

高校生のスポーツによる生体負担度
(高校生の生体負担度の研究 第一報)

菅 波 茂*

PHYSICAL LOAD ON PRACTICE OF SPORTS BY
STUDENTS IN A SENIOR HIGH SCHOOL
REPORT 1 ON STUDY ON PHYSICAL LOAD OF
STUDENTS IN A SENIOR HIGH SCHOOL

SHIGERU SUGANAMI

The purpose of this report is to measure physical load of students on practice of sports in a senior high school.

Donaggio's reaction on urines before and after practice of base-ball and kendo by students demonstrates the following results.

1) A coefficient of correlation between the titer of Donaggio's reaction of deproteization treatment by heating urines and that of omitting the treatment by heating urines before practice of base-ball shows 0.84 and that after practice of base-ball shows 0.83, which are very correlative.

2) The titer of Donaggio's reaction corrected with specific gravity of 1.024 is better than actual titer of Donaggio's reaction.

3) The results on the high titer of Donaggio's reaction corrected with specific gravity of the urines of students before practice of sports indicate accumulation of fatigue, which needs to be taken steps for them to encounter more exhaustion and to get over tiredness.

4) Counterimmunoelectrophoresis shows the presence of HH, $Zn\alpha_2$ and myoglobin in the urines before practice of sports and the increase of $Zn\alpha_2$ and myoglobin after practice of sports. The presence of myoglobin in the urines before practice of fatigue of foregoing day.

5) There is little correlation between titer of Donaggio's reaction and complaints of fatigue caused by physical load on practice of sports.

(J. Physical Fitness Japan 1976, 25 : 64~70)

I. 緒 言

肉体労働に伴う生体負担度の問題は過去において作業現場の労働には不可欠であった。現在では技術革新の結果、メーター監視作業などの精神的負荷による負担度の問題が重要視されるに至っている。一方、特に発育期における中、高校生の課外活動としてのスポーツによる生体負担度は生徒の健康管理上重要な問題である。

現在までに生体負担度の測定法には、フリッカー値の如く主として感覚及び反射機能を検査する方法¹⁾と、血液や尿に現われる変化を生化学的に定量し測定する方法⁶⁾、そして主として精神活動を精神医学的あるいは心理学的に測定する方法²²⁾がある。

尿による生体負担度の測定法は材料が得やすい

ことと、被検者に与える負荷が少ないため一般によく用いられている方法である。現在、肉体作業による生体負担時において、尿中に排泄量の増加又は減少のみられる物質としては、微量蛋白、ドナジオ陽性物質、乳酸、クレアチニン、尿酸、磷酸、カルシウム等がある。

特にドナジオ反応は筋肉労働による生体負担度の尿による測定法として広く用いられているが、そのドナジオ陽性物質は血清に由来すると思われる糖蛋白²⁻⁵⁾⁸⁻¹¹⁾¹⁴⁻¹⁸⁾であるといわれている。その判定基準⁶⁻⁷⁾¹⁹⁻²¹⁾²³⁾としてドナジオ実測値をドナジオ値 (titer) として表わす方法が用いられていたが、単位時間内の排泄量を titer とする方法が最も適当であることが明らかになった。

今回は、簡便法として比重補正值を titer とする方法を検討した。そして某工業高校の野球部と

* 岡山大学医学部公衆衛生学教室 (指導; 公衆衛生学教室, 緒方正名教授)

剣道部の選手の練習前後の尿について生体負担度を調査したのでここに報告する。

II. 実験材料並びに実験方法

A 被検者と尿の採集

被検者を3群に分けた。即ち第1群は毎日練習している野球部の選手24名、第2群は合宿後1週間の休息期間を置いて再開した練習3日目の剣道部の選手20名、第3群は正常対照群としての岡大医学部基礎系教室勤務者13名で、その作業内容は軽労働と考えられる。

