

肉体ならびに精神労作負荷前後の自覚症状, フリッカー値及び尿中17-OH コルチコステロイド・ 蛋白質・クレアチニン排泄量の変動

岡山大学医学部公衆衛生学講座 (指導: 緒方正名教授)

中 永 征 太 郎

(平成元年5月31日受稿)

Key words: 労作時の疲労感, フリッカー値, 尿排泄成分量

緒 言

現今の日常生活において, 電化・機械化・交通機関の発達により肉体労作量は激減した。そのために日本人の成人のエネルギー所要量の設定に際し, 生活活動強度が「軽い」に該当する者は, これを「中等度」にするために日常生活の内容を変えるか, またはスポーツ等を追加することが必要とされている¹⁾。

この肉体労働の減少に反し, 精神労作量の増加という時代背景の中で, 肉体労作と精神労作に対して, これに適した疲労調査方法の検討が要求される。すなわち, 肉体・精神負荷は生体にとって一種の緊張であり, 同時にストレスでもある。これに対応するための生体の変化を把握しておくことは, 疲労現象を捉えるための基本的な事柄である。

そこで本研究においては, 女子学生に肉体負荷と精神負荷を実施し, 生体の負担度の指標を下垂体・副腎皮質系の機能にもとめ, 尿から排泄される糖質コルチコイド²⁾(17-OH コルチコステロイド: 17-OHCS)と, 自覚症状の訴え数³⁾, フリッカー値⁴⁾, 尿蛋白質⁵⁾ならびにクレアチニン⁶⁾排泄量について労作内容別に対比した。そして, それぞれの変動傾向を知ることにより, 労作に対する生体の対応を検討した。

調査対象と方法

1 肉体負荷

1) バレーボールの練習

女子学生のバレーボールクラブに属する部員10名(鍛練者)に放課後約120分の練習(活動代謝: 0.07~0.10Kcal/kg/分, 文献値⁷⁾)を実施した。

2) 歩行運動

運動クラブに属さない女子学生35名に, 放課後ルームランナーにより, 60分間の歩行運動を行った。この場合運動による脈拍数の増加率から推定した活動代謝は0.07Kcal/kg/分であった⁷⁾。

2 精神負荷

1) クレペリン I

32名の女子学生について, クレペリンテストの数値を採用し, 1位加算の精神労作を60分間実施した。そして, 労作開始30分後に5分間の休憩をとった。

2) クレペリン II

6名の女子学生について, クレペリン I と同様に1位加算の負荷を90分間行い, その間30分毎に10分間の休憩をとった。

それぞれの労作負荷条件の概要は表1に示した。

3 平常時

労作負荷前後の変化量に対する参考対照として, 100名の女子学生について, 昼食前と夕食前

表1 調査対象者と労作条件

労作 内容	肉 体 負 荷		精 神 負 荷		無 負 荷
	バレーボール	歩 行	クレペリン I	クレペリン II	平常時
人数	10人	35人	32人	6人	100人
時間	120分	60分	60分	90分	昼食一夕食前
備考	ランニング・ス トレッチ 30分 ダッシュ・バス 40分 トス・アタック・ サーブカット 50分	足踏み歩行運動 (運動終了直後 の脈拍数平均値 105/分)	クレペリンテス ト数表使用(労 作開始30分後5 分休憩)	クレペリンテス ト数表使用(労 作開始30分毎に 10分休憩)	放課後, 特別な 運動・精神労作 実施せず このうち7名に ついては, 採尿 し分析に供す。

に自覚症状調べ³⁾を実施し, そのうち無作為に7名に採尿を依頼し, 尿成分の検討を行った。

4 調査条件

調査にあたり, まず労作開始直前に, 自覚症状の訴え数, フリッカー値の測定を行い, 併せて尿採取を行った。この場合, 労作負荷前の排尿間隔と尿量を記載した。また, 労作終了直後においても, 同様な操作を行った。

5 調査項目

1) 自覚症状調べの訴え数

産業衛生学会, 産業疲労研究会により設定した自覚症状調べの質問紙を採用した。そのアンケート項目は30項目からなり, I群「ねむけとだるさ」, II群「注意集中の困難」, III群「局在した身体異和感」の症状群から構成されたものである。

