.55	0.94	1.04	8.8	20.8	18.2
	2年	20	170.9	62.5	11,757	6.90	23.47	7.43	2.0	25.6	6.2
			5.0	12.8	3,834	0.63	1.26	1.08	5.5	22.2	11.0
	3年	19	171.6	63.5	7,446	6.77	24.72	6.05	2.9	21.8	4.7
			5.2	8.1	3,141	0.76	1.02	1.14	6.9	16.6	11.7
全員	55	171.5	62.5	10,417	6.80	24.07	6.73	4.1	23.1	8.6	
			5.6	9.9	4,657	0.65	1.20	1.22	7.4	19.7	14.3
女子	1年	29	160.2	52.3	10,669	6.42	23.79	6.63	6.2	19.6	16.4
			4.6	4.9	3,820	0.48	1.03	0.93	8.0	14.8	18.8
	2年	30	158.7	50.2	9,354	6.42	23.32	7.11	9.0	16.3	15.1
			4.5	4.6	2,991	0.68	0.83	0.70	14.2	15.8	17.3
	3年	19	156.7	49.6	5,655	6.51	24.46	6.04	5.1	11.1	10.6
			4.5	5.5	2,126	1.09	1.28	1.49	7.0	10.6	11.6
全員	78	158.8	50.9	8,942	6.44	23.77	6.67	7.0	16.2	14.5	
			4.7	5.0	3,686	0.73	1.11	1.09	10.6	14.5	16.6

(T・H・S高等学校, 男子55人, 女子78人)

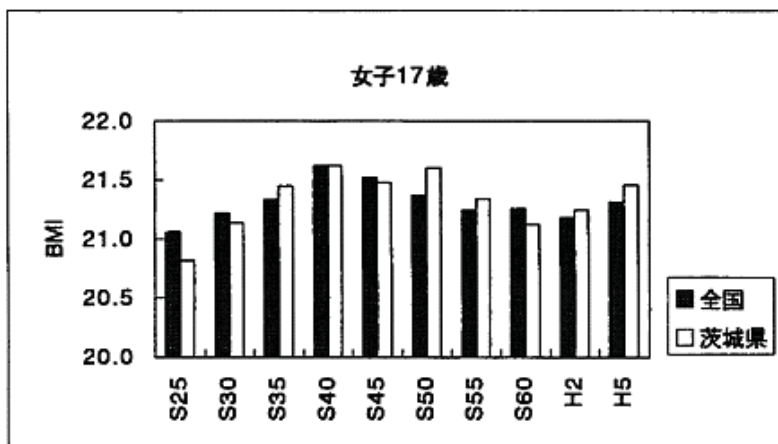
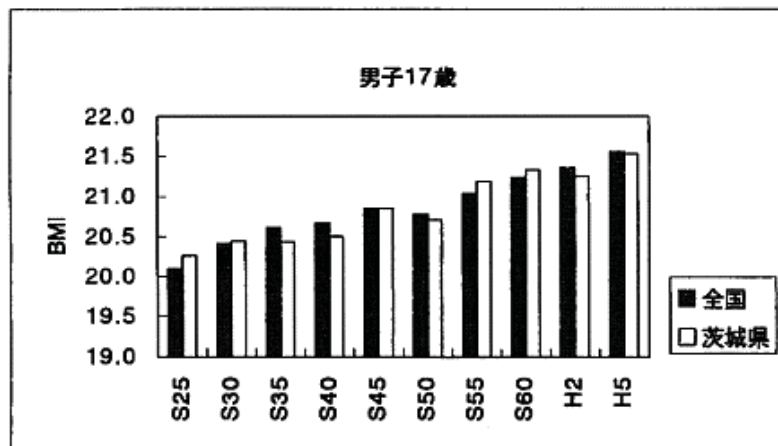
本県高等学校生徒の1日の歩行数及び睡眠時間、通学時間等(平均・標準偏差)(表2-1)



愛知県(1983年)と本県(1995年)高校生の1日歩行数の比較. 愛知県データ文献⁴⁾より引用(図2-3)

	男子		女子	
	非運動部	運動部	非運動部	運動部
人数	33	22	52	26
平均値	7,616	14,620	7,060	12,707
標準偏差	3,385	2,733	2,903	1,595

運動部に所属する生徒としない生徒の1日歩行数の比較(表2-2)



全国平均と本県生徒のBMIの比較(図2-4)

3 全身持久力の評価方法

持久走の指導においては、個々の生徒の持久力を踏まえて、授業を展開することが必要になる。持久力の評価方法には、最大努力を要するものと、最大に至らない最大下運動によるものがある。前者には、1500m走、1000m走、12分間走、最大酸素摂取量などがあり、後者には踏台昇降運動指数、無酸素性作業閾値、最大酸素摂取量の各種推定法などがある。最大酸素摂取量や無酸素性作業閾値は生理的な身体資源（resources）を評価したもの、1500m走や12分間走などは運動の成果（performance）を評価したものである。最大酸素摂取量や無酸素性作業閾値を直接測定するのがもっともよいが、測定機器が必要なため、通常の授業で実施することは難しい。12分間走は、主に有酸素性機構にエネルギーを依存しており、最大酸素摂取量とも相関が高いので望ましい方法のひとつといえる。一般に体力・運動能力テストとして実施されている1500m走や1000m走は、無酸素性エネルギーも関与するので、全身持久力だけを反映するものではないが、本研究では測定した結果を授業に生かすとの考えから、1500mや1000mの持久走を持久力評価の指標として活用すべきであると考えた。

つぎに、最大下の運動から持久力を評価する方法について検討した。この特徴は、最大努力を必要としないので、苦痛が少なく、意欲に左右されないことである。現在、踏台昇降運動指数が使われているが、脈拍測定時に誤差を生じやすく、最大酸素摂取量との相関も高くないので、持久走の授業では利用しにくい。そこで、新たに踏台昇降運動から最大酸素摂取量を推定する方法を検討した。表2-3～表2-4は、大学生の基礎データを使って本研究が作成した最大酸素摂取量を推定する一覧表である。男子は30cmまたは40cm、女子は20cmまたは30cmの踏台で、2秒に1回（1分間に30回）のリズムで、4分間運動し、3～4分目の運動中の心拍数を測定するものである。この方法で推定された最大酸素摂取量は、実測値と相関関係があることを確認し（図2-5）、表2-5に示す評価基準を作った。ランニングによる最大酸素摂取量に比べるとやや低くなるので（図2-6）、持久走にあてはめるときには、およそ1割増とみなすとよい。この推定法は、大学生を対象に作成されたものなので、高校生を対象として確認するとともに、改良を加える必要があるかもしれない。

踏台昇降運動による最大酸素摂取量の評価基準 (ml/kg/分)

	1	2	3	4	5
男子	～38	39～43	44～48	49～54	55～
女子	～31	32～35	36～39	40～43	44～

(表2-5)

