YAMAOKA, S., Energy Metabolism in Soccer-games.
—Studies on Energy Metabolism in Athletic Sports.—

蹴球試合のエネルギー代謝

(スポーツのエネルギー代謝に関する研究 第3報)

(京都府立医科大学生理学教室 主任吉村教授)

京都学藝大学 山岡誠一 他9名

I. 緒 論

スポーツ時のエネルギー需要量の測定は、Hill¹⁾, Liljestrand²⁾・古沢³⁾・吉田⁴⁾・石井^{5,6)}等により、ランニング・水泳・スキー・スケート・漕艇・体操・卓球等の比較的単純なスポーツ種目については行われているが、複雑なスポーツ種目についての報告は未だ見ない。著者等は先に昭和23年夏の全国高校野球に際して、野球試合時の選手の動作のタイムスタデー及び古沢の R.M.R. (エネルギー代謝率) を測定して、野球一試合の需要熱量を測定し報告⁷⁾する所があった。此等の報告が複雑なスポーツ試合時のエネルギー需要量測定の最初であると思う。

此の経験に鑑み著者は各種のスポーツ試

合時のエネルギー需要量の測定を行い、これよりスポーツ管理上の医学的知見を得ようと企図していた処、幸にも昭和25年及び26年冬(1月2日より7日まで)の全国高校蹴球選手権大会(西宮球場)に際して、蹴球試合時のエネルギー需要量の測定を行う機会を得たので、その結果を報告する次第である。

II. 研究方法

研究方法は先に報告した野球試合時のエネルギー需要量の測定と同一の要領によるもので、これを次の3部に分つ。

1) 蹴球基本動作のエネルギー代謝量測定

蹴球の試合間の動作を第1表に示した様な

第1表 蹴球基本動作のエネルギー需要量及 R.M.R.

動作(a)	被験者	エネルギー 需 要 量 Cal/min	R.M.R.	動作(b)	被験者	エネルギー需 要 量 Cal./一動作	
						実 測	平 均
走	{ Y.Y. I.M. K.H.		120. 70. 30.	スローイン	{ Y.Y. I.M.	0.71 0.74	0.7
						0.52 0.49	
						0.80 0.85	
駆	走	{ Y.Y. I.M.	7.46 7.02	キ ッ ク	{ Y.Y. I.M.	0.80 0.85	0.8
						0.96 1.0	
歩	行	{ Y.Y. I.M.	3.08 2.81	ヘッティング	{ Y.Y. I.M.	0.28 0.3	0.3
						0.81 0.8	
ドリブル	{ Y.Y. I.M.	28.79 32.03	30.	タックル	{ I.M.	0.96 1.0	1.0
足立構	踏	{ I.M. Y.Y.	1.16 0.19	ストップ	{ I.M.	0.28 0.3	0.3
	位	{ Y.Y. I.M.	0.19 0.15	ジャンプ	{ Y.Y.	0.81 0.8	0.8
	え	{ Y.Y.	1.24 1.2				

備考 1. 被験者基礎代謝量 (Cal/min) Y.Y. ... 1.011 I.M. ... 1.002 K.H. ... 0.962

2. 走の R.M.R. は種々のスピードにおける実例値より表に記した A.B.C. の3のスピードについての平均を求めた。

15 項の基本動作に分類し、この各動作について高校選手とほぼ同等の条件にある京都学芸大学蹴球部員を被験者として、その各々の動作のエネルギー需要量を測定した。即ちダグラス袋を用いて動作間及び恢復期の呼気を集め、瓦斯分析の結果よりエネルギー消費量 (T) を求め、別に被験者の安静時代謝量 (R) を実測し、エネルギー需要量 (T-R) を算出した。その成績を第 1 表に記す。尚又被験者の基礎代謝量 (B) を測定し、表の左部の動作 (動作 a で表わす) については古沢の算式⁹⁾

$$R.M.R. = \frac{T-R}{B}$$

によつて、エネルギー代謝率 (R.M.R.) を求めた。

2) 全国高校蹴球選手権大会における タイムスタデー

昭和 25 年及び 26 年の 1 月 2 日より 7 日まで (試合は隔日に行われた) の 4 日間、西宮球場において、各試合間に各選手の動きをストップウォッチにて計測した。このタイムスタデーは、昭和 25 年度は勝チームに属した選手について、各ポジションにわたり 2~3 名 (1 ポジション 2 名でも左右のサイドを合すと 4 名以上となる) 宛、延 27 名の選手について一試合を通じて行つた。