2) フリッカー値

OG 技研製のポータブルフリッカー測定器により, 測定の都度5回実測し, 最大値と最小値を除き残り3回の平均値としてあらわした。

3) 尿17-OHCS

Porter-Silber 反応²⁾により, 尿中の17-OHCS含量をヤトロン製キットを用いて定量し, 単位時間あたりの尿排泄量を乗じて, 17-OHCS 排泄量をもとめた。

4) 尿蛋白質

CBB (Coomassie Brilliant Blue) -G250の呈色反応によるトネイン法(総蛋白定量用キット; 大塚製薬)を用い尿中微量蛋白質を定量した。

5) 尿クレアチニン

Jaffe 反応⁹⁾を用いた Folin 法により尿中クレアチニンを定量した。

6) 尿中カテコールアミン

アドレナリン(AD), ノルアドレナリン(NA), ドパーミン(DA)の分析はクレペリンIIの尿についてのみ実施された。供試尿は採尿後, ドライアイス中で凍結保存した。AD, NA, DAの分析は, 高速液体クロマトグラフィー(島津 LC-1)-蛍光法⁹⁾(THI法)によるものであり, その分析は Special Reference Laboratories Inc. に依頼した。

6 統計処理

資料の統計処理は, F検定後t検定並びに Welch 法により有意性の検定を行った⁹⁾。また, 訴え数の変動は符号検定¹⁰⁾を用いた。

結 果

各測定値の労作負荷前後における変動は以下のようなであった(図1 A-E)。

自覚症状の訴え数の変化(表2)

主観的な自覚症状の訴えは, 日頃運動の実施頻度が高く, 身体の鍛練をしているバレーボール部員において, 運動後にI群, II群の症状は, ほとんど変化せずIII群の訴え数のみが有意に増加した。

一方, 運動クラブに属さないグループにおいて, 歩行運動後の訴えは, 運動前に比して, 各群とも増加した。このような日常最も基本的な

図1-A 肉体労作（バレーボール） (N=10)

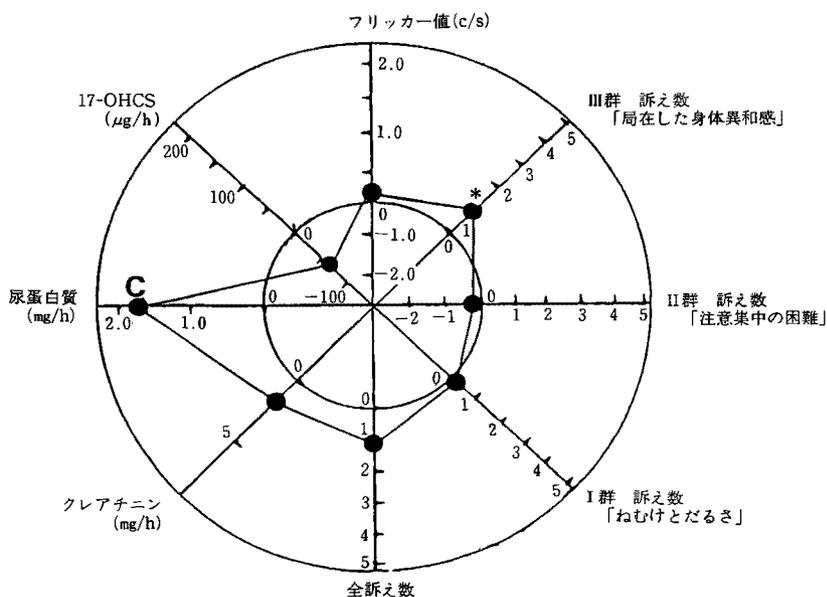
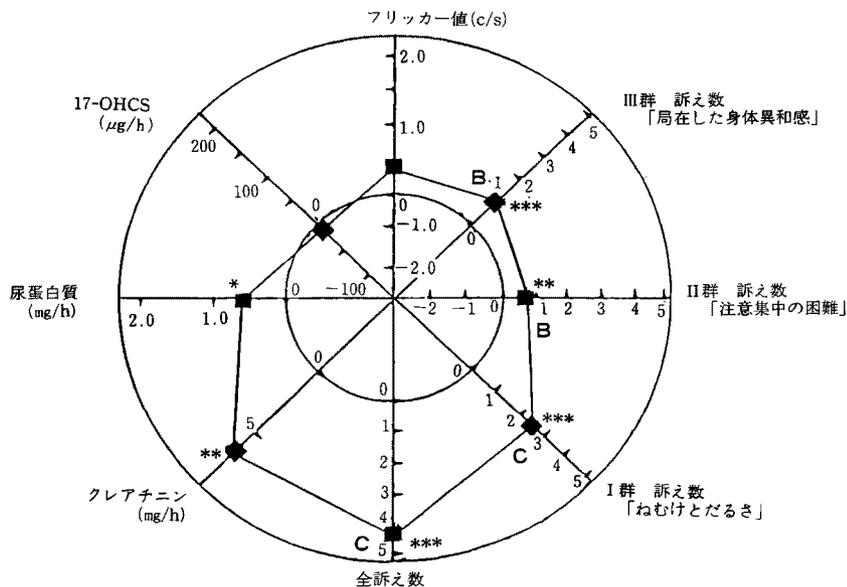