踏み台昇降運動中の心拍数から最大酸素摂取量を推定するための一覧表（男子）

運動3～4分目の心拍数と体重から、体重あたり最大酸素摂取量(ml/kg/分)を求めることができる。

(表2-3)

男子 30 cm		体重 (kg)															
心拍数	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	
122														65	65	65	
124										65	65	65	64	64	64	63	
126							65	65	64	64	64	63	63	63	62	62	
128				65	65	64	64	63	63	63	62	62	62	61	61	61	
130		65	64	64	63	63	62	62	62	61	61	61	60	60	60	59	
132	64	64	63	63	62	62	61	61	60	60	60	59	59	59	58	58	
134	63	62	62	61	61	60	60	60	59	59	58	58	58	58	57	57	
136	62	61	61	60	60	59	59	58	58	58	57	57	57	56	56	56	
138	61	60	60	59	59	58	58	57	57	57	56	56	56	55	55	55	
140	60	59	58	58	57	57	57	56	56	56	55	55	55	54	54	54	
142	58	58	57	57	56	56	56	55	55	54	54	54	54	53	53	53	
144	57	57	56	56	55	55	55	54	54	53	53	53	53	52	52	52	
146	56	56	55	55	54	54	54	53	53	53	52	52	52	51	51	51	
148	55	55	54	54	53	53	53	52	52	52	51	51	51	51	50	50	
150	54	54	53	53	52	52	52	51	51	51	50	50	50	50	49	49	
152	53	53	52	52	52	51	51	51	50	50	50	49	49	49	49	48	
154	53	52	52	51	51	50	50	50	49	49	49	48	48	48	48	48	
156	52	51	51	50	50	50	49	49	49	48	48	48	47	47	47	47	
158	51	50	50	50	49	49	48	48	48	47	47	47	47	46	46	46	
160	50	50	49	49	48	48	48	47	47	47	46	46	46	46	46	45	
162	49	49	48	48	48	47	47	47	46	46	46	45	45	45	45	45	
164	49	48	48	47	47	46	46	46	46	45	45	45	45	44	44	44	
166	48	47	47	47	46	46	45	45	45	45	44	44	44	44	43	43	
168	47	47	46	46	45	45	45	44	44	44	44	43	43	43	43	43	
170	46	46	46	45	45	44	44	44	44	43	43	43	43	42	42	42	

男子 40 cm		体重 (kg)															
心拍数	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	
146														65	65	65	
148										65	65	65	65	64	64	64	
150							65	65	65	64	64	64	63	63	63	63	
152				65	65	64	64	64	63	63	63	63	62	62	62	62	
154		65	65	64	64	63	63	63	62	62	62	62	61	61	61	61	
156	65	64	64	63	63	62	62	62	61	61	61	61	60	60	60	60	
158	64	63	63	62	62	61	61	61	60	60	60	60	59	59	59	59	
160	63	62	62	61	61	60	60	60	59	59	59	59	58	58	58	58	
162	62	61	61	60	60	59	59	59	59	58	58	58	57	57	57	57	
164	61	60	60	59	59	59	58	58	58	57	57	57	57	56	56	56	
166	60	59	59	58	58	58	57	57	57	56	56	56	56	56	55	55	
168	59	58	58	58	57	57	56	56	56	56	55	55	55	55	54	54	
170	58	57	57	57	56	56	56	55	55	55	55	54	54	54	54	54	

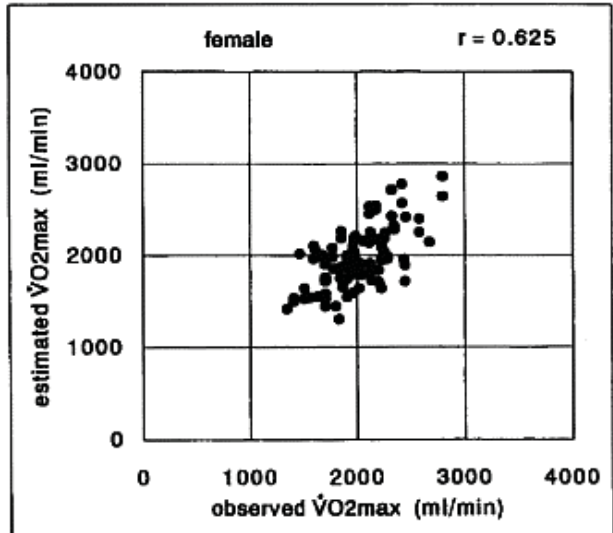
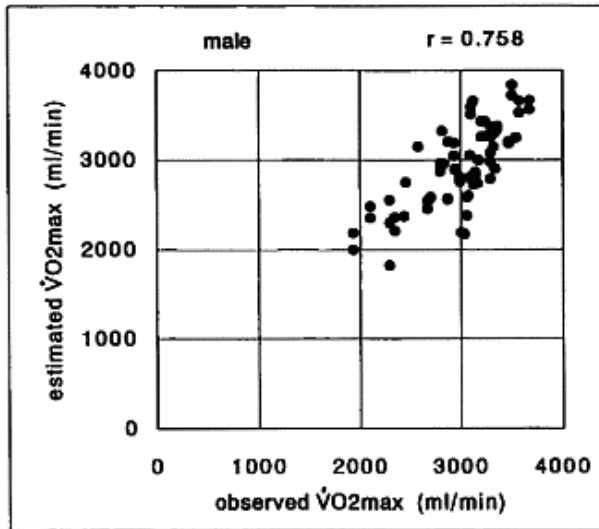
踏み台昇降運動中の心拍数から最大酸素摂取量を推定するための一覧表（女子）

運動3～4分目の心拍数と体重から、体重あたり最大酸素摂取量(ml/kg/分)を求めることができる。

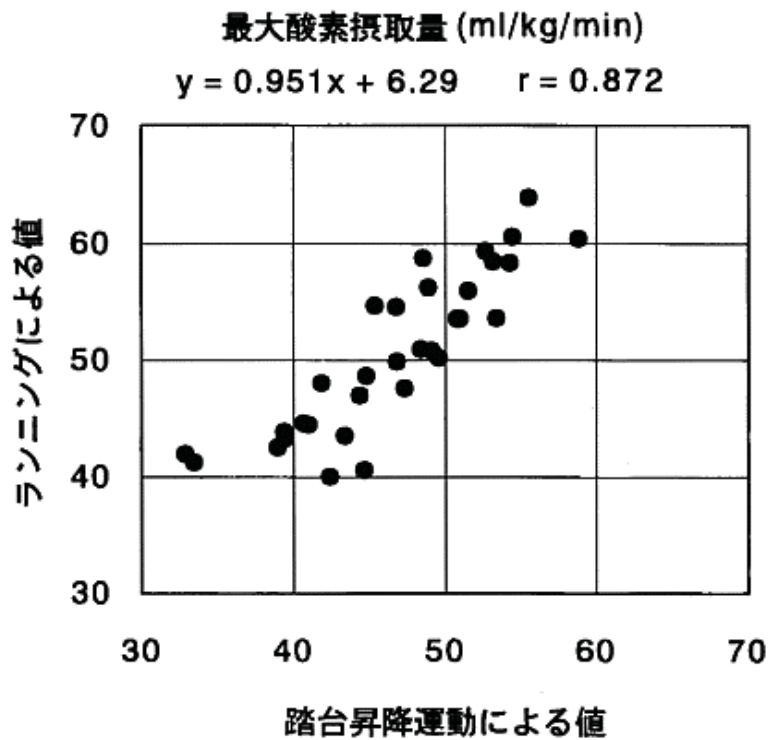
(表2-4)