第1, 2群は練習前の午後9時30分と練習後の12時30分の2回、そして第3群は午前9時30分、12時30分と午後5時の3回にわたって採尿した。採尿した尿は前回の排泄時間を間診して記入した後、全尿量と比重を測定して直ちに実験に供した。なお被検者の練習内容は次の通りである。

剣道部 1)準備体操

2)基本技練習(30~40分)

①素振り 110回

②切りかえし 7本×2回3回

③一段打ち 8種類計336回

④二段打ち 5種類計210回

3)かかりげいこ(20秒×6回)

4)休息(10分)面、こてをはずす

5)試合げいこ5~10分×4~5回

6)切りかえし7本×2回×3回

以上を午前9時開始、正午終了

野球部 1)グラウンド整備(1時間)

2)準備体操

3)ランニング200m2周

4)キャッチボール(10分)

5)トス練習(10分)

6)基本練習とボール拾い3回

①ダッシュ50m走50m歩くり返し20回

②腹筋運動×90回

③足あげ運動×90回

④柔軟体操

7)ランニング200mグラウンド2周

8)整理体操

以上を午前9時開始正午終了

なお練習時の環境条件は次の通りであった。気温26.0~28.9, 湿度73~88% 平均風速1.3~2.4

m/s。

B 実験方法

1. ドナジオ反応の測定

ドナジオ・佐藤の標準法¹⁸⁾に準じて被検尿を倍数稀釈した後、この1mlに1万倍メチレンブルー溶液0.5ml, 4%モリブデン酸アンモン0.5mlを加え、37°C1時間放置後3千回転10分間遠心沈殿し、6万倍メチレンブルー溶液を標準とし、これと比色し同一色を呈する試験管の尿の稀釈倍数をもってその点数とすることによってドナジオ値の算出を行なった。又同時に、酸性加熱除蛋白(100°C10分間)した被検尿についても同様の操作を加えて測定を行なった。

2. Counter-immuno-electrophoresis

アガロース、アガール(1:1)を1.2%になるように Veronal Buffer (PH8-6)に溶解した。中心4mmの間隔で直径2mmの2列のパンチを開ける。陽極側の穴に、HH, Zn²⁺, ミオグロビンを入れ、陰極側の穴に運動前、運動後の尿2μlを入れる。そして80V, 30分間電気泳動を行なった。0.5%のヘモゾールで3~4分処理後、タンニン酸処理を行ない沈降輪の観察を行なう。

3. 自覚疲労症状調査

産業疲労研究会選定の自覚疲労調査用紙²²⁾を用いて、野球部と剣道部の選手に練習前の午前9時30分と練習後の12時30分の2回について面接により記入を行なった。

III. 実験結果

A ドナジオ反応と非加熱尿ドナジオ反応との関係について

従来、ドナジオ・佐藤の標準法は加熱除蛋白後の尿について用いられてきたが、その簡便法として加熱処理を行わないドナジオ反応(以下、非加熱尿ドナジオ反応と略称する)が実施できるか否かについて検討を行なった。

野球部の選手について行なった成績は〔図1〕の如くである。即ち、非加熱尿ドナジオ反応のドナジオ反応のドナジオ反応に対する相関係数は練習前が $r=0.84$, 練習後が $r=0.83$ であり、相関係数のみからいえば非加熱尿ドナジオ反応をもってドナジオ・佐藤標準法をある程度代用できると考えられる。しかしながら、両者の回帰直線を y