図1-B 肉体労作（歩行運動） (N=35)



<内側の円は労作開始時> * (p<0.05) ** (p<0.01) *** (p<0.001) 前値との差
A (p<0.05) B (p<0.01) C (p<0.001) 平常時との差

図1 労作による自覚症状，フリッカー値，尿17-0HCS・蛋白質・クレアチニンの変動

図1-C 精神労作 (クレペリン I) (N=32)

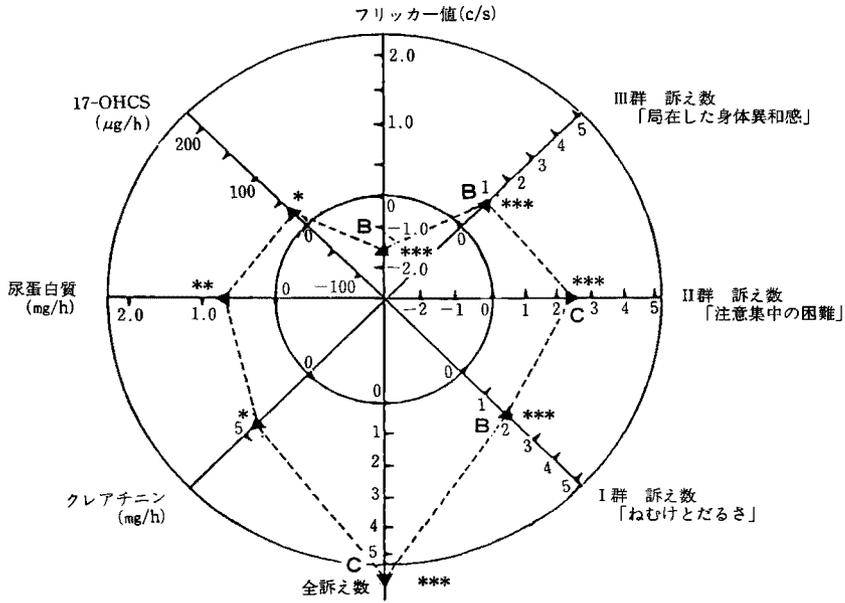
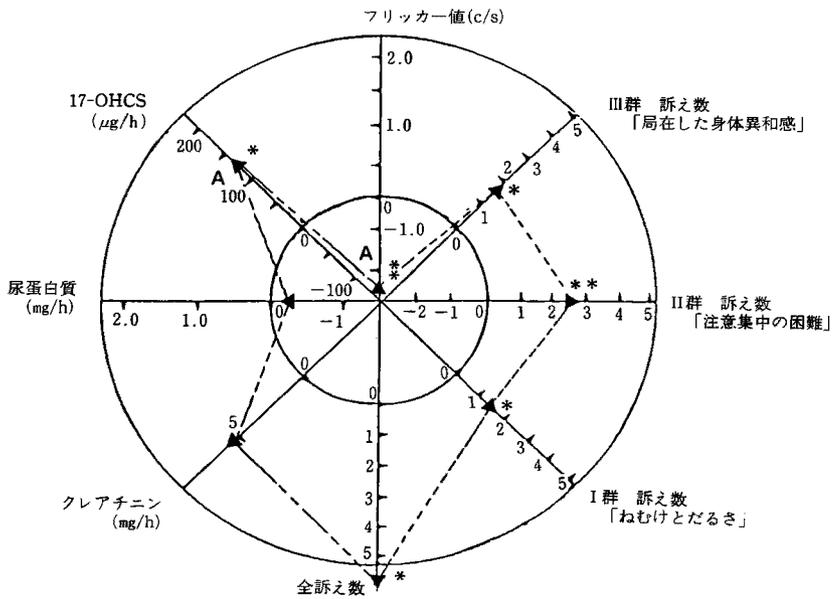