女子 20 cm		体重 (kg)															
心拍数	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	
120				55	55	54	53	52	52	51	50	50	49	49	49	48	
122			55	54	53	52	52	51	50	50	49	49	48	48	47	47	
124		55	54	53	52	51	50	50	49	48	48	47	47	47	46	46	
126	54	53	52	51	51	50	49	48	48	47	47	46	46	45	45	45	
128	53	52	51	50	49	49	48	47	47	46	46	45	45	44	44	43	
130	52	51	50	49	48	47	47	46	46	45	45	44	44	43	43	42	
132	51	50	49	48	47	46	46	45	44	44	43	43	43	42	42	41	
134	49	48	47	47	46	45	45	44	43	43	42	42	42	41	41	41	
136	48	47	46	46	45	44	44	43	43	42	42	41	41	40	40	40	
138	47	46	45	45	44	43	43	42	42	41	41	40	40	39	39	39	
140	46	45	44	44	43	42	42	41	41	40	40	39	39	39	38	38	
142	45	44	44	43	42	41	41	40	40	39	39	39	38	38	37	37	
144	44	43	43	42	41	41	40	40	39	39	38	38	37	37	37	36	
146	43	43	42	41	40	40	39	39	38	38	37	37	37	36	36	36	
148	43	42	41	40	40	39	39	38	38	37	37	36	36	36	35	35	
150	42	41	40	40	39	38	38	37	37	36	36	36	35	35	35	34	
152	41	40	39	39	38	38	37	37	36	36	35	35	35	34	34	34	
154	40	39	39	38	37	37	36	36	35	35	35	34	34	34	33	33	
156	40	39	38	37	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	32	
158	39	38	37	37	36	36	35	35	34	34	33	33	33	32	32	32	
160	38	37	37	36	35	35	34	34	34	33	33	32	32	32	32	31	
162	37	37	36	35	35	34	34	33	33	33	32	32	32	31	31	31	
164	37	36	35	35	34	34	33	33	32	32	32	31	31	31	31	30	
166	36	36	35	34	34	33	33	32	32	32	31	31	31	30	30	30	
168	36	35	34	34	33	33	32	32	31	31	31	30	30	30	30	29	
170	35	34	34	33	33	32	32	31	31	31	30	30	30	29	29	29	

女子 30 cm		体重 (kg)															
心拍数	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	
134																55	55
136												55	55	54	54	54	
138									55	55	54	54	54	53	53	53	
140							55	55	54	54	53	53	52	52	52	51	
142					55	55	54	54	53	53	52	52	51	51	51	51	50
144				55	54	54	53	52	52	52	51	51	50	50	50	49	
146		55	54	54	53	52	52	51	51	50	50	50	49	49	49	48	
148	55	54	53	53	52	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	48	47
150	54	53	52	52	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	47	47	46
152	53	52	51	51	50	50	49	49	48	48	47	47	47	46	46	46	46
154	52	51	50	50	49	49	48	48	47	47	46	46	46	45	45	45	45
156	51	50	50	49	48	48	47	47	46	46	46	45	45	45	44	44	44
158	50	49	49	48	47	47	46	46	45	45	45	44	44	44	44	43	43
160	49	48	48	47	47	46	46	45	45	44	44	44	43	43	43	43	42
162	48	48	47	46	46	45	45	44	44	44	43	43	43	42	42	42	42
164	48	47	46	46	45	45	44	44	43	43	42	42	42	42	41	41	41
166	47	46	45	45	44	44	43	43	42	42	42	41	41	41	41	41	40
168	46	45	45	44	44	43	43	42	42	41	41	41	40	40	40	40	40
170	45	45	44	43	43	42	42	41	41	41	40	40	40	40	39	39	39



踏み台昇降運動により実測された最大酸素摂取量(X軸)と推定された最大酸素摂取量(Y軸)の比較。左は男子、右は女子、 $Y = X$ の式のまわりにデータが集まっている(図2-5)。



踏み台昇降運動による最大酸素摂取量とランニングによる最大酸素摂取量の比較(図2-6)