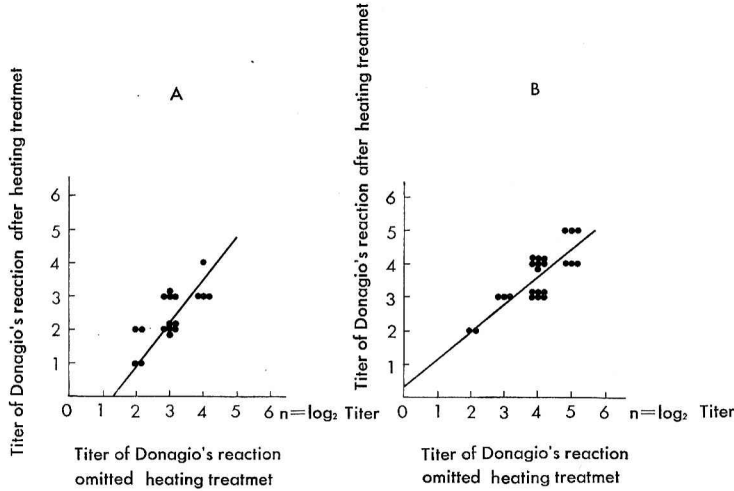


Fig. 1 Relationship between the titer of Donaggio's reaction of deproteination treatment by heating urines and that of omitting treatment by heating urines.

Fig. 1-A, titer of urines before practice and Fig. 1-B, titer of urines after practice

$=ax + b$ (Y: ドナジオ反応, X: 非加熱尿ドナジオ反応とすれば, 練習前は $y = 1.31x - 1.75$, そして練習後は $y = 0.8x + 0.41$ となる。即ち, 回帰直線の係数は練習前後で異なる。特に練習前は非加熱尿ドナジオ反応の回帰直線の定数項(b)の

絶対値が高い。それ故, 作業負担度を測定する簡便法として用いることはできるが, ドナジオ値の低い時は両者の一致度が低くなるので, 本調査の如く精密さが要求される時にはあまり適当でない場合がある。従って, 両法で行なった測定値のうち, 以後のデータ処理にはドナジオ反応による値のみを使用することにした。

B 練習前後のドナジオ値の変化について

ドナジオ反応実測値は〔図2〕に, 比重補正值は〔図3〕に, 1分間排泄量は〔図4〕に示した。

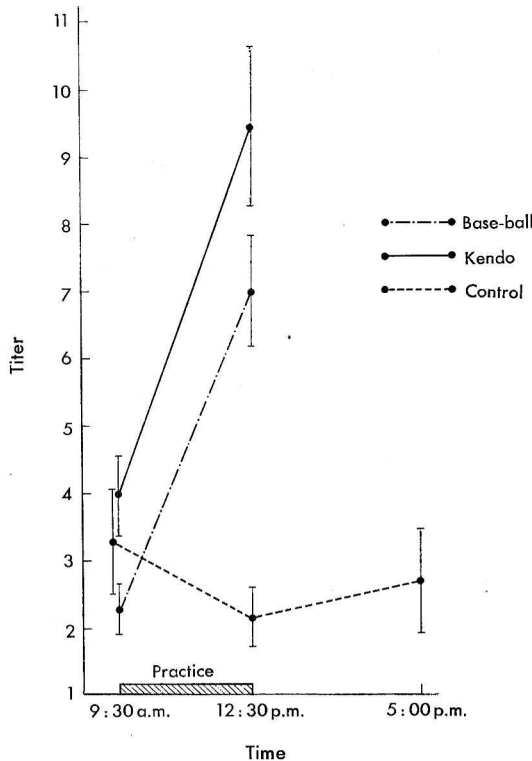


Fig. 2 Changes in the actual titer of Donaggio's reaction of the urines taken before and after practice of base-ball and kendo in comparison with control (mean \pm SEM)

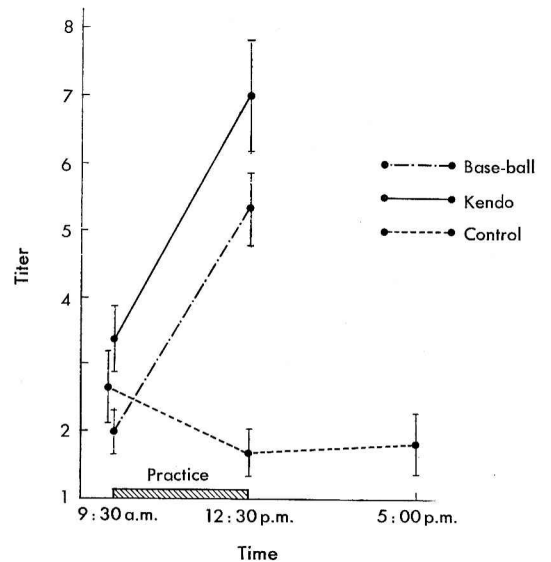


Fig. 3 Changes in the titer of Donaggio's reaction, corrected with specific gravity, of the urines taken before and after practice of base-ball and kendo in comparison with control (mean \pm SEM)