図1-D 精神労作 (クレペリン II) (N=6)



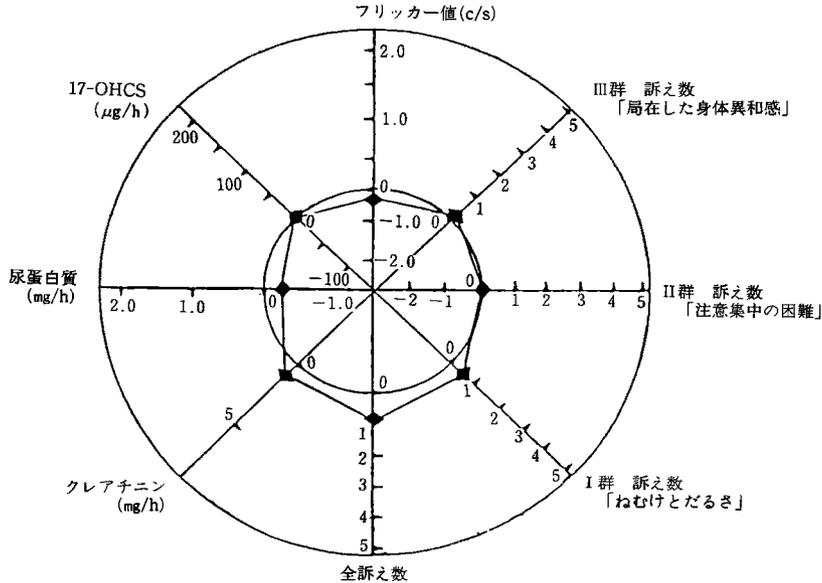
<内側の円は労作開始時>

* (p < 0.05) ** (p < 0.01) *** (p < 0.001) 前値との差
 A (p < 0.05) B (p < 0.01) C (p < 0.001) 平常時との差

図1-E 平常時

(N=100, 自覚症状)

(N=7, 尿検査)



<内側の円は労作開始時>

* (p<0.05) ** (p<0.01) *** (p<0.001) 前値との差
A (p<0.05) B (p<0.01) C (p<0.001) 平常時との差

労作に対して、訴え数の増加が認められたことは、運動不足の徴候があるものと考えられる。また、1位加算の精神労作後においても有意な増加が認められた。しかし、参考対照グループの平常時における訴え数の変動をみると、全訴え数は増加の様相を呈しているが、有意な差としては認められなかった。

フリッカー値の変動

バレーボール、歩行運動などの肉体的労作負荷によりフリッカー値の低下はみられなかった。しかしながら、1位加算の労作終了後においては、いずれの場合にも有意な低下が認められた。したがって、フリッカー値は労作内容の差による変動を最もよく反映していることを示唆するものであった。ただし、平常時においては、訴え数、フリッカー値ともに有意な差異はみられなかった(表3)。

尿17-OHCSの変動

運動負荷の機会が多いバレーボール部員に対

する17-OHCSの排泄量は減少し、歩行時においても同様な傾向にあった。逆に1位加算時には、有意な増加が認められた。

尿蛋白質の変動

バレーボール練習後において、蛋白質の時間排泄量が最も高値となり、平常時との間に有意な差が認められた。同様に歩行運動・クレペリンIにおいても労作前後に差がみられた。しかしクレペリンIIにおいては差異は認められず、精神負荷においては一定の傾向はみられなかった。

