

肝・腎臓機能の色素排泄能に及ぼす運動の影響

山 本 忠 志* 住 吉 薫**

(平成4年9月30日受理)

緒言

肝臓は腹腔の右上部、横隔膜のすぐ下にある生体内での最大の実質臓器で、成人の正常肝重量は900～1300 gである。肝機能の一つに異物（色素）排泄機能がある。その機能の検査であるブロムサルファレイン（BSP）試験は1924年にsulfobromophthalein sodiumを用いての肝機能検査法及び臨床成績が発表され¹⁾、その後1943年に検査方法が完成されて以来広く臨床で用いられている肝機能検査の一つである²⁾。

腎臓は腹腔後壁の上方に、脊柱をはさんで左右1対向かいあい、形は両方とも内側にくぼみをもったソラマメ形の、成人で縦9～10cm、幅5 cm、厚さ3 cm、重さ約100 gの臓器である。腎機能にも肝機能と同様の異物（色素）排泄機能があり、その機能検査にフェノールスルホンフタレイン（PSP）試験が1910年に発表されて以来、広く臨床で用いられている³⁾。

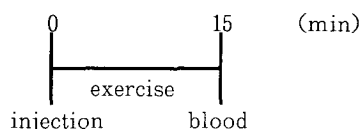
一方、激しい運動負荷は各筋への酸素需要を高めるために血流量を増し、逆に肝臓や腎臓等の内臓器への血流量を低下させる⁴⁾。このように運動により生体に変化することはよく知られているが、運動負荷が各種の色素排泄機能検査に及ぼす影響について観察した研究は、Sumiyoshiら⁵⁾が登山時にPSP試験を実施したにすぎない。

そこで、著者等は2つの色素排泄機能検査に及ぼす運動の影響を明らかにするために、歩行および走行運動を実施し、安静時と比較検討した。さらに、肝臓と腎臓の運動負荷強度の違いによる機能変化もあわせて検討し、若干の知見を得たので報告する。

方法

A. 各試験の実施方法

1. BSP test



2. PSP test

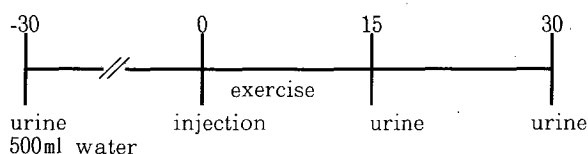


Fig.1 Time table of bromsulphalein (BSP) test and phenolsulfonphthalein (PSP) test.

* 兵庫教育大学第5部（生活・健康系教育講座）

** 兵庫教育大学名誉教授

Table 1. Characteristic of subjects

Subj.	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	R.I.
K.K.	30	166	64	139
M.A.	39	183	75	122
T.Y.	26	179	79	138
A.M.	31	174	69	130
R.I.	28	162	54	127

R.I. = Rohrer's Index

トリウム溶液3mlを加え、これを対照とし検体を565nmで吸光度を測定し、血液中のBSP濃度を算出した。

2. PSP試験⁹⁾ (Fig.1)

被験者は26~39才の男子4名である (Table 1)。なお安静時及び運動負荷時共に同一被験者を対象として、1週間の間隔をおいて実施した。運動の種類はほぼ平地を毎分約75mの速度で歩く歩行運動と平地を毎分約200mの速度で走る走行運動の2種目で、運動時間は15分とした。被験者に排尿後、水500mlを飲ませ、30分後に1ml中にPSP 6mgを含む溶液1mlを肘静脈より注入し、15分、30分後に採尿した。測定はまずPSP溶液と水および10%NaOHを用いて100%基準液を作り、それを一定濃度に希釈したもので検量線を作成し、その各分画液を545nmで吸光度を測定し、検体尿との比色を行い、尿中のPSP濃度を求めた。

B. 心拍数の測定

安静時及び運動時共にホルター心電計を用いて心電図を記録した。終了後解析器によって心拍数を求めた。

結果

Table 2. Changes of heart rate on various conditions to each test

Test	Condition	Load (min)	Heart rate (beat/min) Mean±S.D.	
BSP	Rest	15	68.3±9.6	(n=5)
	Walking	15	101.0±11.2	
	Running	15	162.7±10.5	
PSP	Rest	15	69.6±10.6	(n=4)
	Walking	15	103.2±14.4	
	Running	15	170.3±16.7	

BSP = bromsulphalein test
PSP = phenolsulfonphthalein test
S.D. = standard deviation

1. BSP試験⁹⁾ (Fig.1)

被験者は26~39才の男子5名である (Table 1)。なお安静時及び運動負荷時共に同一被験者を対象として、1週間の間隔をおいて実施した。運動の種類はほぼ平地を毎分約75mの速度で歩く歩行運動と平地を毎分約200mの速度で走る走行運動の2種目で、運動時間は15分とした。被験者の肘静脈より体重1kg当たり5mgのBSP溶液を注入し、15分後に反対の肘静脈より採血した。その血液の血清0.5mlを2本の試験官にとり、各々に精製水2.5mlを加え、一方に0.1N水酸化ナ