昭和 26 年度には延 28 名の選手について勝敗別の検討を目的として行つた。即ち同一試合において、両チームの同一ポジションの選手をマークした。而して測定者のタイムスタデーを行ふ際の技術上の誤差を少なくするために、試合の前半と後半の被験者を交代して観察せしめた。

以上によつて計 55 名の選手についてのタイムスタデーの結果を、各選手について上記の基本動作に分類集計し、勝敗別・ポジション別の平均の成績を求めた。

尚一部のチームについて試合前並びに試合なき日の練習時の動作のタイムスタデーを行い、練習時の動作資料を得た。又昭和 25, 6 年

度共大会期間中の毎日のチームの行動について、各チームのマネージャーに依頼して調査票に記入を求め、選手 1 日の生活時間調査を行つた。

3) 蹴球選手のエネルギー代謝量の計算

第 1 表の蹴球基本動作の中央部の各動作 (動作 a.) については、著者の行つたスポーツ基本動作の個人差の研究の結果¹⁰⁾ により、古沢の提唱になる R.M.R. をスポーツのエネルギー代謝の算出に適用し得ることが明かである。そこで第 1 表の R.M.R. に選手の基礎代謝量 (B) を乗じて、各動作の単位時間のエネルギー需要量 (T-R) を算出し、この成績に試合間のタイムスタデーによつて求めた各基本動作の所要時間の集計を乗じて、一試合間各動作のエネルギー需要量を求めた。この場合選手の基礎代謝量は、選手の平均身長・体重より高比良式によつて体表面積を算出し、これに平均年齢の単位体表面積当りの熱量を乗じて算出した。即ち選手の平均身長は 164.77cm 平均体重は 58.18kg で基礎代謝量の平均は 1,022cal min である。

次に第 1 表右部の各動作 (動作 b で表わす) については著者の実験結果¹⁰⁾、一動作の需要熱量はこれを R.M.R. に換算するよりも、そのまゝの値の方が個人差が少ないことを認めたので、動作 b については、各々一動作のエネルギー需要量に動作回数を乗じて、一試合間の各動作のエネルギー需要量を算出した。

かくして算出した各動作のエネルギー需要量を加算すれば、蹴球一試合のエネルギー需要量が算出せられることになる。更にこの一試合のエネルギー需要量を試合時間 75 分 (35' ~ 5' ~ 35') 間の基礎代謝量で割れば、蹴球一試合を通じての R.M.R. が求められる。

III. 測定成績

1) 全国高校蹴球選手権大会における タイムスタデー

第1図は蹴球一試合の位置別・勝敗別・動作別の平均所要時間を示すヒストグラムである。(注 各ポジションは図の下方に示した如くゴールキーパー (G.K.)・フルバック (F.B.)・ハーフバック (H.B.)・ハーフセンタ (H.C.) 及びフォア

第1図 蹴球一試合 位置別・勝敗別・動作別所要時間

(注 位置別ヒストグラムの左側の線は勝者、右側は敗者の動作時間配分を示す。見方は左側の線が右側の線より短い場合は勝者の方がその動作に用いた時間の少ないことを示す)。

ワードのセンター (F.C.)・インナー (I.)・ウィング (W.) の7つに分けた)。

試合時間は70分でその間に5分のハーフタイムがあつたが、図では休憩時間を除いた70分の動作時間配分である。図中の各位置別のヒストグラムにおいて、その左側は勝者右側は敗者の配分であつて、その各々の相等部を結んで色別区分した。又図の下際の横軸0線より下部は、試合中におけるキック・ヘッティング・スローイン等の回数である。但しこれ等の分類はエネルギー代謝測定に便なる様考慮したので、競技の専門的分類とやゝ趣を異にしていることは言う迄もない。