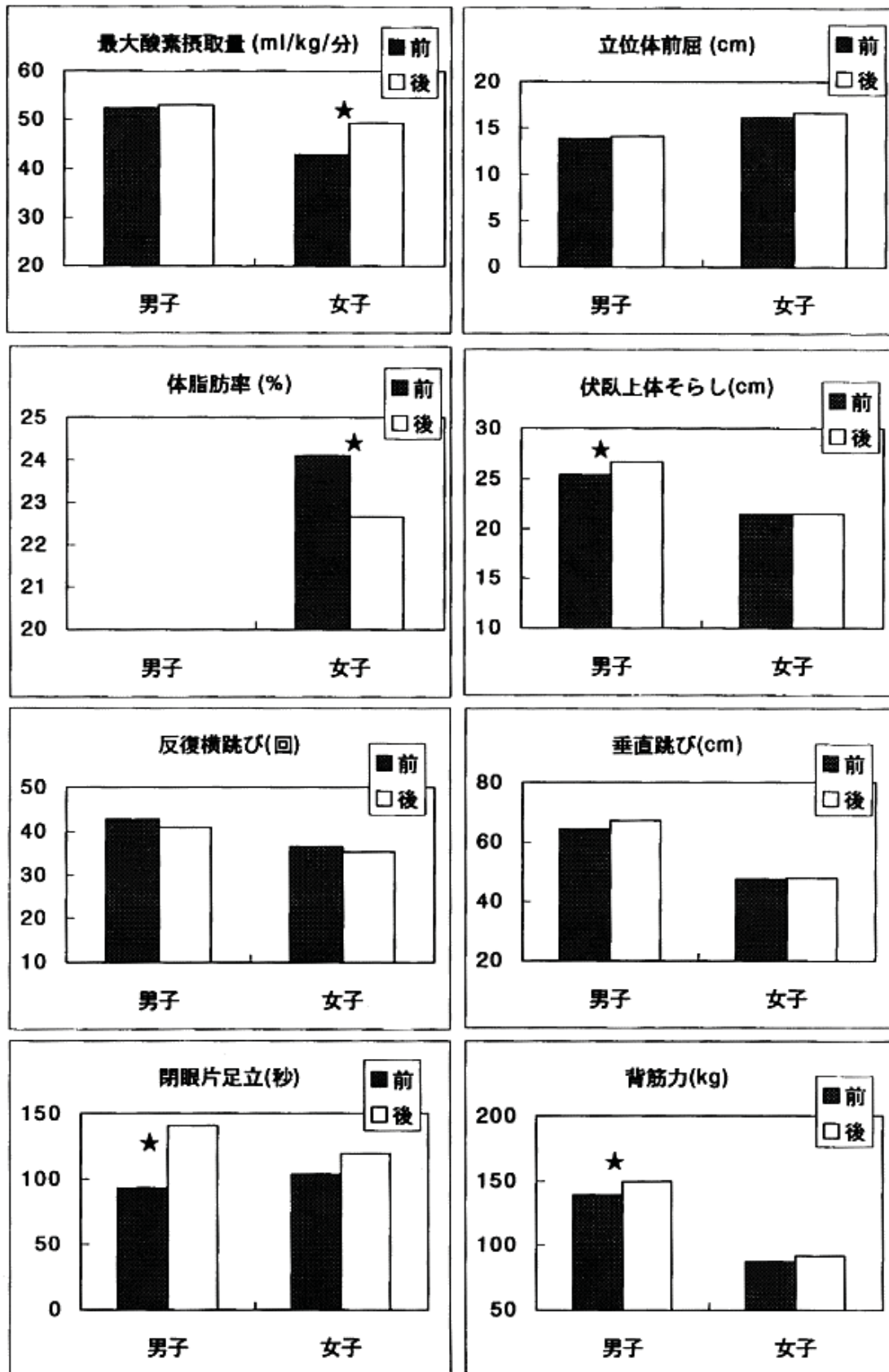
4 持久走トレーニングの効果

有酸素運動が、呼吸循環系機能を向上させるとともに、肥満予防に役立つことは、よく知られている。ここでは、実際に体育の授業の中で持久走を行なったときに、どれくらいの効果が表われるのかを、確かめてみた。対象は、S高校の1学年男子19人と女子17人であり、1か月間にわたる持久走授業の開始前と終了後に、各種の体力テストを実施した。ただし、男子と女子はそれぞれ別の指導者が授業を行ない、男子はサッカーを週2回と持久走週1回を組み合わせる授業を展開し、女子は週3回すべてを持久走にあてた。また、男子の持久走の授業では、5～6kmを全力に近いスピードで行ない、女子では1000mの持久走タイムをもとに、1kmあたり5分30秒～7分のペースを設定して5km走った。女子のペース設定に際しては、8及び10項で後述するラップタイム表（学習資料Q&A 参照）を作成し、主観的運動強度表（学習資料Q&A 参照）と併用した。

図2-7に、授業前後の体力テストの結果を示した。女子は、最大酸素摂取量の増加と、体脂肪率の減少がみられ、その他の項目には有意差がなかった。一方、男子は閉眼片足立、伏臥上体そらし、背筋力が向上し、最大酸素摂取量は変化しなかった。この調査では、最大酸素摂取量を自転車エルゴメーターによる推定法で測定しており、結果の解釈には注意が必要である。しかし、男子と女子に明らかな違いがみられたのは、週あたりの持久走の回数の差と思われる。サッカーは激しいスポーツだが、積極的にゲームに参加する生徒と消極的な生徒とがあり、体力が劣り、運動が必要な生徒ほど消極的な傾向にある。したがって、本研究では、球技などを通して持久力を養うことを目指すときには、運動の質と量を生徒一人一人について観察し、十分な運動刺激となっているかどうかを、みきわめる必要があると考えた。



S 高等学校女子持久走の風景



持久走授業の前と後の体力の比較(S 高等学校第1 学年男子19人, 女子17人), ★印は有意差の認められたテスト項目 (図2-7)。

5 持久走の頻度・強度・時間

成人向けの運動処方では、ガイドラインがつくられており、そこにはトレーニングの頻度・強度・時間などの基準が示されている。表2-6は、これをまとめたものだが、これらは成人用であって子どものためのガイドラインは作成されていない。高校生の持久走については、これを参照としながら、適切な頻度・強度・時間を類推してみた。頻度は、週3回以上が多く、効果を期待するには週3回の授業を持久走にあてることになるだろう。実際には、マラソン大会前1カ月間を、すべて持久走にあてるなどの方法がとられている。しかし、本研究では、この頻度にはとられない方がよいと考えた。すなわち、生理的・体力的効果を性急に求めることだけが授業の目的ではなく、持久走を理解し、将来、その知識や経験を生かして、各自が生活に役立てることができるようになることが大切である。それには、他の種目と組み合わせて、持久走を週1回のペースで長期にわたって継続するのもひとつの方法である。マラソン大会前集中方式は、その他の時期の持久走導入を困難にし、日常的に運動を取り入れるという考え方に反するとともに、持久走を我慢するもの・嫌いなものにしてしまう恐れもあるので、指導にあたっては工夫が必要である。

つぎに運動強度は、最大酸素摂取量に対する割合（% $\dot{V}O_{2max}$ ）で表わすのが通例で、ガイドラインでは40～90%の範囲にある。トレーニング効果の得られる下限は、成人では50%程度と考えられているが、子どもは運動強度を高くしないと効果が表われにくいとの報告もあり、本研究では高校生のための下限を60%と考えた。この強度は、ほぼ無酸素性作業閾値に相当し、乳酸を産生せずに運動を続けることができる上限でもある。持久走の授業では、苦しさを体験することが多いと思われるが、ゆっくりとしたペースで走っても効果があることを理解させ、持久走を嫌いにしてしまわないよう配慮しなければならない。

運動時間は、強度との関係で異なるが、60%強度では20～30分とされている。短すぎると、かえって運動強度が高くなることがある。一気に走ってしまうのではなく、いつまでも続けられる走り方を学ぶうえからも20分以上が望ましい。また、30分以上になると、授業前後のゆとりがなくなるので、20～30分が適切と考えた。

	アメリカスポーツ医学会	厚生省	体育科学センター	池上
運動頻度	週3～5日	毎日	週3日	週3～6日
運動強度	50～85%	50%	40～90%	若い人 60～80% 中年の人 50～70% 高齢の人 40～60%
運動時間	20～60分	10分以上	5～60分	10～60分

成人向けの運動処方のガイドライン、文献5), 6), 7), 8)より引用 (表2-6)

