T. Asano., Studies on Energy Metabolism in Softball-Tennis Playing. Report 3. Women's Energy Requirement for Softball-Tennis Playing.

軟式庭球試合におけるエネルギー代謝に関する研究

(第3報) 軟式庭球試合におけるエネルギー需要量
——女子の部

(鳥取大学医学部生理学教室 指導 西田勇教授)

岡山大学教育学部 浅野辰三

著者の先に軟式庭球試合の需要熱量を推算するために第7回マ杯大会において Time study¹⁾を行い、更に男子選手の被験者による動きや打球の基本動作のガス代謝実験を行ってそれぞれの需要熱量を測定し、それらの資料に基いて男子軟式庭球試合の需要熱量を間接推算法によつて算定し、その結果を第2報²⁾に報告したが、その後同様の方法によつて、前記マ杯大会に出場した女子についても、そ

の試合時の需要熱量を測定し得たのでここにそれを報告し、あわせて男女の差異を比較検討して見ようと思う。

第1部 基本測定

方 法

各種の動き及び打球動作について、それぞれの需要熱量の基本値を測定するために、被験者として日紡常盤工場クラブ山河・小西(マ

第1図 探 気 状 況

A, Fore-volley (小西選手) B, 回復時 (山河選手)

杯選手)並びに岡大軟式庭球部渡辺・板野・黒瀬等の諸嬢を依頼した。実験は昭和29年3月下旬より7月中旬に至る期間に、およそ午後2時～5時(約25°C)の間に行つた。

ガス代謝の測定は前報において詳細に述べた男子の場合と同様の方法を用いた。ただし打球のガス代謝測定については、男子の場合はすべて定常状態における呼吸を採集して測定値を求めたのであるが、女子の場合にはこの外に、なお2～3分間の打球動作時の呼吸と、運動直後の回復時の呼吸とを採集する方法を

併用した。

結果並びに考察

立位、構え、歩き及び走り等各種の「動き」の需要熱量を一括して示すと第1表の通りである。このうち立位、構え、歩a(Change courtの歩き)等の比較的静的な動作では、前・後衛の間には需要熱量に大差がないので、両者のR.M.R.を合併して平均すればそれぞれ0.2, 0.9, 2.4となり、男女の差は認められない。しかし激的な動作即ち歩b(打球のための歩き)走a(打球のための走り)走b(急速

第1表 (a) 軟式庭球における動きのガス代謝実験成績(女子)

※, ※※, () 等の項については前報第1表(a)の説明を参照。

項 種	目	被験者	採気時間		速 度 (m/min)	需 要 熱 量 (Cal/min)	R.M.R.	同決定値	(同男子 決定値)	平均速度 (m/min)	
			動 機	回 復						女 子	(男子)
立 位		T.W.	3'	※S.S.		0.09	0.11	0.2	0.2	—	—
		K.K.	"	"	—	0.13	0.15				
		S.K.	"	"		0.14	0.16				
		S.Y.	"	"		0.19	0.18				
構 え		S.K.	"	"	—	0.73	0.88	0.9	0.9	—	—
		S.Y.	"	"		0.96	1.01				
歩 a		"	5'	"	65	2.00	2.12	2.4	2.4	68	68
		S.K.	3'	"	70	2.02	2.43				
		K.K.	"	"	"	2.34	2.65				
歩 b	前 衛	M.I.	2'	"	67	5.38	5.93	※※ 4.3	5.3	※※ 69	69
		S.K.	3'	"	70	5.19	6.27				
		T.W.	1'	6'	72	5.63	6.57				
	後 衛	M.I.	"	18'	64	5.16	5.72	※※ 5.1	5.8	※※ 74	72
		T.W.	"	12'	86	7.53	8.80				
		S.Y.	3'	16'	"	8.40	8.89				
歩 a	前 衛	T.W.	30"	10'	63	8.06	9.41	11.4	12.5	82	83
		K.K.	2'	21'	81	8.60	9.74				
		S.K.	1'	28'	"	8.61	10.4				
		T.W.	30"	6'	84	9.86	11.5				
		"	"	7'	99	13.01	15.8				
	後 衛	S.Y.	1'	20'	111	11.64	12.3	16.2	18.9	125	124
		T.W.	30"	14'	120	10.86	12.7				
		"	"	18'	"	14.79	17.3				
		"	"	22'	147	19.20	22.4				
		"	"	18'	114	22.29	26.0				
歩 b	前 衛	"	"	13'	120	22.95	28.2	33.0	35.5	126	123
		"	"	24'	138	31.43	36.7				
		S.K.	1'	25'	140	33.99	41.1				
	後 衛	T.W.	30"	29'	168	28.78	33.6	38.2	41.2	171	166
		"	"	29'	171	31.80	37.1				
		S.Y.	"	30'	175	41.35	43.8				