図に見る如く G.K. は試合中の大部分が立位・構え・足踏等で場所の移動を作わない動作であるが、他のポジションでは夫等の動作は全時間の1/3~1/4で、駆走及び歩行動作で過半を占め、全力疾走(図中走A)動作は各選手にも僅少であつた。この成績より走距離(疾走の速度より第1表の規約に従い分けた走A,B,C及び駆走の距離合計)を逆算すると、一試合の間に H.B. は約7km, I は6.5km, 走つたことになるが、G.K. は800m程度である。

勝敗別には前衛では勝者に、後衛では敗者に敏捷・急激な動作(走A, B, C)の多いの

第2表 蹴球一試合のエネルギー需要量

位 置	勝 者				敗 者		平 均				優 勝 チーム	
	エネルギー需要量			R.M.R.	エネルギー 需要量	R.M.R.	エネルギー 需要量	R.M.R.	消 費 熱 量	エ ネ ル ギ 一 需 要 量	R.M.R.	
	昭25	昭26	平均									
	Cal	Cal	Cal									
G.K.	148.7	135.2	142.0	1.85	82.6	1.08	112.3	1.47	208.1	79.5	1.04	
F.B.	447.4	380.7	414.1	5.40	515.7	6.73	464.9	6.07	560.7	458.8	5.99	
H.B.	632.1	637.5	634.8	8.28	647.4	8.45	641.1	8.36	736.9	674.4	8.80	
H.C.	539.8	444.7	492.3	6.42	329.2	4.29	410.6	5.36	506.4	576.9	7.53	
F.C.	474.9	622.5	548.7	7.16	537.2	7.01	543.0	7.08	638.8	592.0	7.72	
I.	522.3	642.2	582.3	7.60	498.5	6.50	534.5	6.97	630.3	570.8	7.45	
W.	567.5	574.5	571.0	7.45	462.8	6.04	516.9	6.74	612.7	599.0	7.82	
平均	500.0	515.7	507.9	6.63	467.9	6.10	487.9	6.37	583.7	532.2	6.94	

備考 1. 試合時間は75'(35'-5'-35')

2. 選手平均基礎代謝量は昭和25.26年共 1.022 Cal/min

は、そのポジションの性格を表わすものであり、G.K. の勝者が敗者に比して活動しているのは、予想に反して興味ある事実である。H.C. の歩行時間の特に多い（従つて後述のエネルギー需要量が少ない）のは、そのポジションの任務上必然の結果であるのか、或は Random sampling による変動のためかは、今後の研究に譲ると共に専門家の批判を望むものである。

2) 蹴球一試合のエネルギー需要量

タイムスタデーの結果と、蹴球基本動作のエネルギー需要量及び R.M.R. より算出した蹴球一試合（ハーフタイムを入れ 75 分）の位置別のエネルギー需要量は第 2 表に示した。エネルギー需要の最小は G.K. で、平均 110 Cal. であり、最大は H.B. の 640Cal. であつた。その他のポジションでは 410~510Cal. であつたが、各ポジション共選手の動きの個人差や試合の経過状況により動作に差異があるので、G.K. 以外はポジション間に統計上有意の差を見出すことが出来なかつた。而して全員を平均すると 490Cal. となる。

第 2 表 蹴球一試合 位置別・勝敗別・動作別
エネルギー需要量

（注 図は第 1 図に準じてエネルギー需要量を示す）

第 2 表の勝敗別の平均値を各動作に分析して第 2 図に示した。図は第 1 図に準じて需要熱量を示したものである。一般に F.W. は勝者にエネルギー需要量大で、Backs は敗者に大である。H.B. は勝者・敗者間に大差なく最も活躍したことを示している。G.K. において勝者のエネルギー需要量の大きなのは敏捷急激な動作の多いためであり、H.C. の敗者のエネルギー需要量の特に少ないのは、前述した如く歩行動作が多いためである。勝敗別にチーム全員を平均すると、勝者 510Cal. 敗者 470Cal. であつて、一般に蹴球は勝チームが敗チームより多くのエネルギーを要求する性質の運動であると云える。