1. 心拍数の変化 (Table 2)

BSP, PSP試験共に各条件でほぼ同程度の数値を示し、有意な差は認められなかった。また、歩行時では安静時に較べて15分間の平均心拍数は1.5倍、走行時では2.5倍の数値を示した。

2. BSP試験に及ぼす運動の影響 (Table 3)

この表は血液中のBSP濃度を被験者毎、さらに平均と標準偏差を示したものである。安静時の数値はすべて正常範囲内にあり、全被験者は肝機能に異常がないことを示した。

Table 3. Value of blood bromsulphalein retained 15 min. after injection.

Condition	Subj.	Value (%)
Rest	R.I.	25.0
	T.Y.	17.5
	A.M.	21.0
	M.A.	17.5
	K.K.	30.0
Mean±S.D.		22.2±5.35
Walking	R.I.	28.0
	T.Y.	20.0
	A.M.	25.0
	M.A.	25.0
	K.K.	30.0
Mean±S.D.		25.6±3.78
Running	R.I.	45.0
	T.Y.	25.0
	A.M.	35.0
	M.A.	29.0
	K.K.	60.0
Mean±S.D.		38.8±14.04

S.D. = standard deviation

歩行運動時では安静時に較べて1名を除いて血中濃度の上昇を認めるが、その変化は軽度である。しかし、走行運動時では全員が高度な上昇を認め、安静時に較べて1.5～2.0倍の数値を示した。また、偏差の数値も大きくなり、被験者間のばらつきがみられる。

3. P S P試験に及ぼす運動の影響 (Table 4)

Table 4. Time course of urinary phenolsulfonphthalein level.

Condition	Subj.	15min	30min	Total (%)
Rest	T.Y.	38.4	17.8	56.2
	A.M.	46.6	19.1	65.7
	M.A.	45.2	10.1	55.3
	K.K.	50.2	26.6	76.8
Mean±S.D.		45.1±4.93	18.4±5.88	63.5±8.70
Walking	T.Y.	45.8	17.6	63.4
	A.M.	55.3	20.5	75.8
	M.A.	47.5	18.4	65.9
	K.K.	50.9	20.5	71.4
Mean±S.D.		49.9±4.19	19.2±1.31	69.1±4.84
Running	T.Y.	32.6	22.6	55.2
	A.M.	21.8	37.3	59.1
	M.A.	26.3	8.9	35.2
	K.K.	16.7	38.8	55.5
Mean±S.D.		24.4±5.85	26.9±12.17	51.3±9.39

S.D. = standard deviation

この表は尿中のP S P濃度を15, 30分およびその合計の濃度を被験者毎、さらに平均と標準偏差を示したものである。安静時の数値はすべて正常範囲内にあり、全被験者は腎機能に異常がないことを示した。運動終了直後の15分値でみると、歩行運動時では安静時に較べて全員が尿中濃度の上昇を認めた。しかし、走行運動時では全員が高度な低下を認め、

安静時に較べて75～35%の数値を示した。一方、30分値では歩行運動時で上昇したもの2名、低下したもの2名となり、平均ではほぼ同程度の数値を示した。走行運動時では安静時に較べて1名を除いて高度な濃度の上昇を認めた。さらに合計の値で見ると、歩行運動時では1名を除いて上昇を認め、ばらつきも少なく安定した数値を示した。走行運動時では全員が安静時に較べて低下を示し、最も高度な低下では安静時の数値の約70%に留まった。

Table 5. Changes of liver and kidney function level on two exercises in comparison to the rest value

(rest=100%)

Condition	Heart rate	BSP (%Mean±S.D.)		PSP	
	Mean±S.D.	15min	15min	30min	total
Walking	102.1±12.8	95.2± 3.90	111.2± 8.04	116.4±39.84	110.1±10.14
Running	166.5±14.3	77.9±11.91	55.8±18.97	139.1±38.73	80.4±14.26

以上、肝、腎の色素排泄機能検査に及ぼす運動の影響の成績をまとめたものをTable 5に示した。この表は肝でのBSPの取り込み率と腎でのPSPの排泄率を安静時の数値を100%として運動時の数値を比較したものである。心拍数100前後の歩行運動時ではBSP試験は安静時に対してほぼ5%肝での取り込みが低下した。しかし、PSP試験は15分値で安静時に対して低下せず、ほぼ10%増加した。30分値、total値でも同様な増加を示した。また、心拍数170前後の走行運動時では安静時に較べてBSPで約20%、PSPの15分値では約45%低下した。total値でもほぼ20%の低下を示した。