尿クレアチニンの変動

肉体的労作のうち、運動クラブのグループにおいて、運動後のクレアチニン排泄量が多い傾向にあった。一方において、歩行運動により排泄量は有意に増加した。クレアチニンは一般には運動後に増加するとされているが¹¹⁾、クレペリンIにおいても増す傾向にあった。しかし、クレペリンIIにおいて有意な増加は認められなかつ

表 2 労作負荷前後の訴え率 (%)

自覚症状		労作内容		肉 体 負 荷				精 神 負 荷				無負荷	
				バレーボール		歩 行		クレベリン I		クレベリン II		平常時	
				前	後	前	後	前	後	前	後	前(昼)	後(夕)
I 群 ねむけとだるさ	頭がおもい	10	20	20	34	25	63***	33	83*	11	14		
	全身がだるい	20	60	23	74***	22	56***	17	33*	22	32*		
	足がだるい	0	60	6	91***	13	9	17	0	18	30**		
	あくびがでる	30	0	46	20**	44	25	17	33	15	21		
	頭がぼんやりする	60	20	43	51	34	84***	50	100*	15	25*		
	ねむい	50	0*	46	26*	47	47	17	83*	15	29***		
	目がつかれる	30	10	34	31	44	94***	50	83	18	33***		
	動作がぎこちない	0	10	6	37***	3	31***	17	17	2	2		
	足元がたよりない	0	0	3	69***	0	6	0	0	0	1		
	横になりたい	30	70	29	57**	9	19	17	33	3	7		
I 群 平 均		23.0	25.0	25.6	49.0***	24.1	43.4***	23.5	46.5*	11.9	19.4		
II 群 注意集中の困難	考えがまとまらない	20	10	0	29	25	53***	33	67*	4	2		
	話をするのがいやになる	10	0	6	14	9	31*	0	0	11	4*		
	いらいらする	0	10	3	3	9	31*	0	17	8	8		
	気がちる	0	20	3	11	13	34**	17	50	2	2		
	物事に熱心になれない	20	10	20	26	28	66***	33	50*	8	8		
	ちょっとした事が思いたせない	10	0	9	3	3	9	0	33	0	2		
	することに間違いが多くなる	0	0	3	9	9	47***	0	50*	1	0		
	物事が気にかかる	10	0	0	0	3	3	0	0	1	1		
	きちんとしていられない	20	40	11	23	6	28***	0	50	3	5		
根気がなくなる	40	20	17	49***	13	53***	33	67	7	9			
II 群 平 均		13.0	11.0	7.2	16.7***	11.8	35.5***	11.6	38.4**	4.5	4.1		
III 群 局在した身体異和感	頭がいたい	10	0	9	6	19	47**	17	50	0	5		
	肩がこる	20	40	57	51	44	78**	17	67*	18	25		
	腰がいたい	20	30	14	20	19	19	0	17	4	10		
	いきが苦しい	0	0	0	17*	3	0	0	0	0	0		
	口がかわく	40	100*	14	49***	16	22	0	0	3	2		
	声がかすれる	0	0	11	11	9	6	0	0	2	0		
	めまいがする	0	0	3	14	0	19*	0	33	0	1		
	まぶたや筋肉がピクピクする	0	0	3	14	3	22	0	17	1	0		
	手足がふるえる	0	30	0	17*	0	9	0	0	0	1		
	気分が悪い	20	10	11	14	9	19	17	17	1	1		
III 群 平 均		11.8	21.0*	12.2	21.3***	12.2	24.1***	5.1	21.0*	2.9	4.5		
全 平 均 (平 均)		15.7	19.3	15.3	29.6***	16.0	34.3***	14.0	33.3*	6.6	9.7		

負荷前値との差 (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001)

た。

尿カテコールアミンの変動

精神労作負荷時における AD, NA は有意に増加し, DA も同様な傾向にあった(表 4)。また 17-OHCS 排泄量とは正の相関性を示した(図 2)。

考 察

自覚症状の全訴え数は, 肉体負荷, 精神負荷後, いずれも増加した。これは生体の各労作負

荷に対する順応過程における現象として捉えることができる。この場合, バレーボール部員の練習後の訴え数の増加は僅少であった。しかし運動クラブに属さない学生にとって, 1 時間の歩行運動により全訴え数は有意に増加した。これは日常生活において自覚症状を低く維持するためには, 生活の中に筋労作あるいはスポーツを取り入れることの必要性を示唆するものであった。そして訴え症状の優位順序は肉体労作では, I 群 > III 群 > II 群であり, 精神労作では

