Nervous System p. 104 N.Y.

- 3) 福田邦三, 猪俣道夫 (1948): 体操の動作分析的研究, 体育研究, 13, 1~5.
- 4) 猪飼道夫, 山川純子 (1952): 腕の部分的弛緩の筋電図学的研究, お茶の水女子大自然科学会報告, 3, 93~96.
- 5) 今村嘉雄 (1938): 瑞典体操, 師範大学講座, 体育, 6.

- 6) 勝木新次, 石井雄二 (1948): 体育, p. 152. 東洋書館.
- 7) 森梯次郎 (1938): ニールス・ブックの基中体操, 師範大学講座, 体育, 6.
- 8) Sherrington, C.S. (1939): Selected Writings London.
- 9) 時寶利彦, 津山直一 (1952): 筋電図の臨床, 協同医書出版.

YAMAOKA, S., YOSHIOKA, T., Studies on
Donaggio-Ochi Reaction of Athletes.

スポーツ選手の Donaggio-Ochi 反応について

京都府立医科大学生理学教室 (主任 吉村壽人教授)

京都学芸大学 山岡 誠 一 吉岡 利 治

1. 緒 言

スポーツ時の疲労の測定は多くの先輩により種々の方法によつて研究されている。併しこれらの研究は単一のスポーツ種目についての運動前後や、恢復期についての疲労状況即ち身体機能の変化についての測定検討であつて、スポーツ疲労の基礎的な研究に留まり、未だスポーツ管理の實際面に触れていない感がある。そこで著者は数日に亘つて行われるスポーツ試合に際して、これらのスポーツ選手の健康管理上必要な知見を得ようと企図した。疲労の判定方法にはいろいろあるが、最も簡単で実用的である Donaggio-Ochi 反応によつて、数種のスポーツの大会期間中に 1 日数回に亘つて測定した。ここにその結果を述べると共に、Donaggio-Ochi 反応によるスポーツ疲労の測定意義を認めたので報告する次第である。

2. 実験方法

実験を行つたスポーツは野球 (昭和 24 年夏) 蹴球 (25 年冬) ラグビー (26 年冬) の全国高

校大会及び京都学芸大学学生の学内駅伝 (25 年冬) である。野球・蹴球・ラグビー選手については、各々優勝候補にあげられた 2 校の選手全員について 1 日数回採尿して、Donaggio-Ochi 反応 (以後 D.O. 反応と記す) によつて疲労度を判定し、大会期間中毎日の選手のコンディションの推移を観察した。即ちこの実験は大会期間中の試合を行つた日には、起床直後・試合直前・試合終了 10~20 分後及び就床直前の 4 回であり、試合のなかつた日は起床直後 (野球については就床直前にも) に採尿して反応を見た。尚 H 校の野球選手については大会前の練習期に 1 日 3 回 (起床直後・練習前・練習後) 採尿して、練習期より大会期に亘つて測定した。又駅伝選手については相当練習を積んだ 2 名の選手を被験者として、試合当日は試合の直前・直後及びその後の恢復期において翌々朝尿に至るまで数回採尿して反応を見た。採尿後の D.O. 反応測定の実験は、考案者越智教授の使用されている装置及び試薬を借用し、一昼夜法によつて判定した。

3. 実験結果及び考案

A. 野球選手の Donaggio-Ochi 反応

昭和24年夏の全国高校野球（試合時間平均140分）に出場したH及びA高校について

測定した結果、チーム全員の平均及び両投手のD.O. 反応値の推移は第1図に示した如くである。練習期の調査を行ったH高校は8月3日に地方予選が終り、4日及び5日は練習を休み6, 7, 8の3日間は猛練習（練習時間250