Table I. Changes in the titer of Donaggio's reaction of the urines taken before and after practice of sports

		the actual titer of Donaggio's reaction		the titer of Donaggio's reaction corrected with specific gravity		the titer of Donaggio's reaction corrected with excretion per a minute	
		mean	standard error	mean	standard error	mean	standard error
Base-ball	before	2.25	0.39	2.00	0.31	1.08	0.25
	after	7.00	0.82	5.34	0.52	1.89	0.16
Kendo	before	3.95	0.59	3.37	0.48	0.84	0.12
	after	9.45	1.16	7.00	0.84	1.41	0.25
Control	9:30 a.m.	3.25	0.77	2.65	0.52	1.83	0.61
	12:30 p.m.	2.13	0.45	1.69	0.32	1.21	0.21
	5:00 p.m.	2.67	0.75	1.84	0.45	0.98	0.21

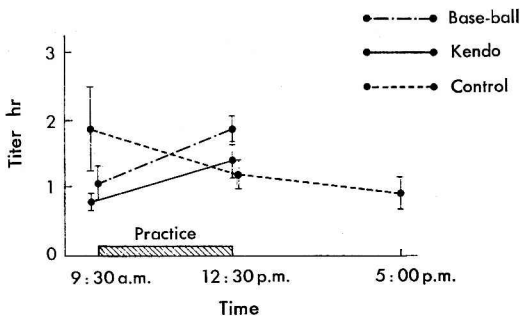


Fig. 4 Changes in the titer of Donaggio's reaction corrected with excretion per a minute, (actual titer x urine volume/time before excretion) (mean ± SEM)

またこれらの平均値と平均誤差は〔表 I〕に示した。

(1)練習前のドナジオ反応値

1) ドナジオ反応実測値；正常対照群の平均値3.25に比べて野球部の平均値は2.25で低く、剣道部の平均値は3.95で高い傾向を示した。しかし、剣道部と正常対照群の平均傾の差異はF検定で20%以上の危険率となり有意差は認められなかった。

2) 比重補正值；正常対照群の平均値2.65に比べて野球部の平均値は2.00と低く、剣道部の平均値は3.37と高い傾向を示した。しかし、剣道部と正常対照群の平均値の差異はF検定で10%以上の危険率となり有意差は認められなかった。この成績により剣道部のドナジオ比重補正值は正常対照群のドナジオ比重補正值より高い傾向があり蓄積疲労が推定される。

3) 1分間排泄量；正常対照群の平均値1.83に比べて

て野球部の平均値は1.08、そして剣道部の平均値は0.84と共に低い傾向を示した。剣道部のドナジオ実測値の平均値と比重補正值の平均値は正常対照群より高い値を示したが、1分間排泄量では逆に低い値を示した。この成績は練習前の尿には睡眠前の尿が多く(5名/22名)、前回の排泄時間が明らかでない場合の多いことが原因と考えられる。今後、採尿条件を変え起床後で運動前の尿を運動前尿として用いることにより排泄時間を明らかにして研究を進める必要があると考える。

(2)練習後のドナジオ値と正常値の比較

1) ドナジオ反応実測値；正常対照群の平均値2.13に比べて野球の平均値は7.00と高く、剣道部の平均値も9.45と高い。F検定で正常対照群と野球部の平均値との差異は10%以上の危険率で両群の平均値には有意差がなかった。正常対照群と剣道部との平均値の差異は5%以下の危険率で有意差があった。