表3 労作負荷前後のフリッカー値，尿中17-OHCS・蛋白質・クレアチニンの変動（平均値±標準偏差）

負 荷 内 容	肉 体 負 荷					
	バレーボール練習 (N=10)			歩行運動 (N=35)		
	前	後	差	前	後	差
フリッカー値 (c/s)	40.1±2.6	40.2±2.9	0.2±1.2	42.5±3.1	42.8±2.6	0.4±2.4
17-OHCS (μg/時)	336±186	268±101	-68±172	249±128	237±80	-12±95
蛋白質 (mg/時)	3.5±1.8	5.3±2.4	+++ 1.8±1.0	3.1±1.7	3.7±1.4	0.6±1.3*
クレアチニン(mg/時)	40.3±19.4	42.1±13.0	1.8±19.4	26.0±12.2	33.2±9.5	7.2±12.2**

負 荷 内 容	精 神 負 荷					
	クレベリン I・1位加算 (1時間, N=32)			クレベリン II・1位加算 (1.5時間, N=6)		
	前	後	差	前	後	差
フリッカー値 (c/s)	43.8±3.0	42.2±3.0	++ -1.6±7.4	45.5±2.8	42.7±2.4	+ -2.8±1.3**
17-OHCS (μg/時)	223±101	251±99	* 28±65	228±71	357±128	* 129±89
蛋白質 (mg/時)	2.5±1.0	3.2±1.5	** 0.7±1.3	4.0±2.4	3.8±0.9	-0.2±2.5
クレアチニン(mg/時)	29.0±13.6	33.2±13.7	* 4.2±9.5	34.1±6.9	39.2±3.6	5.1±7.7

負 荷 内 容	無 負 荷		
	平常時 (N=7)		
	前	後	差
フリッカー値 (c/s)	42.0±1.3	41.8±1.3	-0.2±0.3
17-OHCS (μg/時)	253±68	257±46	4±59
蛋白質 (mg/時)	4.4±0.6	4.2±0.6	-0.2±0.9
クレアチニン(mg/時)	45.2±6.8	46.2±3.8	1.0±9.5

差：負荷後-負荷前 (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001)
 平常時(無負荷)との差 (+:p<0.05, ++:p<0.01, +++:p<0.001)
 N：調査対象者数

II群への影響が最も大であった。

以上のような訴え数の変動に対して，フリッカー値は精神負荷終了後に，いずれも減少した。一方肉体負荷によりフリッカー値の低下がみられなかったことは，短時間の運動では，さほど懸念する必要がないのか，あるいは，運動による身体機能の亢進・運動不足の解消等の効果によるものと考えられる。

フリッカー値の変動と17-OHCSの変動を負荷内容別に比較すると，肉体労作においてはフリッカー値，17-OHCSともに精神労作に比し，両者の変動幅は僅少であった。肉体及び精神負荷に対し，訴え数の増加という共通した疲労現象にもかかわらず，フリッカー値と17-OHCSは疲

表4 精神労作負荷¹⁾前後におけるアドレナリン(AD)，ノルアドレナリン(NA)，ドパミン(DA)の変動(μg/時)