第1図 野球選手の Donaggio-Ochi 反応推移

備考 図中の強, 中, 弱は練習強度を示す。採尿時刻は各日とも左より起床直後, 試合又は練習前及び後(就床前)を示す。

分・練習の消費熱量 1280 Cal) を行い, 10 日來甲した。大会は 13 日より開始されたが H 高校は 14 日に 1 回戦, 16 日に 2 回戦が行われ 2 回戦に敗退した。A 高校は 14, 15 日の試合に勝ち 17 日の準々決勝に敗退した。図に見られる様に H 高校の練習期 (6, 7, 8 日) の疲労度 (D.O. 反応値) の山は, チームの平均値並びに投手の値共に次第に低下している。エネルギー代謝測定の結果この 3 日間の練習時の需要熱量には大差ないのであるが, 練習後の疲労度が日を経るにつれて低下しているのは, 越智²⁾も認めている様に慣れの現象と思われる。早朝尿の反応値について 9, 10 日の練習量の少ない場合にはその翌朝尿の D.O. 反応値は低い値を示している。しかし 11, 12 日に高くなっているのは, 来甲当初の環境の変化による睡眠不足の結果であらう。又 13 日以後の早朝尿においては日毎に反応値が上昇し, 殊に 16 日の H 校投手及び 17 日の A 校投手

の早朝尿の値が高い。一般に早朝尿の投手の反応値がチーム平均より高いのは, 投手の運動量はチーム平均と比べると著しく大きく重労働であるので, 蓄積性の疲労を現しているのではないと思われる (運動量については文献³⁾参照)。野球の試合成績は投手の活躍状況による処が大であるが, 両校とも敗退した 16, 17 日の投手の早朝尿や試合前の高い D.O. 反応値, 即ち試合前の投手の疲労度の特に高いことは投手の運動能力が減退していたことを示し, これが試合成績を不利に導いたものと思われる。

次に両校の合計 5 試合の試合前後の各選手の D.O. 反応値について, これをポジション別に分類して求めた平均値及び標準偏差を第 1 表に示した。表に見られる様に試合前後の反応値の差の最大は投手の 2.1 点であつて, 他は何れも 1.5 程度で大差がない。又投手の試合前値の高いのも目立っている。このポジシ

第 1 表 野球選手の Donaggio-Ochi 反応

位 置	測定例数	試 合 前		試 合 後		試合前後の差	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
投 手	5	2.80	±0.55	4.90	±1.03	2.10	±0.92
捕 手	5	2.40	±0.20	4.10	±0.73	1.70	±0.68
内 野 手	20	2.39	±0.29	3.82	±0.64	1.43	±0.63
外 野 手	15	2.55	±0.34	4.04	±0.95	1.49	±1.05
平 均	45	2.49	±0.13	4.04	±0.32	1.55	±0.21

♯ン別の D.O. 反応値の上昇度は昭和23年度の同大会に測定した越智²⁾の報告と大体一致しているが、捕手の値は越智の報告よりやや低い。これは捕手の例数(2名延5試合)が少ないので、Random sampling による誤差ではないかと思われる。

B. 蹴球選手の Donaggio-Ochi 反応

昭和25年度の全国高校蹴球(試合時間75分)に際して、優勝したI校及び準優勝のU校について、延6試合に亘り測定したD.O.

反応値の試合前後の平均値をポジション別にして示すと第2表の如くである。Donaggio値では佐藤³⁾や越智²⁾が認めている様な運動後の値が運動前より低い場合が本調査においても2例(3%)認められた。しかし第2表の平均値の算出に際しては、試合後の値が試合前値より低い場合には後述の如く所謂疲労物質が未だ充分排泄されていないものとして捨てることにした。表に見られる様に、各ポジション共試合前の値は1.7~2.4点で軽度~中

第 2 表 蹴球選手の Donaggio-Ochi 反応

位 置	測定例数	試 合 前		試 合 後		試合前後の差	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
G. K.	10	2.36	±1.09	3.66	±1.06	1.30	±0.93
F. B.	15	2.00	±0.50	3.82	±0.92	1.82	±0.83
H. B.	8	2.15	±0.35	4.48	±0.78	2.33	±0.78
H. C.	9	2.10	±0.04	4.30	±0.95	2.20	±0.93
F. C.	10	2.11	±0.31	4.52	±0.92	2.41	±0.85
I.	10	1.68	±0.44	3.36	±1.25	1.68	±1.11
W.	15	2.04	±0.36	4.14	±1.02	2.10	±1.05
平 均	77	2.03	±0.30	4.01	±0.41	1.98	±0.34