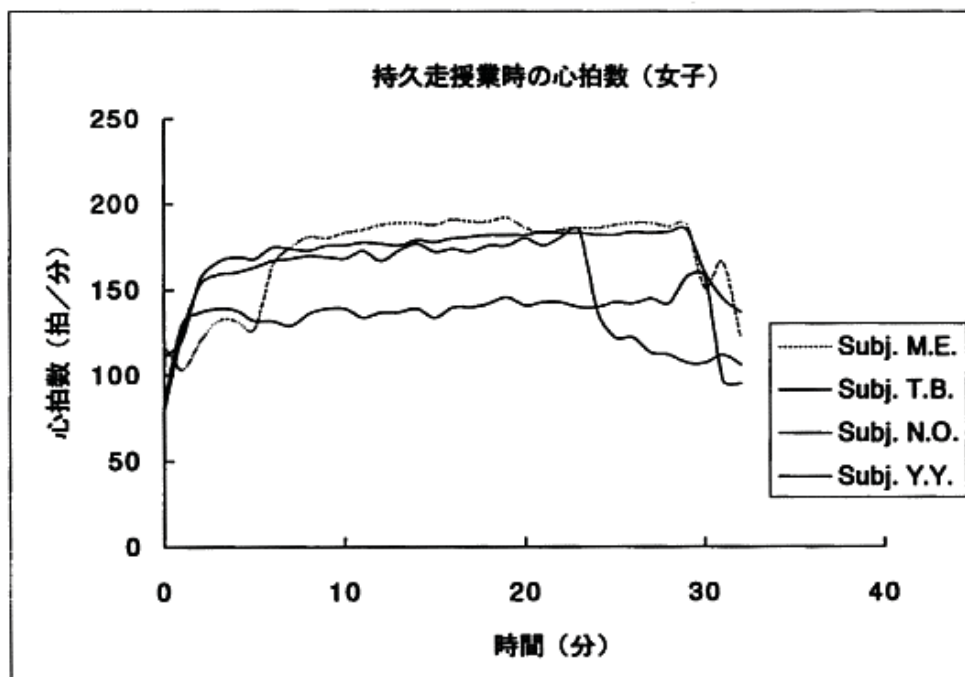
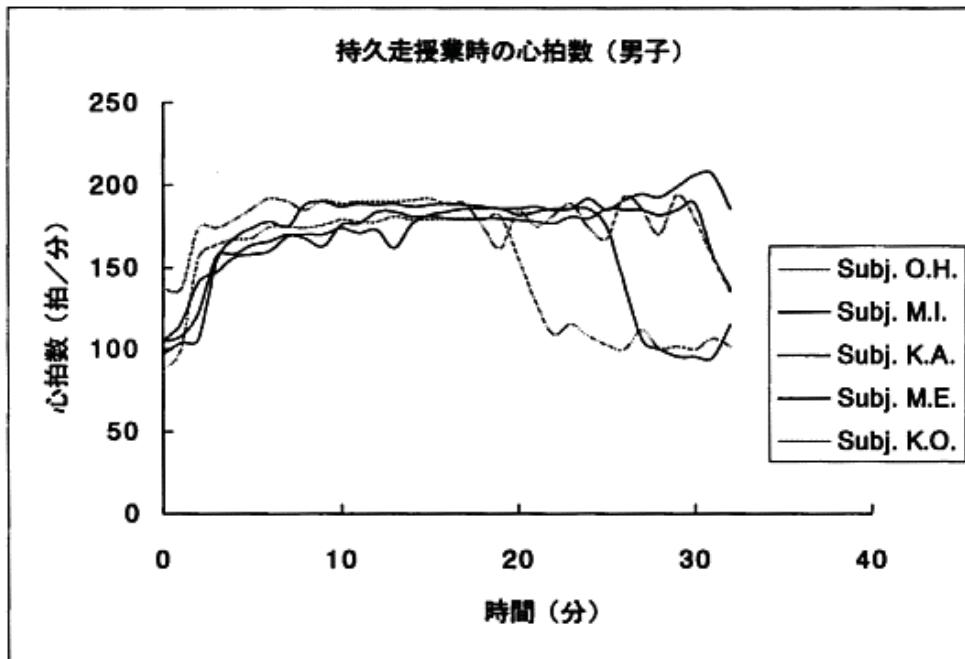
6 持久走授業中の心拍数

実際の持久走授業の運動強度をさぐるため、S高校男女9人を対象として心拍数を測定してみた。持久走の距離は3～5kmで、時間は20～30分である。ペースは、各自が適切なペースとなるよう指導を受けている。図2-8は心拍数の変化を示したもので、表2-7は定常状態の心拍数をまとめたものである。女子のN.O.は陸上競技部に所属し長距離を専門としているので、ペースをよく理解し、ゆとりを持って走っていることがうかがえる。しかし、そのほかの生徒の心拍数はかなり高く、男子では184.5拍/分、女子ではN.O.を除くと183.2拍/分となった。これを後述する方法で運動強度におきかえると、男女とも80%に相当することになる。この強度で走っても別に問題はないが、無酸素性作業閾値をこえており、乳酸が産生され苦しさを感じることになる。60%強度でも効果が期待できることは、前節で述べたとおりであり、ペースをもっと遅くしてもよい。

男子は、スタートと同時にとび出してしまふことがあり、ゆっくり走ることを教えることは意外に難しい。ひとつの方法に「会話」のできる程度のスピードがあろう。本研究では、会話をしながら走ってもよいと考えている。会話に夢中になって、教師の指示が聞こえなかったり、交通事故などには注意しなければならないが、会話のできるペースは、ゆとりの持てるペースとして、ひとつの目安になる。また、持久走の単調さをすくってくれる面もあり、持久走中の会話については、制限しない方がよいのではないだろうか。これは、積極的に会話をした方がよいとするものではなく、生徒の判断にまかせてよいという意味である。

被検者	運動部活動	定常状態の心拍数
男子		拍/分
Subj. O.H.	サッカー	179.8
Subj. M.I.	野球	184.8
Subj. K.A.	弓道	184.6
Subj. M.E.	なし	191.2
Subj. K.O.	なし	182.2
男子平均		184.5
女子		
Subj. M.E.	バスケット	188.2
Subj. T.B.	なし	177.8
Subj. N.O.	長距離	142.4
Subj. Y.Y.	短距離	183.6
女子平均		173.0

持久走の練習で定常状態に達した時の心拍数(S高等学校1学年男子5人、女子4人)(表2-7)



持久走授業中の心拍数（S高等学校1学年男子5人，女子4人）（図2-8）

7 運動強度の表わし方

運動強度を表わすには、大別すると物理的・生理的・心理的の三つの方法がある。物理的運動強度には、ランニングの速度や単位時間あたりの仕事量などがある。個人毎に最大能力に差があるので、同じ物理的強度でも生理的に同じになるとは限らない。生理的運動強度の中で、最大酸素摂取量に対する割合（ $\dot{V}O_{2max}$ ）は次式で求められ、個々の最大能力を100%としているので、生体負担度を表わすもっともよい指標と考えられている。しかしこれを知るには、最大酸素摂取量や運動中の酸素摂取量を測らねばならず実用的ではない。

$$\dot{V}O_{2max} = \frac{\text{各種運動中の酸素摂取量}}{\text{最大酸素摂取量}} \times 100 (\%)$$

心拍数はこの $\dot{V}O_{2max}$ と相関が高いので、心拍数からこれを推定することができる。図2-9は、高校生を対象として、トレッドミルによる歩行および走行中の心拍数と $\dot{V}O_{2max}$ の関係を調べたもので、高い相関関係があり、男女差や運動経験の差もないことが確認できた(図2-10)。運動中の心拍数を測定するには、図2-11のような携帯型心拍数記録装置を用いればよい。運動と心臓の働きとの関係を理解するうえでもよい教材である。