以上の成績はチームの別を考慮せずに各ポジション別の平均値をとつたものであるから、この成績には Random sampling による誤差を含んでいるかも知れぬ。そこでこれを確かめるためにチーム全員についてタイムスタデーを行つた両大会の優勝校池田 (25 年)・宇都宮 (26 年) 高校の成績 (第 2 表最右列) と、前述の位置別・勝者の平均エネルギー需要量を比較すると、G.K. 以外の各ポジションは優勝チームの方が 20~40 Cal. 多くなつてゐるが、併し位置別・所要熱量の順位には差を認めなかつた。従つて上記の成績には少なくともその位置別・所要熱量の順位には Random sampling による過誤が無いものと思はれる。次にエネルギー需要量の測定方法による誤差については、京都学藝大学蹴球部員を被験者として、練習試合時にダグラス袋を用いて実測した値と、この間のタイムスタデーの結果よりの計算値との誤差は 5% 内外であつた。従つて第 2 表の成績は高校蹴球のエネルギー需要量としてかなり信頼し得る数値であると思はれる。

この一試合の需要熱量を、試合時間内に消費されるべき基礎代謝量で割れば、一試合を通じてのエネルギー代謝率 (R.M.R.) が算出

せられる。これは運動の強度を表わす指数と考える事が出来る。斯様にして求めたチーム平均の R.M.R. は 6.4 であつて、これは駈走程度の強さの運動に相当し、先に報告した野球試合のチーム平均値 2.7 に比べると、その約 2.4 倍の強度の運動になる。又勝敗別のチーム平均の R.M.R. は勝者 6.6, 敗者 6.1 であり、優勝チーム平均は 6.9 であつて、優秀なチーム程運動の強さが大である事が示される。従つて優秀な蹴球チームを編成する為には、選手として体力・体格の優れた者を選ぶ必要がある。但し G.K. はその R.M.R. は 1.5 であつて数歩程度の運動に相当する。従つて選手はその体力は優れなくとも身長、技術等の球技

上の特質を考えて、選定すれば良い。

3) 蹴球選手一日の消費熱量

上記の試合時のエネルギー需要量に、試合間の安静時代謝量 95.8Cal. (基礎代謝量の 25% 増) を加算すると、一試合間の選手のエネルギー消費量が求められる (第 2 表)。斯様にして求めた試合消費エネルギーに、大会期間中に 6 名の選手について調査した練習・球技生活 (試合や練習を行うための更衣・歩行・乗車・集会等)・日常生活 (其の他の生活)・睡眠時等の消費エネルギーを加算して、選手が 1 日に消費する総エネルギーを算出してみた (第 3 表)。この第 3 表の成績のうち練習の成績は、実際に選手について行つた練習時の

第 3 表 蹴球選手一日の消費熱量

項 目	試 合 ・ 日		試 合 な き 日	
	生活時間	消費熱量	生活時間	消費熱量
	分	Cal	分	Cal
試 合	75.0	584	—	—
練 習	41.3	222	60.7	326
球 技 生 活	203.1	434	114.0	283
日 常 生 活	540.2	1011	634.3	1225
睡 眠	580.4	476	631.0	518
計	1440.0	2727	1440.0	2352

タイムスタデーと、練習時の R.M.R. の実測値より算出した平均値である。その他のものは各選手に依頼して調査表に自己の行動時間を記入せしめ、これを睡眠 (基礎代謝量の 70%)・仮眠 (基礎代謝量の 80%)・身仕度 (0.45)・食事 (0.45)・休息 (0)・自由 (0.45)・教養 (0)・散歩 (1.5)・歩行 (3.0)・乗車 (1.0)・用事 (2.0)・体操 (4.0)・練習 (4.0)・試合 (6.4)・その他 (2.0) の 15 項に分類し、且これ等の R.M.R. は主として古沢の測定¹¹⁾になるもの (前述各項の括弧内に記載) を用いて消費エネルギーを算出し、これを更に各生活行動別に集計したものである。表に見る様に大会期間中に試合を行つた日 (1 月 2, 4, 6, 7 日) には試合に 75 分・練習に 41 分であつて、両者を合計した運動時間約 2 時間の消費熱量は、800Cal. であ

り、これは 1 日の消費熱量 2700Cal. (重労働) の約 30% に当る。期間中試合なき日 (3 日・5 日) は、1 日消費 2350Cal. (中等労働) であり、その中練習時間は約 1 時間で、その消費熱量 330Cal は 1 日消費量の 14% に相当する。