第1表 (b) 被験者の状況

基礎代謝量は S.K., S.Y. については実測値を, その他については計算値(労研値)⁵⁾を用いた。

被験者	S.K.	S.Y.	T.W.	K.K.	M.I.
年令	21	23	23	19	21
軟庭技術	マ杯選手	同	一流選手	普通	同
基礎代謝量 (Cal/min)	0.861	0.801	0.857	0.882	0.907

の走り)等の需要熱量は, 後衛は前衛より一般に高い値を示したので, それらの R.M.R. の平均値(表の決定値)では男子と同様に何れも前・後衛別に表示することにした。これによつて両者を比較すれば, 後衛は前衛よりも歩 b において 0.8, 走 a において 4.8, 走 b において 5.2 の差をもつて何れも高い値を示している。この点は男子とほぼ同様であるが,

第2図 軟式庭球における動きの R.M.R. 男女の比較図

種目別に男女を比較すれば, 女子の R.M.R. は男子のそれより低くなる傾向が見られる(第2図参照)。

なお動きのガス代謝の実験に際して, 男女各々数名の被験者が行つた歩き及び走りの速度を, 種目別に一括して示せば第3表の如くであつた。

第2表 軟式庭球試合において行う歩き及び走りの速度 (m/min)

歩 b, 走 a, 走 b は, 前衛は 3m, 後衛は 6m の距離を往復する運動を続けた場合の速度である。

	歩 a (Change-court)	歩 b (打球のための)	走 a (打球のための)	走 b (急速の)
前衛	65~70	60~80	65~110	110~140
後衛		60~100	110~150	150~180

次に各種の「打球動作」の需要熱量を第3表に示した1打球当りの需要熱量について見れば, 最低はストップ (0.13 Cal.) で, カット及び第2サーブ (0.2 Cal.) がこれに次ぎ, ボレー (約 0.25 Cal.), フラットサーブ (0.35 Cal.), ロビング (約 0.4 Cal.) と順次高くなり, シュートやスマッシュ (約 0.45 Cal.) は最高を示した。これらの打球動作の需要熱量の順位は男子の場合とほとんど一致している。また Fore-hand Stroke と Back-hand Stroke の打法による相違に対しても, 男子と同様に有意の差が見られない。

なお各種目ごとにそれぞれ男子と女子の需要熱量を比較すれば, 第3表に見る如く, その差はすべて極めて僅少である。最も大きい男女差を示した Back-hand ボレーに於てき

第3表 軟式庭球における打球のガス代謝実験成績(女子)