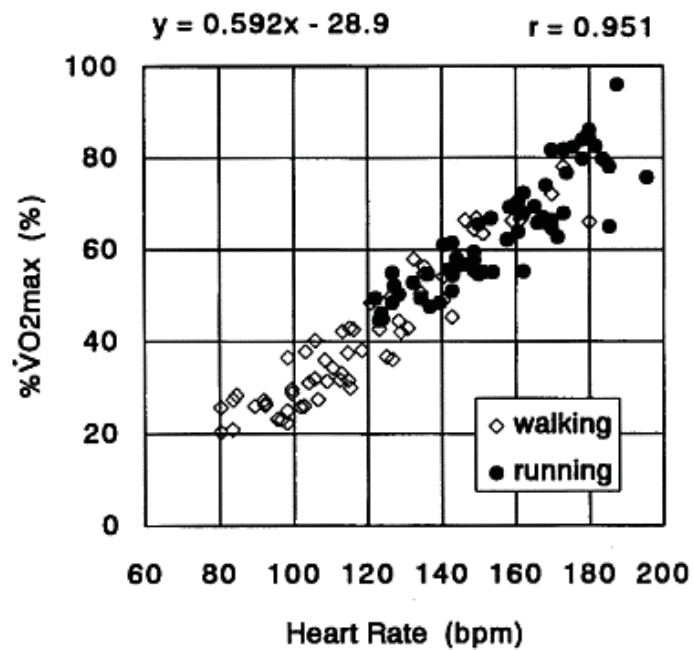
エネルギー代謝率（RMR）は、基礎代謝に対する運動代謝の比率を表わしたもので、エネルギー消費量の計算に便利な指標である。表2-8に、歩行と走行のRMRを示した。これに時間(分)を乗ずればエネルギー消費量を概算することができる。

$$\text{エネルギー消費量(kcal)} \approx \text{RMR} \times \text{時間(分)}$$

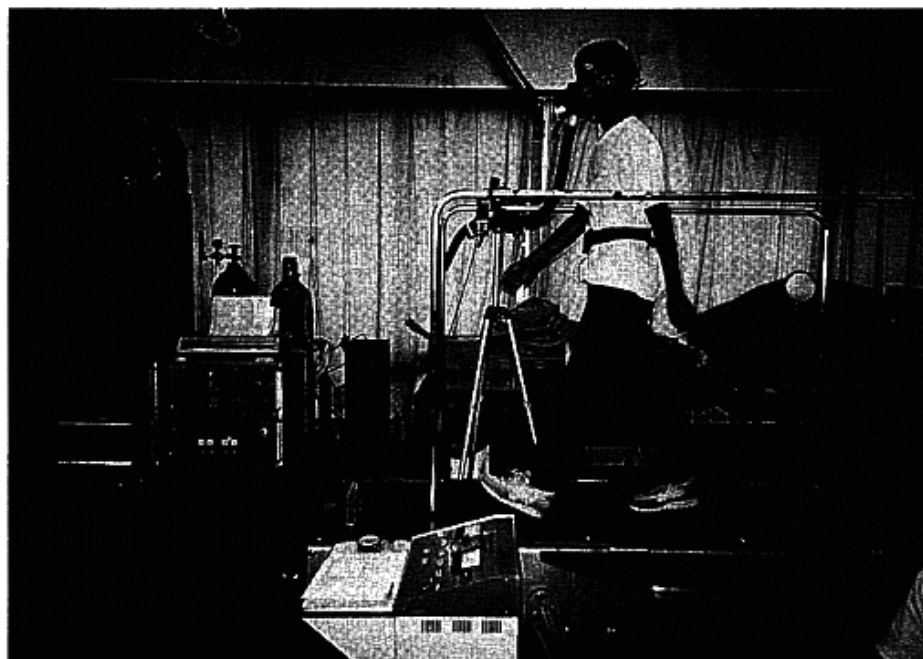
心理的運動強度には、RPE（ratings of perceived exertion, 主観的運動強度）がある。これは運動のきつさの感覚を尺度化したもので、表2-9に示す判定表が作られており、

$$\text{RPE} \times 10 = \text{心拍数}$$

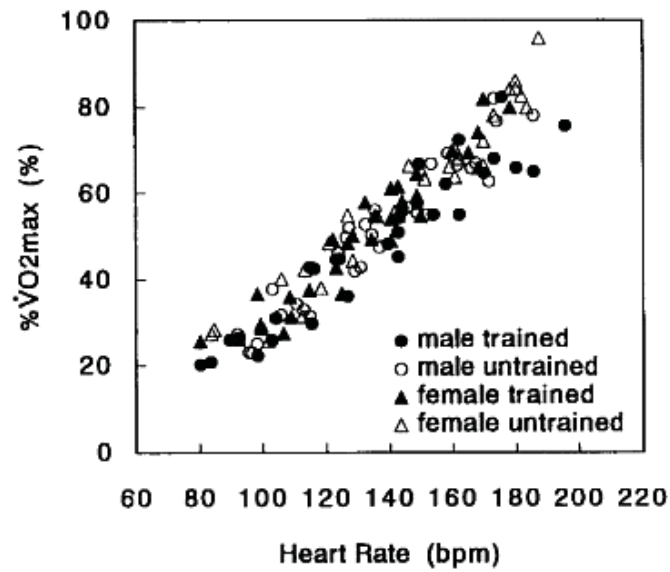
の関係があるといわれているが、高校生を対象として検討したところ、図2-12および表2-10に示す結果が得られた。RPEが低く見積られていること、ランニングに比べてウォーキングの方がきつく感じる事、バラツキが大きいことなどが明らかになった。



心拍数(X軸)と酸素摂取水準(Y軸)の関係(S高等学校2学年男子10人, 女子10人)(図2-9-1)