程度の疲労を示していた。試合前に G.K. が最高の 2.36 を示していたのは、G.K. は試合中の運動量が少いために、試合前の準備運動が強かつたためと思われる。試合後は多くは4点前後の値を示し、その内 H.B. は最高で 4.5 点を、I は最少の 3.4 点を示した。而して試合前後の反応値の差即ち疲労の上昇度はポジションにより差はあるも 1.3~2.4 であつて、その内 H.B. 及び F.C. の値は 2.4 附近で最大であり、最少は G.K. の 1.3 であつた。これは常識上の考えとも一致した成績であるが、

I の値が 1.7 で比較的に少ないことは以外であつた。

第2図は大会期間(2日より6日まで試合は隔日に行われた)中のチーム平均の D.O. 値の推移を示したものである。図に見られる様に第1試合(2日)の試合後の値は、第2,3試合(4日及び6日)の後の値より低い。これは両チーム共大会出場校中技術体力の優れたチームであつたために、第1試合では未だ全力を発揮しないで余裕のある試合をしたためであらう(ラグビー試合の場合も同様である)。

第 2 図 蹴球及びラグビー選手の Donaggio-Ochi 反応推移

採尿時刻は各日とも左より起床直後、試合直前、試合後及び就床前を示す。

次に D.O. 反応値の 1 日の経過を見ると、試合後の疲労は就床前には殆ど完全に回復している。殊に第 2 試合の後の回復が早い。これは第 2 試合後の宿舎生活が休養をとるに適していたためであつて、特に睡眠に十分な時間がとられていた。従つてこの生活動作が疲労回復に著明な効果をもたらしたものと思われ、これは今後選手指導上に参考となる事項である。

C. ラグビー選手の Donaggio-Ochi 反応

昭和 26 年度の全国高校ラグビー大会に際し、優勝及び準優勝校であつた T 及び A 高校チームの選手について、延 8 試合に亘つて測定した D.O. 反応値の試合前後の値を第 3 表に示す。この場合も蹴球の場合と同様に試合後の値が試合前より低い場合や、同じ値を示したのが 10 例 (18%) あつたが、第 3 表の値はこれらの測定値を除いたポジション別の平均値である。表に見る様にラグビー試合では各ポジション共試合前に 2.4~3.2 点の値を

第 3 表 ラグビー選手の Donaggio-Ochi 反応

位 置	測定例数	試 合 前		試 合 後		試合前後の差	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
I. R.	9	3.01	±0.97	5.67	±0.24	2.66	±1.04
II. R.	6	2.42	±0.19	5.09	±0.61	2.67	±0.55
III. R.	8	2.43	±0.17	5.07	±0.32	2.64	±0.35
H. B.	4	3.00	±0.87	5.50	±0.35	2.50	±0.61
T. B.	11	2.80	±0.51	5.62	±0.73	2.82	±0.65
F. B.	5	3.17	±0.94	5.17	±0.47	2.00	±0.70
平 均	43	2.77	±0.25	5.48	±0.25	2.71	±0.19

示し中等度の疲労であつたが、試合後には 5~6 点を示し最高度の疲労状態を示していた。試合前後の上昇度を比較すると最大は T.B. の 2.8 で、最少は F.B. の 2.0 点であり、他は平均 2.5~2.7 点の上昇であつた。又第 2 図に示したラグビーの大会期間 (1 月 1 日より 7 日)

で隔日に試合) 中の D.O. 反応値のチーム全員を平均した値、即ち疲労度の推移を見ると、ラグビー選手も蹴球選手と同様の疲労及び回復の経過をたどっている。即ち第 1 試合後の上昇度は第 2, 3, 4 試合後の上昇より少ない。又試合の疲労回復は、第 2, 3 試合後において

は就床前には殆ど完全に恢復し、試合の翌朝には疲労を認められない。ラグビー試合の運動量(需要熱量)は、蹴球試合より大であるにもかかわらず図の様に恢復の早いのは、蹴球選手以上にラグビー選手の睡眠時間が長く、又宿舍生活の大部分が静的な動作や仮眠であつたためである。又第1試合後の疲労度の低いのは蹴球試合の場合と同様で、優秀なチームでは第1試合には最大の活躍をしなかつたためであらう。