S.S.()等の項については前報第2表の説明を参照。

種 目	項 目	被験者	採気時間		需要熱量 (Cal/min)	打球数 (本/min)	需要熱量 (Cal/本)	同決定値 (Cal/本)	(同男子決定) 値 Cal/本		
			打球	回復							
サー グ ラ フ	第 一	フラット	S.Y.	3'	10'	6.14	19	0.32	0.35	0.37	
		"	"	2'	12'	7.50	20	0.38			
	第 二	カ ッ ト	T.W.	"	S.S.	4.73	26	0.18	0.18	0.19	
			S.Y.	"	10'	4.26	23	0.19			
		二	T.W.	"	S.S.	3.66	19	0.18	0.19	0.20	
			S.Y.	3'	10'	4.57	23	0.20			
シ ュ ー ト	Fore	K.K.	2'	S.S.	4.29	13	0.33	0.40	0.42		
		T.W.	"	15'	4.80	"	0.37				
		S.Y.	"	S.S.	4.55	9	0.51				
	Back	K.K.	"	"	5.30	12	0.44	0.46	0.43		
		S.Y.	"	15'	5.34	11	0.49				
		K.K.	"	S.S.	2.43	10	0.24				
ロ ビ ン グ	Fore	S.Y.	"	"	3.71	9	0.41	0.38	0.36		
		"	"	15'	5.68	12	0.47				
		"	"	S.S.	4.01	10	0.40				
	Back	"	"	18'	5.10	12	0.43	0.41	0.38		
		S.K.	"	22'	8.25	19	0.43				
		"	"	S.S.	5.42	12	0.45				
ス マ ツ シ ュ	Fore	T.W.	"	"	7.21	18	0.40	0.44	0.45		
		S.K.	"	"	6.31	13	0.49				
		"	3'	10'	5.28	21	0.25				
	Back	"	2'	S.S.	4.54	17	0.27	0.26	0.25		
		"	"	"	3.96	18	0.22				
		T.W.	3'	"	6.79	24	0.28				
ボ レ ー	Fore	"	"	15'	8.85	28	0.32	0.27	0.22		
		"	"	"	S.S.	3.31	"			0.12	
		S.K.	"	8'	3.10	22	0.14				
	ス ト ッ プ	"	"	"	2'	S.S.	3.10	22	0.12	0.13	0.14
			S.K.	"	8'	3.10	22	0.14			

えそれは 0.05 Cal. で、2 割程度に過ぎなかつた。

第2部 試合時のエネルギー需要量

算定方法

女子軟式庭球1試合の需要熱量の算定は、男子の場合と同じ方式²⁾によつた。即ち前述した試合時の「動き」の R.M.R. 及び「1打球動作」の需要熱量と、第1報に述べた前・後衛各16名の選手について行つた Time study の資料に基き、歩・走等の動きの需要熱量は R.M.R. の算式を用い、また打球に対する需要熱量は、それぞれ1動作当りの需要熱量に打球数を乗じて各動作に要した需要熱量を算出し、これらを総計して1試合の総需要熱量を

求めた。ただし R.M.R. による需要熱量の計算に用いた基礎代謝量は第4表に示した如く、マ杯大会に出場した女子選手の身長及び体重から算出した値を使用した。

第4表 マ杯軟式庭球大会の女子選手の体格その他調査表

種別	少 女		女 子	
	前 衛	後 衛	前 衛	後 衛
年 令	17.1	17.3	23.3	22.9
身長 (cm)	158	153	156	155
体重 (kg)	50.7	48.3	52.0	57.1
体 表 面 積 (m ²)	1.497	1.445	1.512	1.639
基 礎 代 謝 (Cal/min)	1.005	0.838	0.877	1.000
調 査 人 員	8	8	8	8

尙これらの詳細については第2報を参照されたい。

結果並びに考察

計算によつて求めた女子軟式庭球1試合の需要熱量は、前・後衛別に区分して第5表に示した通りである。表によつて明らかな如く、試合中の歩、走等の「動き」の需要熱量は、前

衛は平均 54Cal. (最低 25Cal.~最高 88Cal.), 後衛は 89Cal. (33Cal.~147Cal) で、前・後衛の平均の比は 1: 1.7 となつている。また試合中に「打球動作」のために使つた熱量は、前衛は 7Cal (3Cal~17Cal), 後衛は 26Cal (13Cal~48Cal.) で、その平均の比は 1: 3.6 である。

第5表 軟式庭球一試合の需要熱量.(女子)

前報第4表の説明を参照。

種 別	項 目	需 要 熱 量				合 計 (Cal)	R.M.R.	勞 作 量 指 数	試合時間 (分・秒)	
		動 き		打 球						
		(Cal)	(%)	(Cal)	(%)					
前衛	少女	Min	35.9	82	3.4	9	43.5	2.5	43	16.43
		M	50.8	89	6.4	11	57.2	2.9	57	19.29
		Max	56.5	91	8.4	18	64.9	4.2	65	24.26
	女子	Min	24.5	81	3.8	9	28.3	2.6	32	11.10
		M	56.3	87	8.3	13	64.6	3.5	73	20.58
		Max	87.9	91	16.6	19	86.5	4.8	100	27.47
平 均	53.6	88	7.3	12	60.9	3.2	65	20.14		
後衛	少女	Min	41.6	65	15.5	15	64.2	4.1	64	16.43
		M	80.2	77	23.8	23	104.0	6.2	103	19.29
		Max	148.8	85	28.6	25	74.8	7.5	174	24.26
	女子	Min	33.4	68	13.2	18	79.4	3.8	80	11.10
		M	98.4	78	28.4	22	126.8	6.1	128	20.58
		Max	146.9	82	49.3	32	195.2	8.3	174	27.45
平 均	89.3	78	26.1	22	115.4	6.1	116	20.14		