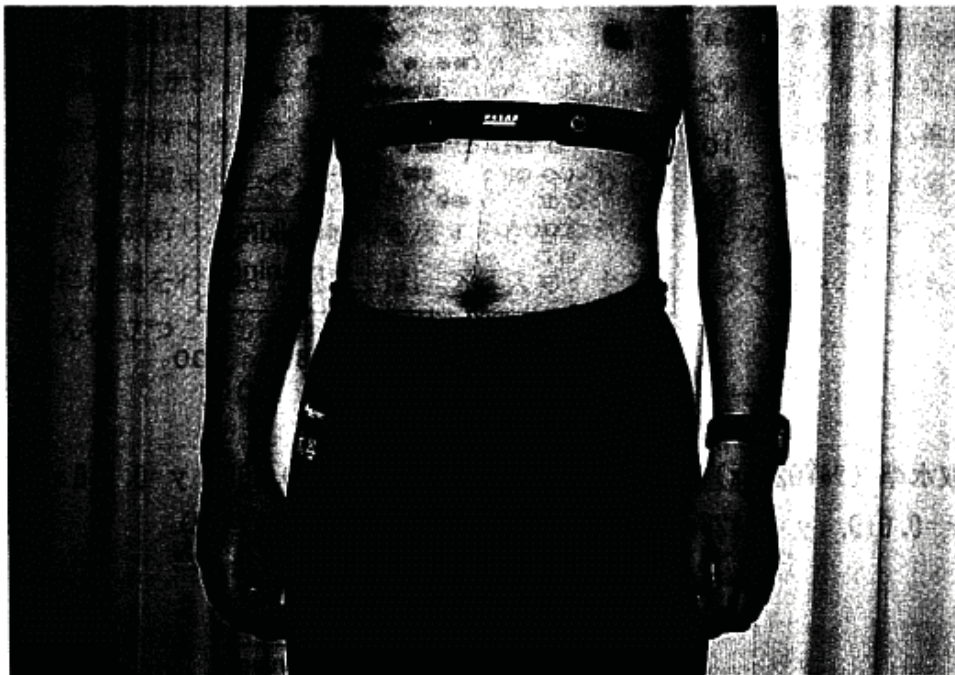
トレッドミルによる実験風景 (図2-9-2)



男女別・運動経験別にみた心拍数と酸素摂取水準の関係（図2-10）

運動の種類	速度(m/分)	RMR
walking	60	2.5
	80	3.5
	100	5.1
	120	7.5
running	120	6.9
	140	8.0
	160	9.1
	180	10.2
	200	11.4

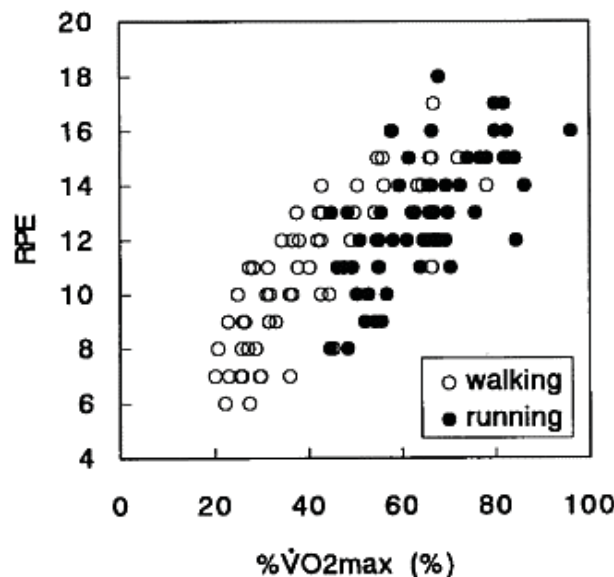
高等学校生徒による歩行と走行のエネルギー代謝率（RMR）（表2-8）



心拍数測定装置。胸にまかれたベルトは心電図を送信する装置、これを腕時計式の受信機で受信し、心拍数を表示する。運動中も常に心拍数を読みとることができる。(図2-11)

Borg	小野寺ら
20	
19	Very very hard 非常にきつい
18	
17	Very hard かなりきつい
16	
15	Hard きつい
14	
13	Somewhat hard ややきつい
12	
11	Fairly light 楽である
10	
9	Very light かなり楽である
8	
7	Very very light 非常に楽である
6	

主観的運動強度 (RPE) の判定表⁹⁾ (表2-9)



酸素摂取水準 (% $\dot{V}O_2\max$) と RPE の関係, 歩行では $r=0.809$, $y=0.156x+4.5$, 走行では, $r=0.619$, $y=0.128x+4.5$ の相関関係があった。(図2-12)

心拍数 (拍/分)	% $\dot{V}O_2\max$ (%)	RPE	
		walking	running
100	30	9.2	
110	36	10.2	
120	42	11.1	9.9
130	48	12.0	10.7
140	54	12.9	11.4
150	60	13.8	12.2
160	66	14.8	12.9
170	72	15.7	13.7
180	78		14.5
190	84		15.2

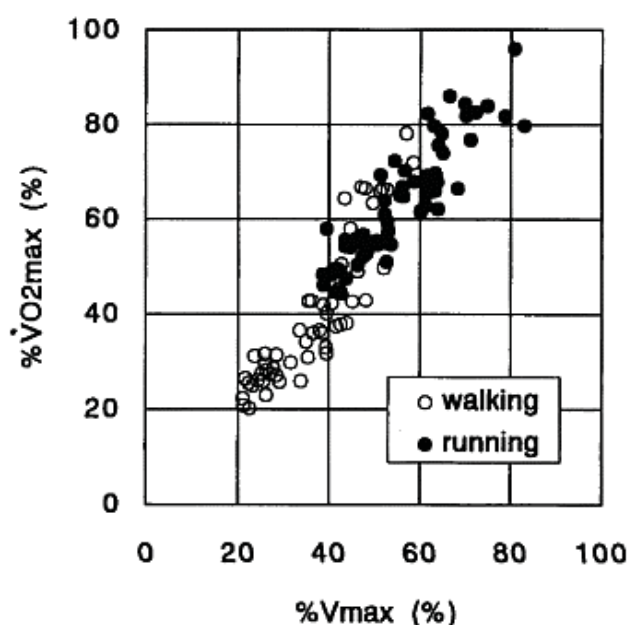
心拍数と酸素摂取水準(% $\dot{V}O_2\max$)とRPEの相互関係, 図2-9及び2-12から計算により求めた(表2-10)。

8 持久走のペース

持久走の指導では、ペースを教えることも重要な内容となる。ペースが速すぎると、きつく感じるので、持久走を嫌いにしてしまう恐れがあり、運動経験の少ない生徒に対しては十分な配慮が必要になる。前節に示す心拍数やRPEを使ってペースを設定してもよいし、以下に示すラップタイム表を参考にしてもよい。1500m（男子）または1000m（女子）の持久走テストのスピード(m/分)に対する、トレーニング時のスピード(m/分)を%Vmaxとし、%Vmaxと% $\dot{V}O_{2max}$ の関係を調べた(図2-13)。

$$\%V_{max} = \frac{\text{トレーニング時のスピード (m/分)}}{\text{持久走テストのスピード (m/分)}} \times 100 (\%)$$