	前	後
AD	0.42±0.16	0.69±0.23**
NA	2.63±0.87	3.00±0.90**
DA	19.0±6.3	21.5±6.9

**p<0.01；労作前との差 N=6

¹⁾1位加算 90分

労の同一側面をあらわしていないことを示すものであり，精神負荷への影響が大であるものと考えられる。

つぎに，蛋白質の時間排泄量の増加は，運動

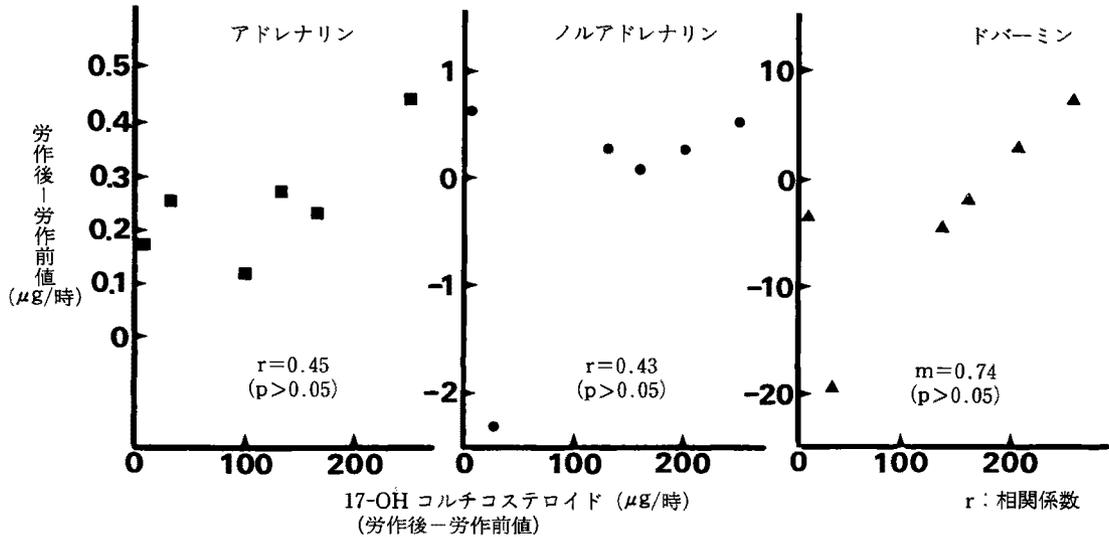


図2 精神労作負荷時の尿からのカテコールアミンと17-OH コルチコステロイド排泄量との関係

性の蛋白尿⁹⁾にみられるように、直接肉体負荷に起因する場合と内分泌系のACTHが関与している場合¹²⁾とされている。蛋白質の排泄量が、肉体・精神(クレペリンI)負荷のいずれにおいても増加していることから、蛋白質の排泄機序が負荷内容により異なるものであろう。ただし、クレペリンIIにおいては、労作前値に比し、労作終了後に低下した。この点については測定例数を増して再度検討する必要がある。

クレアチニン排泄については、運動負荷により影響をうけるとされている¹¹⁾。本報の結果は、歩行運動に比して、バレーボール練習時のクレアチニン排泄は少となった。これは鍛練による水分代謝(尿量)あるいはクレアチニン代謝の抑制によるものであろう。一方、精神負荷時の17-OHCSの増加から類推して、下垂体・副腎皮質系に影響し、内分泌系の機能の亢進に関連し、クレアチニン排泄量の増加を誘発したものと考えられる。

この17-OHCSとAD, NA, DAの尿排泄量は、正の相関性を示したことから、精神負荷に際して、下垂体・副腎皮質、交感神経・副腎髄質系の機能が相互に関与していることが示唆された。

肉体・精神負荷に対応する生体は、労作負荷前の状態により労作終了時への影響は異なるも

のであり¹³⁾、また、本報においてとりあげた自覚症状の訴え数・フリッカー値・17-OHCSについては、日内変動がみられる¹⁴⁾¹⁵⁾ことから、労作に由来する変動と、同時にその背後に存在するCircadian rhythmをも考慮して検討されなければならない。

結 論

調査条件として、女子学生バレーボール部員10名に2時間のバレーボールの練習、35名に1位加算の労作を60分間、同様に6名に90分間の1位加算の労作を負荷した。そして各労作前後の自覚症状の訴え数、フリッカー値、尿中に排泄される17-OHCS・蛋白質・クレアチニン量を実測し、肉体負荷と精神負荷の差異を比較した。

その結果

1. いずれの労作においても、自覚症状の訴え数は、労作負荷終了後に増加し、とくに歩行運動においては、I群の「ねむけとだるさ」III群の「局在した身体異和感」、1位加算では、II群の「注意集中の困難」の症状群の訴えが増す傾向にあった。