2) 比重補正值；正常対照群の平均値1.69に比べて野球部の平均値は5.34と高く、剣道部の平均値も7.00と高い。F検定での正常対照群と野球部の平均値の差異は10%以上の危険率で有意差はなかった。正常対照群と剣道部との平均値の差異は5%以下の危険率で有意差があった。

3) 1分間排泄量；正常対照群の平均値1.23に比べて野球部の平均値は1.89と高く、剣道部の平均値も1.41と高い傾向を示したが、共に正常対照群との平均値の差異は危険率が20%以上となり有意差はなかった。

Table II. Correlation coefficients between the titer of Donaggio's reaction corrected with excretion per a minute (actual titer x urine volume/time before excretion) and other parameters of the urines taken before and after practice of sports

	Base-ball		Kendo		Control	
	before	after	before	after	before	after
the actual titer of Donaggio's reaction of the urines	0.77	0.67	0.46	0.54	0.54	0.92
the titer of Donaggio's reaction corrected with specific gravity of the urines	0.81	0.71	0.49	0.52	0.60	0.97

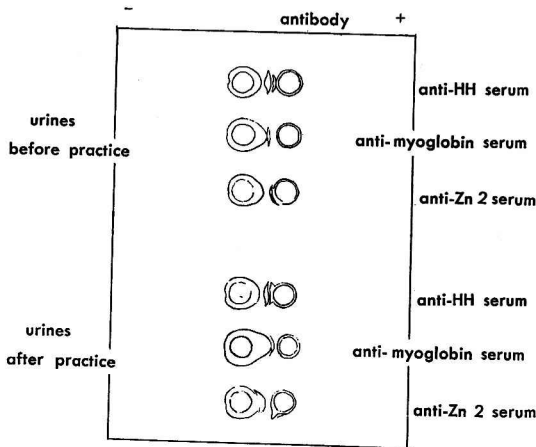


Fig. 5 A counter-immuno-electrophoresis slide. The wells on the cathodal side contain concentrated urines of students before and after practice of sports, and the wells on the anodal side contain human HH, Zn α_2 and myoglobin antiserum.

(3)練習前後のドナジオ反応値の変化について

野球部、剣道部共にドナジオ反応実測値、比重補正值、1分間排泄量において各々の平均値は上昇している。対応のある場合のt検定による変化の比較では、その危険率は1%以下になり有意に上昇していることが認められる。従って、練習による生体負担度の増加が推定される。

C ドナジオ反応実測値、比重補正值、1分間排泄量間の相関係数について

ドナジオ陽性物質は時間に対するドナジオ排泄量が一定であって、尿量によって濃度(titer)が変化する。従って、1分間排泄量をその評価に用いるのが最も適当である。今回、簡便法としてのドナジオ反応実測値と比重補正值の適否を検討してみた。1分間排泄量は練習前では前回の排泄時

間が不正確であったので除外して練習後のみを使用した。

その結果は〔表II〕に示す如く、比重補正值とドナジオ反応実測値の1分間排泄量との相関係数を比較すると、野球部と正常対照群では前者が高く、剣道部では後者が高いがその差は少なかった。

D counter-immuno-electrophoresis について

沈降輪により運動前尿にはHH, Zn α_2 , ミオグロビンが存在し、運動後に Zn α_2 , ミオグロビンが増加する傾向があった。〔図5〕ドナジオ反応1分間排泄量と自覚疲労症状との相関係数について

自覚疲労症状のI群はねむけとだるさに、II群は注意集中の困難に、III群は局在した身体異和感に関連する項目をそれぞれ含んでいる。各群とドナジオ反応1分間排泄量の相関係数を求めた。III群は即ち局在した身体異和感で肉体作業負荷時によく現れるとされているが、〔表III〕の如く野球部の自覚疲労症状III群とドナジオ反応1分間排泄量との相関係数は0.47の最高値を示しているが、自覚疲労症状の他の群とドナジオ反応1分間排泄量との相関係数は更に低かった。従って、野球部と剣道部の練習による生体負担度に関しては一般にドナジオ反応1分間排泄量と自覚疲労症状とは異