両者は、10%前後ずれていたが、次項で述べる実際の授業中の%Vmaxと% $\dot{V}O_{2max}$ が近似していることから、両者がほぼ等しいと仮定してラップタイム表を作成したものである(学習資料 Q&A 参照)。持久走の望ましい強度を60%とすると、ラップタイム表によれば、男子で1500m持久走のタイムが6' 30"の生徒は、1kmを7' 13"のペースで走ればよい。また、女子では、1000m持久走のタイムが5' 10"の生徒は、1kmを8' 37"のペースでよいことになる。この男子1500m持久走6' 30"、および女子1000m持久走5' 10"は本県の平均タイムであり、かなりゆっくりとしたスピードで練習しても、効果が期待できることになる。指導者に対するアンケート調査から推測すると、持久走トレーニングの望ましいペースとして、1kmあたり5~6分とする意見が多く、理論と実際との間にひらきがあり、さらに検討を要するかもしれない。しかし、このラップタイム表をもとに、実際に授業を行なった結果では、プラスマイナス30秒くらいの巾をもたせて使用すれば、たいへん役立つことがわかった。



%Vmaxと% $\dot{V}O_{2max}$ の関係。%Vmaxは持久走テストのスピードに対するトレーニング時スピードの割合
(図2-13)

9 ウォーキングによる指導

ウォーキングは、重心の上下動が少ないので、脚や腰への負担が少なく、肥満者や体力の劣る者に適した運動である。持久走の授業においても、個々の能力に応じた指導をする立場から、積極的に取り入れてよい。ウォーキングでは、 $\%V_{max}$ と $\%V_{O2max}$ の関係が曲線的になるので（図2-13）、速度と酸素摂取量の関係からラップタイム表を作成した（表2-11）。持久力の優れた生徒にとっては、スピードをかなり高くしなければならないので、ランニングに切りかえた方がよい。また、ウォーキングは、ランニングよりもきつく感じる（図2-12、表2-10）、この点への配慮も必要になるだろう。

1km のラップタイム

持久力		$\%V_{O2max}$				
男子	女子	50	60	70	80	90
	低い	13'40"	11'30"	10'10"	9'10"	8'40"
低い	普通	10'30"	9'10"	8'30"		
普通	高い	9'00"	8'20"			
高い		8'20"				

200m のラップタイム

持久力		$\%V_{O2max}$				
男子	女子	50	60	70	80	90
	低い	2'40"	2'20"	2'00"	1'50"	1'40"
低い	普通	2'10"	1'50"	1'40"		
普通	高い	1'50"	1'40"			
高い		1'40"				

ウォーキングのラップタイム表。持久力と運動強度から各自のペースを知ることができる。例えば男子で持久力の低い人が60%で運動したい時は、1 Kmを 9'10"でウォーキングするとよい。（表2-11）

10 RPEによる持久走の指導

RPEは、個々の生徒が運動のきつさをどのように感じているかを表わす指標である。これに基づいたペースの設定は、ペース決定の主体が生徒にあるところに特徴がある。心拍数やラップタイムは客観的だが、ときとして強制的になることもあり、場に応じて使い分ける必要がある。本研究では、生徒の主体性を尊重する立場から、RPEによるペース設定に注目した。実際の有効性を確認するため、T高校およびS高校男女155人を対象に、RPEによる持久走を実施してみた。これまでの研究から、RPE13の「ややきつい」が60% $\dot{V}O_2\max$ 強度に近いことから、RPEの表を提示して「ややきつい」と感じるペースで2000mの持久走を行ない、その間の心拍数を測定した。表2-12は、その心拍数や持久走のスピードをまとめたものであり、いずれの群でも、% $\dot{V}O_2\max$ や% V_{\max} は60%を上回っていた。女子よりも男子が高く、運動者群よりも非運動者群の方が高い強度を示した。

また、表2-13に示すとおり、心拍数が180拍/分以上の生徒も多く、RPEによるペース設定は、速くなりすぎる恐れのあることがわかった。したがってRPEの使用にあたっては、心拍数やラップタイムなど他の方法と併用することにより、適切な指導が必要であると考えられた。

		Vmax(m/分)		0~1000m		1000~2000m		
男子	n	平均	SD	平均	SD	平均	SD	
運動群	39	262.6	28.7	心拍数(拍/分)	171.0	12.8	176.5	12.1
				% $\dot{V}O_2\max$ (%)	72.3	7.6	75.6	7.1
				Vmean(m/分)	198.7	18.2	196.9	20.1
				% V_{\max} (%)	76.2	7.4	75.5	8.6
非運動群	45	231.6	21.7	心拍数(拍/分)	174.6	17.4	181.6	18.1
				% $\dot{V}O_2\max$ (%)	74.5	10.3	78.6	10.7
				Vmean(m/分)	179.6	20.4	175.0	23.9
				% V_{\max} (%)	78.0	9.7	75.8	9.7

		Vmax		0~1000m		1000~2000m		
女子	n	平均	SD	平均	SD	平均	SD	
運動群	36	245.3	18.1	心拍数(拍/分)	162.1	16.0	165.0	15.0
				% $\dot{V}O_2\max$ (%)	67.0	9.5	68.8	8.9
				Vmean(m/分)	160.8	13.8	161.4	12.8
				% V_{\max} (%)	65.7	6.0	66.1	6.2
非運動群	35	206.5	12.3	心拍数(拍/分)	173.1	16.4	175.9	26.5
				% $\dot{V}O_2\max$ (%)	73.6	9.7	75.2	15.7
				Vmean(m/分)	136.3	17.5	139.0	16.4
				% V_{\max} (%)	66.3	9.6	67.5	8.4

(T高等学校男子84人、H高等学校女子71人) (表2-12)

「ややきついRPE=13」持久走の運動強度。% $\dot{V}O_2\max$ は心拍数から推定した。Vmeanは持久走の平均スピード。Vmaxは持久走テスト時のスピード。% V_{\max} はVmeanとVmaxの比率。% $\dot{V}O_2\max$ と% V_{\max} は、ほぼ同じになるといわれている。

男子	心拍数(拍/分)	0~1000m		1000~2000m	
		人	%	人	%
運動群	~119	0	0.0	0	0.0
	120~139	1	2.6	0	0.0
	140~159	7	17.9	3	7.7
	160~179	19	48.7	17	43.6
	180~	12	30.8	19	48.7
	合計	39	100.0	39	100.0
非運動群	~119	0	0.0	0	0.0
	120~139	1	2.2	1	2.2
	140~159	6	13.3	5	11.1
	160~179	21	46.7	12	26.7
	180~	17	37.8	27	60.0
	合計	45	100.0	45	100.0
女子	心拍数(拍/分)	0~1000m		1000~2000m	
		人	%	人	%
運動群	~119	0	0.0	0	0.0
	120~139	3	8.3	1	2.8
	140~159	13	36.1	11	30.6
	160~179	17	47.2	18	50.0
	180~	3	8.3	6	16.7
	合計	36	100.0	36	100.0
非運動群	~119	1	2.9	2	5.7
	120~139	0	0.0	1	2.9
	140~159	3	8.6	2	5.7
	160~179	21	60.0	12	34.3
	180~	10	28.6	18	51.4
	合計	35	100.0	35	100.0

「ややきついRPE=13」持久走の心拍数の分布。180拍/分以上を示す生徒も多い。(表2-13)