昭和 25 年度の大会には準優勝戦と優勝戦の二試合を 1 日に行はれたが、この際の 1 日消費熱量は 3270Cal. (内約 40% 1200Cal. は試合のために消費) であつて、激労働に近い値に相当していた。そのために優勝戦の後半に選手は過労のためその活動が非常に緩慢になつたのであつて、このことはこの試合を見た総ての人の認めた処である。即ちエネルギー代謝の面より見てもかかる強度の性質の試合を 1 日二試合行うことは、発育期の青年の健

健康管理上無理であると言えるであらう。

選手1日の消費熱量を裏付けるために行つた食餌調査¹²⁾の結果、選手1日の攝取熱量は平均 3200Cal. であつた。一日の生理的消費熱量は大会6日間の各選手の平均値は 2600 Cal. であるから、消化吸收・特異力学作用・料理による損失等による損失率を 20% とし、これに加算して見るとほぼ熱量出納の平衡を保っていることになる。このことは選手のエネルギーの出納より見た栄養管理が適当であることを示すものであると共に、1日の消費熱量の測定値の信頼度を高めるものである。

尙一般に試合の激しさに比し選手1日の消費熱量の少ないのは、選手の宿舎における日常生活が、R.M.R. の低い休養や自由の時間が大部分を占めているため、これは又睡眠時間(約10時間)の長いことと共に試合時の疲労回復に役立つている。これがために Donaggio 0, 反応による疲労検査¹³⁾ では、試合日の翌朝には殆ど前日の疲労が回復していた。

IV. 総 括

1. 京都学藝大学蹴球部員について実測した蹴球基本動作のエネルギー需要量及び R.M.R. をもとにして、昭和 25, 26 年冬の全国高校蹴球選手権大会におけるタイムスタデーの成績より、蹴球試合のエネルギー需要量を求めた。

2. 蹴球一試合(35'~5'~35')のチーム平均のエネルギー需要量は 490Cal. であり、その R.M.R. は 6.4 であつて、重労働に相当する。ポジション別には G.K. が最少で R.M.R. 1.5 であり H.B. は最大で R.M.R. 8.4 であつた。

3. 勝敗別にエネルギー需要量を見ると、F.W. は勝者が敗者より大で、Backs は敗者が大であつた。H.B. は両者とも大差なく最大を示した。又チーム全体を平均すると勝つたチームは敗れたチームよりエネルギー需要が

大であり、優勝チームは更に大であるから、選手には体力の優れた健康な者を選ぶことが必要である。

4. 選手の生活時間調査より求めた1日の消費熱量は、試合日 2700Cal. 試合なき日 2350 Cal. であつて、試合日の選手平均の1日消費熱量も又重労働に相当する。されば1日二試合を行うことは、発育期の選手の健康管理上無理である。

5. これ等の選手の攝食食餌を調査した結果、これは概ね消費エネルギーを補ない得る栄養価をとつている事を確めた。

この研究の一部は文部省科学研究費によつて行つた。

稿を終るに臨み、終始御懇篤な御教導と御校閲を賜つた、京都府立医大生理学教室吉村教授に深甚の謝意を表すると共に、測定に際して御指導と御便宜を賜つた田辺五兵衛氏、岩野次郎氏その他日本蹴球協会関係者、大阪毎日新聞社南部忠平氏、及び京阪神急行電鉄、西宮球場関係者、並びに測定に御協力を戴いた参加各選手・監督教官に厚く感謝する。

尙本研究に際してのタイムスタデーは、京都府立医大生理学教室員、浦上芳達・平松茂辰・波多間幸信及び京都学藝大学体育学教室員、中大路勉・吉岡利治・坪倉治彦・村上一道・中田顯一・島田栄一等との共同調査である。

参 考 文 献

- 1) A.V. Hill and H. Lupton (1922): J. of Physiol., 56, 32.
- 2) Liljestrand u. Stenström (1920): Skan. Arch. Phy., 39, 1.
- 3) K. Furusawa, Hill, Long and Lupton (1924): Proc. Royal. Soc., B 97, 155.
- 4) 吉田幸信 (1920): 福岡医科大学雑誌, 13.
- 5) 勝木新次, 石井勇二 (1948): 体育, (東洋書館刊).
- 6) R.M. Sargent (1926): Proc. Royal. Soc., B 100, 11. L.A. Klatschkow u. E.S. Wassiljewa (1934): Arbeit Phy., 7, 62.