Table III. Correlation coefficients between the titer of Donaggio's reaction corrected with excretion per a minute and complaints of fatigue caused by physical load on practice of sports

		complaints of fatigue		
		I	II	III
the titer of Donaggio's reaction corrected with excretion per a minute	Base-ball	0.21	0.11	0.47
	Kendo	0.35	0.002	0.14

なった次元をあらわしているものと推定される。

IV. 考 察

野球部の選手の被検尿に酸性加熱除蛋白操作後に行なった場合のドナジオ反応値と加熱操作を加えずに行なった非加熱尿ドナジオ反応値との相関係数は前述の如くよく一致している。しかし、ドナジオ反応の主体は血液に由来する糖蛋白であるという見地と、練習前後の両ドナジオ反応値の回帰直線の値に差異があり、両者の係数が定数項で異なるために正確な結果を期待できない。それ故に酸性加熱除蛋白後のドナジオ反応値を基準としてドナジオ反応実測値、比重補正值、1分間排泄量の比較検討を行なった。

作業負担によるドナジオ陽性物質の変化の測定には1分間排泄量が最適であるが、前回の尿量と排泄時間の記録と測定が正確であることを必要とする。そのため簡便法としては比重補正值の1分間排泄量に対する相関係数が実測値の1分間排泄量に対する相関係数より高いので1分間排泄量の近似値として適当と思われる。比重補正值は濃度(titer)を比重の1を越える値で割ってある係数を掛けたものであるから、ドナジオ陽性物質と尿中の無機物質、有機物質の総和で表わされている。それ故に尿量が減少すればドナジオ陽性物質と共に無機物質、有機物質の濃度が上がることを考えれば、尿量に対する補正は近似値ではあるがなされている。特に、実測値を用いる場合にはドナジオ陽性物質の濃度(titer)は尿量によって左右されるが、剣道部の練習の如く発汗量が多く尿量が極めて少ない場合には、実測値に対する影響が比較的大きいと思われる。

counter immuno electrophoresis の成績について述べると、正常尿中にはミオグロビンは有存しないとされている。小野¹²⁾はアイスホッケー並びにマラソンを负荷した18才~25才の男子の運動後尿にミオグロビンの出現していることを沈降反応で認めている。今回はこの事実を感度の高いcounter immuno electrophoresis で確認した。運動前尿にこれらの血清分画、特にミオグロビンが存在することは前日の運動の影響があらわれており、前日からの蓄積疲労の存在が推定される。

V. 結 論

スポーツによる生体負担度を測定するために、某高校の野球部と剣道部の選手の練習前後の尿を採集してドナジオ反応を行ない以下の成績を得た。

1) 野球部の選手の練習前後のドナジオ反応値と非加熱尿ドナジオ反応値との相関係数(r)は練習前が $r=0.84$ 、練習後が $r=0.83$ で有意な相関が認められる。

2) ドナジオ反応の測定後のドナジオ反応1分間排泄量の近似値の簡便法として比重補正值が実測値より有効である。

3) 剣道部の選手の練習前のドナジオ反応比重補正值が高く蓄積疲労の傾向がみられた。それ故、慢性疲労の状態にならないように十分な対策が必要である。

4) counter immuno electrophoresis によって運動前尿にHH, $Zn\alpha_2$, ミオグロビンが認められ、 $Zn\alpha_2$ とミオグロビンは運動後尿に増加している。運動前尿のミオグロビンの存在は生徒の運動负荷後に蓄積疲労の存在することが推定される。

5) ドナジオ反応と自覚疲労症状との相関関係は局所的異和感の第3群を除いてはほとんど認められないと結論された。

(受付 昭和51年7月3日)