これらの「動き」及び「打球動作」の需要熱量の合計、即ち女子軟式庭球1試合の需要熱量は、前衛は平均 61Cal. (最低 28Cal~87Cal), 後衛は 115Cal. (49Cal.~195Cal) で、前・後衛の平均の比は 1: 1.9 となる。

第3図には前・後衛の需要熱量の比(1:1.9)を円の面積で表わし、各基本動作に要したエネルギーを扇形の大きさに配分して表わしてある。図によつて明らかな如く、前・後衛とも立位、構え、歩 a 等の需要熱量は少量で両者に大差がなく、又歩 b 及び走 a のためには両者ともそれぞれ総熱量の約 1/3 を消費しているが、急激な走り(走 b)においては前衛は約 2% であるのに対して後衛は約 13% を使い、更に打球動作では前衛の 12% に対して後

衛は 22% を使つており、しかも総需要熱量においては後衛が前衛の約 2 倍のエネルギーを消費している。

この様に前・後衛に著しい相違を生じたことは、第1報に述べた如く、前衛は立位、構え、歩 a 等 R.M.R. の低い動作に試合時間の過半を費すのに対して、後衛は歩 b, 走 a, b 等 R.M.R. の高い敏活な動作並びに打球数が前衛より多いことと、しかもこれらの各動作の単位需要熱量が、前衛より高い傾向を示したが為である。

なお試合の運動強度として前・後衛の R.M.R. を算出すれば、前衛は平均 3.2 (2.5~4.8) で、労作量指数は平均 65 (32~100) となり、これはラヂオ体操 (R.M.R. 3.13~3.32)⁴⁾ を軟

第3図 軟式庭球一試合における各動作の
需要熱量比率配分図 (女子)
2つの円の大きさは前衛、後衛の需
要熱量の比率 (61 Cal: 115 Cal =
1:1.9) に対応して画く

運動強度となる。

男子の場合と女子の場合の比較

著者は前報²⁾において、マ杯大会に出場した男子の軟式庭球試合の需要熱量を報告した。今ここにその男子の値と、前述した女子の需要熱量 (R.M.R. 労作量指数) との比較を、一括して表示すれば第4図の如くである。

言うまでもなく体格や生理的機能及び性格を異にする男女について、その需要熱量を直接比較して運動の強弱を論じることが困難ではあるが、ここに若干の検討を加えて見たい。

軟式庭球1試合の平均需要熱量は、前衛は男子 67Cal, 女子 61Cal で男女に大差はないと考えられ、後衛もまた両者に殆んど差異がなく約 115Cal である。しかし試合時間 (男子平均 16 分 26 秒, 女子平均 20 分 14 秒) 並びに基礎代謝量が異なるので、これを単位時間の運動強度 (R.M.R.) にすると、前衛は男子 4.1, 女子 3.2, 後衛は男子 7.0, 女子 6.1 となり、今回の実験例に関する限り男子は女子よりも R.M.R. 即ち単位時間の運動強度が大であると言える。このことが一般に事実であるとすれば軟式庭球に長年の経験者である三宅、今井両氏 (マ杯大会岡山市代表選手, 元全日本選手権保持者) の主観による「女子よりも男子の方が疲労感が大である」ことの主な要因ではなからうか。なおこの男女差の問題についてはさらに検討をつづけている。

	試合時間 (分)	需要熱量 (cal)	R. M. R.	労作量指数
	5 10 15 20 25	50 100	3 4 5 6 7	50 100
前衛	男子 16.21	67	4.1	67
	女子 20.14	61	3.2	61
後衛	男子 16.21	115	7.0	115
	女子 20.14	115	6.1	115