D. 長距離選手の Donaggio-Ochi 反応
京都学芸大学の学内駅伝において、M 及び F の2選手について測定した競走前後及びその翌日の D.O. 反応値の推移を第3図に示した。競走は M は 12km を 45 分間に走り、A は 4.5km を 15 分で走つた。この際の D.O. 値は M, F 共競走直後の採尿において既に上昇し、走後第2回目の採尿(M は走後 30 分, A は 60 分後に行つた)では更に高い反応値を示している。その後は若干の変動はあ

第3図 駅伝選手の Donaggio-Ochi 反応推移

るが次第に低下し、M は3時間後に平常値に恢復しているが、しかし F は完全には回復しておらず就寝前においても尚平常値より 1.0 高い値を示していた。併し両者共試合の翌朝の第1尿は就床前より高い値を示し、以後再び低下して平常値に復している。この D.O. 反応値の変化の理由を考察するに、先づ運動直後の値よりも 30~60 分後の方が高いということであるが、長距離競走はその運動の性質が過激な運動の連続であるために、運動時には腎臓における尿排泄が抑制せられ、ために所謂疲労物質が十分に排泄されないで運動の継続間は体内に蓄積されている。このために運動直後の D.O. 反応値は完全に疲労度を反映せず比較的低い値に留まり、又時には運動直後にかえつて運動前より低い値を示すこと

さえあるのである。この現象は前述の蹴球やラグビー試合の場合にも指摘したが、文献においても佐藤⁵⁾は 48km の徹夜行軍に際し、越智²⁾は 10000m 競走においてこの様な奇異現象を認めている。筆者等の成績において野球試合にはこの様な試合後の低現象を認めなかつたのは、野球は運動(守備時)と休息(攻撃時のベンチ坐位)が交互に行われる形式の試合であつたために、休息時に所謂疲労物質が排泄されたに外ならぬ。而してこの排泄の時期は個人の体質や腎臓機能の健全によつて異なるものであつて、前述の蹴球やラグビーの試合後に D.O. 値の低下又は試合前と同じ値を示した例(蹴球 2 例, ラグビー 10 例)は、特定の個人(蹴球 1 名, ラグビー 3 名)に限られ、これらの個人はいつもこの様な奇現

象を呈するのが常であつた。

次に駅伝競走において就床前よりも翌朝の第1尿において D.O. 値が高い値を示しているのは、所謂疲労物質が睡眠時に排除されることを示すものであらう。このことは中大路⁹⁾が学童について測定した D.O. 反応値において、就床前より早朝尿の値が高いと報告しているのとは一致するところである。これらの点よりすれば D.O. 反応は、疲労の程度を直接に示すものではなく、正確に言えば所謂疲労

物質の排泄状況を示すものであるといひ得る。

E. スポーツ時のエネルギー需要量と

Donaggio-Ochi 反応との関係

以上に報告した4種のスポーツ及び吉岡⁷⁾の測定になる比叡登山時の D.O. 反応値について、運動直前直後のチーム平均の上昇度を比較すると第4表第5例の如くである。即ち野球試合時のチーム平均の上昇度1.55点を100とすれば、サッカーのチーム平均は121、

第4表 スポーツの運動量と Donaggio-Ochi 反応

種 目	運 動 量		Donaggio-Ochi 反応		運動と D.O. 反応値との相関係数
	需要熱量	野球に対する比	試合前後の差	野球に対する比	
野 球	367 Cal	1.00	1.55	1.00	
蹴 球	488	1.33	1.98	1.21	
ラグビー	638	1.74	2.71	1.75	+0.91
駅 伝	755	2.05	3.50	2.25	
比叡登山	450	1.23	1.70	1.10	