2. 肉体労作時のフリッカー値の変化は、労作終了後に低下はみられず、1位加算の精神負荷についてののみ有意な低下が認められた。

3. 尿17-OHCSの変動は、肉体負荷では減少傾向にあり、精神負荷終了後には増加の様相を呈した。

4. 尿蛋白質は、肉体負荷では増加、精神負荷では一定の傾向はみられなかった。クレアチニン排泄量は、いずれの負荷においても増加傾向にあった。

以上の結果から、肉体・精神負荷の生体への

影響は、共通した部分もあるが、両者の間に特異的な差異が認められた。

本研究の実施にあたり、ご指導を賜った岡山大学医学部、公衆衛生学講座、緒方正名教授に対し深謝するとともに、尿分析の一部を担当していただいた岡山県予防医学協会保健部衛生検査課、宮井泰三氏に謝意を表します。

文 献

- 1) 厚生省保健医療局健康増進栄養課編：第三次改定，日本人の栄養所要量，第一出版，東京（1984）pp 8—9.
- 2) 田多井吉之介，堀内忠郎：17-OH コルチコステロイド；疲労判定のための機能検査法，桐原葆見他，第2版，同文書院，東京（1970）pp91—96.
- 3) 日本産業衛生協会，産業疲労研究会：産業疲労の「自覚症状しらべ」1970年についての報告，労働の科学（1970）25，pp12—33.
- 4) 大島正光：疲労の研究，同文書院，東京（1979）pp40—43.
- 5) 緒方正名：濾紙 BPB 染色法による疲労尿蛋白測定法に関する研究，日衛誌（1958）13，pp644—647.
- 6) 北村元仕：実践臨床化学，医歯薬出版，東京（1976）pp243—247.
- 7) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝，労働科学研究所，東京（1982）pp95—298.
- 8) 重富秀一 横川俊博 福地総逸：高速液体クロマトグラフィーと蛍光反応システムによる血漿，尿および生体試料中カテコールアミンの簡易迅速測定法，日内分泌会誌（1981）57，pp950—958.
- 9) 田中恒男：新・統計のまとめ方つかい方，医歯薬出版，東京（1987）pp62—65.
- 10) 水野哲夫：統計の基礎と実際，光生館，東京（1982）pp192—195.
- 11) 金井 泉：臨床検査法提要，金原出版，東京（1983）pp154.
- 12) 田辺昇平：疲労判定法としての尿 Donaggio 反応に関する研究，岡山医誌（1959）71，pp6463—6468.
- 13) 中永征太郎：女子学生における疲労判定時の自覚症状の訴え数とフリッカー値の関係について，日本公衛誌（1978）25，pp181—184.
- 14) 中永征太郎：疲労感ならびにフリッカー値の日内変動におよぼす睡眠時間の影響について，学校保健研究（1985）27，pp46—50.
- 15) 堀内淑彦 武部和夫：生理活動の日内変動，生気象学，日本生気象学会，紀伊国屋書店，東京（1968）pp 7—23.

**Changes in the subjective symptoms, flicker value
and the excretions of urinary 17-OHCS,
protein and creatinine after physical and mental stress**

Seitaro NAKAE

**Department of Public Health,
Okayama University Medical School,
Okayama 700, Japan
(Director : Prof. M. Ogata)**

Ten students who belong to the volleyball club in a women's university practiced volleyball for 2 hours ; 35 female students were walked for 1 hour (Mean heart rate : 105 beats/min). 32 and 6 female students took the one digit addition of Kraepelin's test for 60 and 90 min, respectively. The number of complaints of subjective symptoms, flicker fusion value, the excretion rate of urinary 17-OHCS (17-hydroxycorticosteroids), protein and creatinine before and after physical or mental work were investigated.

The questionnaire included thirty questions, divided into three groups each consisting of ten symptoms, I : drowsiness and dullness, II : difficulty in concentration, III : projection of physical disintegration.

The results obtained were as follows :

1) The number of subjective symptoms in those who walked were particularly increased in groups I and III. Group II symptoms were increased in the participants who calculated the one digit addition.

2) The flicker fusion value after physical exercise was not decreased, but in one digit addition the flicker fusion value was significant decreased after working.

3) The excretion of urinary 17-OHCS tended to decrease after volleyball training and walking. In the case of one digit addition, the excretion of urinary 17-OHCS was increased.

4) The excretion of urinary protein was generally increased after volleyball training, and urinary creatinine was increased after physical and mental work.

In conclusion a difference was demonstrated between physical and mental work and related complaints of subjective symptoms, flicker fusion values and excretion rates of urinary 17-OHCS.