考察

肝臓の異物排泄機能とは、血液中の異物が肝臓を経て胆汁内等に排泄されることを意味する。この異物排泄機構についての解明は、種々の色素が肝臓によって胆汁内に排泄される事実から発展したものである。これについては、毒性のない色素で、ほぼ100%胆汁内に移行するとともに、生体内に広く分布する細網内分泌系に捕捉されることが殆どないので、かつ血中濃度が適当な速度で消失することが望ましい。その条件を備えた物質として、フタレイン系、モノアゾ系やトリカルボシアニン系の色素が用いられている。代表的な検査法としては、ブロムサルファレイン試験、アゾルビンS試験、インドシアニングリーン試験等があげられる。今回用いたブロムサルファレイン試験はフタレイン系色素の1つで、1924年にはじめて合成され¹⁾、それ以来よく実施されている試験である。

腎臓の異物排泄機能とは、血液中の異物が腎臓を経て尿中に排泄されることを意味する。肝臓と同様な条件を備えた物質を用いた試験として実施されてきた検査には、フェノールスルホンフタレイン試験、アゾルビンS試験、インジゴカルミン試験等がある。今回用いたフェノールスルホンフタレイン試験は、1910年に種々のフタレイン誘導体について研究中、この中の一種フェノールスルホンフタレインが腎臓からのみ特異的に排泄される事実を発見し、極めてよい腎機能検査法であることが発表²⁾されて以来、よく実施されている試験である。

これら2つの試験を用いて安静時の実験をまず最初に実施し、この試験の意味する肝機能や腎機能の傷害がないかを観察したところ、被験者全員正常値を示し異常のないことが

示された。色素排泄能試験と運動の関係の研究はほとんど見られず、Sumiyoshiら⁵⁾が高所登山時に出現する浮腫の本態を追求するために、登山6日目にPSP試験を実施し、安静時に較べて腎臓の機能低下を認めた研究のみである。今回著者らが運動の影響を観察したところ、肝臓では心拍数が100beats/min前後の平地歩行では安静時との差は殆どなく、ほぼ同様な数値であった。また、腎臓はこれくらいの運動により色素排泄機能を昂進させる結果を示したことは、腎臓機能が軽度の運動において機能昂進する可能性を示唆するものと思われる。ところが、肝・腎ともに心拍数が160beats/minを越えるような平地走行では、安静時に較べて大きな数値の低下を示し、肝、腎機能の低下を認める結果であった。特に腎臓ではその低下程度も肝臓に較べて大きく示された。つまり、運動強度が増すにつれて、肝臓への血流量よりも腎臓への血流量の低下が大きくなるものと思われる。中野⁴⁾は運動強度と各臓器等への血流量を調べたところ、心拍出量は運動強度に比例して増加するが、その増加した血液の大部分は筋への取込に費やされ、各内臓器等への血液量は平行して少なくなると報告している。しかし、今回の結果は必ずしも、肝臓と腎臓において運動による血液量の低下は、負荷強度による変化さらに同一の負荷強度において平行した変化は示さず、各臓器間で微妙な差を引き起こしている事が示唆された。

文献

- 1) Rosenthal, S.M. and White, E.C.: Studies in hepatic function VI. J. Pharmacol. Exper. Therap., 24: 265, 1924.
- 2) Mateer, J.G., Baltz, J.I., Marion, D.F. and MacMillan, J.M.: Liver function tests. J. A. M. A., 121: 723, 1943.
- 3) Rowntree, L.G. and Geraghty, J.T.: An experimental and clinical study of the functional activity of the kidneys by means of phenolsulphonphthalein. J. Pharmacol. Exper. Therap., 10: 579, 1910.
- 4) 中野昭一 編集: 図説・運動の仕組みと応用. 医歯薬出版, 東京: 133, 1982.
- 5) Sumiyoshi, K., Sumiyoshi, M., Otani, N., Yamada, K., Yano, T. and Emura, M.: Changes of blood elements and the circulatory system in climbing. Jap. Circul. J., 26: 533, 1962.
- 6) 金井 泉, 金井正光: 臨床検査法提要改訂29版 金原出版, 東京: 734, 1983.

Abstract

Effects of exercise on liver and kidney function

Tadashi YAMAMOTO, Kaoru SUMIYOSHI

In order to assess the influence of two exercises the hepatic and renal ability to eliminate dyes, several tolerance tests were performed under resting conditions and after exercises. The bromsulphalein (BSP) and the phenolsulfophtalein (PSP) tests were carried out under two conditions. Serum BSP and urinary PSP were determined by routine technique. The following results were obtained.

1. In the BSP test which assesses the hepatic ability to eliminate the dye, the reduction in BSP elimination was most marked after running. BSP elimination after walking was slightly lower than that at rest.
2. In the PSP test which assesses the renal ability to eliminate the dye, no evident reduction of the renal excretory function was seen after walking compared to the resting value. After running, however, a reduction of about 45% in the renal PSP clearance was noted compared to the resting value.