ラグビーの平均は170、駅伝競走は110、比叡登山時は225となり、この比率はこれらの試合時に測定した需要熱量の比率⁹⁾(第4表第3例)と大体一致している。試みに両者について相関係数を求めて見ると5%の危険率にて有意な係数が得られる。即ち需要熱量はこれらのスポーツ時の運動強度を示すもので、スポーツの強度の比率と、D.O. 反応値の運動前後の差の比率とは相平行することが判る。このことは逆に言えば D.O. 反応が集団的なスポーツ疲労測定に際して相当信頼し得る方法であることを示している。しかし個人の D.O. 値については第1, 2, 3表に示した様にその分散がかなり大であつて、個人の体質的な差異やその時の状況を併せ考えなければ疲労判定に誤りを生ずる。例えば第1表に示した野球の投手において運動量の割合に D.O. 反応値の低いのは、投手の試合前の値が特に高く蓄積性の疲労を示していたがためであつて、これをもつて直ちに投手は他の競技選手に比して疲労度が少ないと判断するのは誤りである。

又前記の如く疲労物質の排泄がおくれる場合には長い時間の測定を必要とし、運動直後の尿のみに頼ることも問題がある。これらの詳細については今後更に研究を重ねて追求してみたいと思つている。

総 括

Donaggio-Ochi 反応によつて数種のスポーツ試合時に、選手の疲労度の測定を行つて次の結果を得た。

1. 全国高校野球に際してポジション別に見た試合前後の D.O. 反応値の上昇度は、平均して投手が最大で2.1、次に捕手で1.7、内外野手は1.43~1.49であり、チーム平均すると1.55であつた。毎日の D.O. 反応値の推移を見ると、内外野手では就床前に殆ど元に戻り回復していたが、投手では回復不十分で日毎に蓄積性の疲労を認めた。

2. 全国高校サッカー及びラグビー大会に際して測定した結果、試合前後の D.O. 反応値の差は平均して前者1.98、後者2.63であつて、

試合後のこの高い値にもかかわらず、試合日の就床及び翌朝には殆ど平常値に恢復していた。これは試合後の生活が比較的静的であつたこと、睡眠時間の長いためであつて、試合後の生活が合理的であつたためである。

3. 駅伝選手についての結果では、試合終了30～60分後において最高値を示し且つそれは試合前に比し3.5～4.0の高い値であつた。又試合日の就床前よりもその翌朝尿において高い値を示した。

4. Donaggio-Ochi 反応では長距離競走等の持続的な強い運動の際には、運動終了直後にはかえつて値が低くなる傾向があり、反応値の上昇はむしろ試合後30～60分の尿に著明である。これは運動中の尿排泄の抑制により所謂疲労物質の排出が遅れるためである。これより Donaggio 反応によつてスポーツ時の疲労を正確に判定するには、運動の形式や選手の体質又はコンデションによつて、採尿時間を考慮せなければならぬ。

5. これら野球・サッカー・ラグビー・駅伝についてのチーム全員を平均した Donaggio-Ochi 反応値と、同時に測定したこれらの試合時の需要熱量との間にはかなりの良き順相関を認めた。されば Donaggio-Ochi 反応は

スポーツ時の集団的な肉體疲労の判定に用いると、相当信頼し得る値が得られる。但し個々の例については Donaggio-Ochi 反応値と需要熱量との間には、運動の条件や選手の身体状況によつて両者の平行関係が成立しないこともあるから、注意を要する。

拙筆に当り御懇篤な御指導と御校閲を賜つた京都府立医大生理学教室吉村教授、並びに御助言と測定の便宜を賜つた京都学藝大学越智教授に深謝すると共に、測定に参加された各大会出場選手並びに測定の勞を煩わした京都学藝大学体育科学生諸子に感謝します。

参考文献

- 1) 學術研究會議疲労研究班(越智眞逸)(昭22): 疲労判定法, p. 88, 創元社刊.
- 2) 越智眞逸男 (昭25): 京都府立医大誌, 48, 184.
- 3) 山岡誠一 (昭27): 体力科学, 2, (掲載予定).
- 4) 越智眞逸, 金田伊一 (昭23): 全國高校野球医学調査報告会口演, (大阪).
- 5) 佐藤宏, 杉崎盛 (昭16): 体育研究, 9, 15.
- 6) 中大路勉: (未発表).
- 7) 吉岡利治: (未発表).
- 8) 山岡誠一, 他7名 (昭27): 体育学研究, No. 3, 220.