文 献

- 1) 橋本邦衛(1963): フリッカー値の生理学的意味と測定上の諸問題, 産業医学, 5(9), 3-16
- 2) 本田良行(1951): 吸着によるドナジオ反応陽性物質の抽出法, 体力科学, 1(5), 161-165
- 3) 菓子井幸則(1956): ドナジオ反応陽性物質(尿糖蛋白)及び血漿糖蛋白の電気泳動像, 医学と生物学, 18, 689-694
- 4) 中山達夫(1956): ドナジオ反応陽性物質としての血漿糖蛋白について(其の1)一尿糖蛋白とその比較, 日本生理誌, 18, 533-536
- 5) 中山達夫(1956): ドナジオ反応陽性物質としての血漿糖蛋白について(其の2)一筋作業時における濃度, 日本生理誌, 18, 537-540
- 6) 西崎道生(1954): 紡績工場に於ける精紡機受持台数増加と疲労との関係について, 岡山医学会誌, 66(6), 1237-1256
- 7) 西崎道生(1956): 尿蛋白の血清学的研究(第2

- 編) —ドナジオ反応による疲労測定について, 岡山医学会誌, 68(8), 1248-1275
- 8) 緒方正名, 望月義夫(1958): 浜紙電気泳動法による尿蛋白質およびドナジオ反応, 赤松・神明反応陽性物質に関する研究(1), 日本衛生学会雑誌, 13(2), 181-187
 - 9) 緒方正名, 望月義夫(1958): 浜紙電気泳動法による人血清のドナジオ反応, 赤松・神明反応陽性物質に関する研究, 日本衛生学会雑誌, 13(2), 188-193
 - 10) 緒方正名, 望月義夫(1958): ドナジオ反応陽性物質の免疫学的研究, 日本衛生学会雑誌, 13(2), 194-197
 - 11) 緒方正名, 望月義夫, 那須昭三(1957): サッカー試合における尿疲労反の研究(特に尿微量蛋白測定法, ドナジオ反応, ズルフォサリチール酸反応の相関に関する推計学的考察), 体力科学, 7(4), 197-183
 - 12) Ono I, (1953): Studies on myoglobinuria, Tohoku J Exp Med, 57, 237-281
 - 13) 佐藤徳郎(1941): 疲労判定法としてのドナジオ反応について, 体育研究, 8(5,6), 86-98
 - 14) 齊藤泰雄, 関本博(1954): 尿中血液型物質に関する研究(第1報) —平常時における尿型物質の排泄とドナジオ反応との関係, 医学と生物学, 30(1), 50-52
 - 15) 下川末夫(1951): ドナジオ反応陽性物質について I, 医学と生物学, 18(1), 23-24
 - 16) 下川末夫(1951): ドナジオ反応陽性物質について II, 医学と生物学, 30(1), 50-52
 - 17) 下川末夫(1953): ドナジオ反応陽性物質について, 医学と生物学, 27(3), 116-118
 - 18) 下川末夫(1953): ドナジオ反応陽性物質について, 日本生理学会誌, 15, 636-638
 - 19) 山添三郎(1949): ドナジオ反応に関する研究(第12報)—尿膠質測定簡便法としての変法, 医学と生物学, 14(4), 232-234
 - 20) 山添三郎, 清宮寛, 宇上英明(1955): ドナジオ反応に関する研究(第39報)—赤松・神明法とドナジオ反応(山添法)の比較II, 医学と生物学 34(5), 195-198
 - 21) 山添三郎, 清宮寛, 宇上英明(1955): ドナジオ反応に関する研究(第40報)—赤松・神明法とドナジオ反応(山添法)の比較III, 医学と生物学 37(1), 28-31
 - 22) 吉竹博(1973): 産業疲労, 初版, 疲労研究における疲労感の意義, 労働科学研究所, 東京, 3-17
 - 23) 米津穆(1953): 赤松・神明反応の一変法, 医学と生物学, 28(6), 277-279