第4図 エネルギー代謝より見た軟式庭球一試合の男女の比較図

庭試合時間だけ続けた程度の運動である。又後衛の R.M.R. は平均 6.1 (3.8~8.3) で、労作量指数は平均 116 (64~174) となり、これはスケートの練習 (R.M.R. 6.3~7.8) の程度の

この様に女子の試合の強度指数 (R.M.R.) が低いにもかかわらず、1試合の運動量 (労作量指数) が男女ともほぼ同じ値を示したことは、Time study を行つた女子の試合時間が

長かつた為である。

次に軟式庭球1試合の需要熱量を男女別に、それぞれの前・後衛を比較すれば、需要熱量においても、又 R.M.R. 並びに労作量指数に換算しても、男子では前・後衛の比が1:1.7であるのに対して、女子では1:1.9となつてゐる。このことは、女子の前衛の活動が男子の前衛に比して乏しかつたために、女子の後衛の負担が増したものと思われる。

総 括

女子軟式庭球選手を被験者として、試合時における各種の動きや打球動作についてエネルギー需要量を測定した。又これらの測定値と第1報に述べた Time study の資料とによつて女子軟式庭球1試合の需要熱量を推算し、これと前報の男子のそれとを比較検討して次の結果を得た。

1) 立位、構え及び普通の歩行動作では、男・女においても前・後衛においても、その R.M.R. の差は殆んどないが、試合中の急速度の歩行や走りの動作においては、男女共に後衛は前衛に比して高く、女子は男子に比して低い傾向を示した。

2) 1回の打球動作に要する需要熱量は打球の種類によつて異なるが、何れの球種も男女の相違は殆んどなく、最低約 0.15Cal. (ストップ) から最高約 0.45Cal. (スマッシュ、シュート) に及び、且そのうち Fore-hand stroke と Back-hand stroke との差異も顯著にあらわれなかつた。

3) 女子1試合の需要熱量は試合時間(平均約20分、最小約11分～最大約28分)によつて異なるが、前衛では平均 65Cal. (33Cal~100Cal.)、後衛では 115Cal. (60Cal~190Cal) で、後衛は前衛の 1.9 倍 (男子の場合は 1.7 倍) であつた。

この様に男女共に後衛の需要熱量が前衛の約2倍に相当することは、後衛は前衛に比して歩、走等の活発な動作が多く、しかもその

R.M.R. が前衛より高いことと、打球数も前衛より多く、且後衛が主として打つ球種の単位需要熱量が前衛のそれよりも概して高いことによるものである。

尙この前・後衛の差が男子よりも女子の方が大きいことは、女子の前衛の活動が比較的乏しかつたために、その後衛の負担が加重されたものと考えられる。

4) 女子軟式庭球1試合を通じての R.M.R. は平均して前衛 3.2、後衛 6.1 で、男子の 4.1、7.0 に比して低い値を示した。すなわち本実験例に関する限り女子の軟式庭球における単位時間当りの運動強度は、男子のそれよりも低いように見える。

5) 男子及び女子の軟式庭球試合の運動強度(R.M.R.)並びに運動量(労作量指数)から推察すれば、男子及び女子の前衛は、それぞれ時速 6km に近い歩行³⁾を試合時間行つた程度の運動に匹敵し、又男子の後衛は普通の散歩を試合時間行つた程度の運動量であり、女子の後衛はローラースケート⁴⁾の練習を行つた程度の運動であろうと考えられる。

この研究は前報と共に文部省科学研究費の補助を受けて行つた。

稿を終るにあたり、終始御懇篤なる御指導を賜つた西川勇博士、福田邦三博士、山岡誠一博士に深甚の謝意を表すると共に、実験の便宜を与えられた日紡常盤工場並びに被験者諸子に厚く感謝する。また熱心に協力された学生諸君、特に伊賀信之、大江恒夫両君に敬意を表する。

参 考 文 献

- 1) 浅野辰三 (1954): 体育学研究, 7, 417.
- 2) 浅野辰三 (1955): 体育学研究, 9, 550.
- 3) 山岡誠一 (1952): 日本生理学雑誌, 15; 2, 102.
- 4) 渡邊俊男, 山崎美智枝 (1954): 日本生理学雑誌, 16; 5, 281.
- 5) 鈴木鎮次郎 (1952): 労働のエネルギー原則, 誠文堂新光社刊.