

## 夏季のフルマラソン完走後における選手の腎機能評価 ー血清シスタチンCを用いてー

石井好二郎<sup>1)</sup> 井本岳秋<sup>2)</sup> 鳥居 俊<sup>3)</sup> 惠淑萍<sup>4)</sup> 千葉仁志<sup>5)</sup>

- 1) 北海道大学大学院教育学研究科体力科学 2) 静岡県総合健康センター  
3) 早稲田大学スポーツ科学学術院 4) 北海道医療大学 薬学部 薬品分析化学講座  
5) 北海道大学 医学部保健学科 生体情報学講座

Assessment of renal function by measurement of serum cystatin C concentration in athletes after the finish of a summer marathon

Kojiro Ishii<sup>1)</sup> Takeaki Inomoto<sup>2)</sup> Suguru Torii<sup>3)</sup> Hui Shu-Ping<sup>4)</sup> Hitoshi Chiba<sup>5)</sup>

- 1) Laboratory of Human Performance & Fitness, Graduate School of Education, Hokkaido University  
2) Shizuoka Health Institute  
3) Faculty of sports sciences, Waseda University  
4) Department of Analytical Chemistry for Pharmacy, Faculty of Pharmaceutical sciences, Health Sciences University of Hokkaido  
5) Division of Medical Technology, Department of Health Sciences, School of Medicine, Hokkaido University

### Abstract

Results of studies on athletes participating in Hokkaido Marathon have revealed the possibility that renal function is an important factor for good performance in a summer marathon. In this study, we measured serum concentrations of cystatin C, a reliable marker of renal function that is not affected greatly by protein level or gender, in athletes after the finish of the Hokkaido Marathon in 2004 (Ta: 17.5 °C, rh: 80%) and in 2005 (Ta: 28.0 °C, rh: 45%). The mean serum cystatin concentration in 2005 (1.08 ± 0.05 mg/L) was significantly ( $p < 0.0001$ ) higher than that in 2004 (0.87 ± 0.04 mg/L), confirming that running in a marathon in a hot environment imposes a large load on the kidneys. However, despite the high temperature during the marathon in 2005, the finish times were good for athletes in whom serum cystatin C concentrations at finish of the marathon were within the normal range, suggesting that renal function affects marathon performance.

### I. 緒言

腎臓は体温調節系と密接な相互作用を持つ体液調節系の一つである。すなわち、腎機能が良好であれば、血液の濃度や組成を一定に保つように働く。さらに腎臓は、血圧の調整や赤血球の生成促進、カルシウム吸収の調整をするなど、様々な働きをしている臓器である (Berne and Levy, 2000)。これまで

の北海道マラソンの調査結果より、好成績を収めた選手は、腎機能を一般的に評価する非蛋白性窒素化合物の数値が良好なことが多く、夏のマラソンに好成績を収めるのには腎機能の状態が重要である可能性が高いことが示されている (石井ら, 2004; 石井, 2004)。しかしながら、非蛋白性窒素化合物は蛋白量の影響を受けることから、マラソン走行後の検査値は筋損傷の影響を受けていることが考えられ

た。本研究では、蛋白量や性差の影響が少ない安定した腎機能マーカーである血清シスタチンC (石井, 2005) により、夏のマラソンの競技成績と腎機能の状態の関連を検討することとした。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

2004年および2005年に北海道マラソンを完走し、本研究に同意した20位以内の男子選手、および15位以内の女子選手を対象とした。なお、男女で対象の順位幅が異なっているのは、男子では20位の選手が1位の選手と10分程度のタイム差でゴールしているのに対し、女子選手の20位は1位の選手と約30分のタイム差があり、競技力に極めて差があると判断したためである。その結果、対象数は2004年23名(男性13名、女性10名)、2005年21名(男性10名、女性11名)となった。

### 2. 調査方法

レースゴール後、直ちに救護テント内にて肘部皮下静脈より採血を実施した。ドーピングコントロール対象者はドーピングコントロールルーム内にて、同様に採血を行った。なお、本研究での分析項目は、尿酸、尿素窒素、クレアチニン、および血清シスタチンCであり、すべての検体の分析はSRL北海道に依頼した。

### 3. 気象状況

2004年の天候は曇り、スタート時の気温17.5℃、相対湿度80%であり、時おり強い風に見舞われ、レース中にも肌寒さを感じるほどの(選手の自省報告)夏季のマラソンとしては涼しい環境であった。一方、2005年の天候は晴れ、気温28.0℃、相対湿度45%(スタート時)、報道ではレース中の気温が30℃を越えていたことが報告されるなど暑熱環境下でのレースとなった。

### 4. 統計処理

得られたデータは平均値±標準誤差で示した。2004年と2005年の血清シスタチンCの平均値の差の検定には、対応のないt検定を用いた。有意水準は $p < 0.05$ とした。

## III. 結果

表1に2004年、表2に2005年の北海道マラソン

表1 2004北海道マラソン完走後の腎機能血液検査項目

Subj.	尿酸	尿素窒素	クレアチニン	シスタチンC
男子選手				
A	5.4	19.6	<i>1.05</i>	<i>1.00</i>
B	6.9	<i>20.3</i>	1.04	0.95
C	3.8	18.8	<i>1.29</i>	<i>1.27</i>
D	6.3	14.4	<i>1.15</i>	0.69
E	6.7	19.2	<i>1.53</i>	<i>1.23</i>
F	5.2	<i>22.0</i>	<i>1.14</i>	0.93
G	6.9	17.7	<i>1.13</i>	0.90
H	6.5	16.1	<i>1.43</i>	<i>1.10</i>
I	5.4	<i>21.0</i>	0.94	0.78
J	5.3	17.5	0.91	0.84
K	5.9	<i>26.4</i>	<i>1.19</i>	<i>0.97</i>
L	5.0	<i>22.9</i>	0.99	0.84
M	6.0	<i>21.6</i>	<i>1.14</i>	0.76
女子選手				
a	4.7	18.0	0.69	0.63
b	6.5	<i>24.5</i>	<i>1.09</i>	<i>1.04</i>
c	4.9	19.8	<i>0.94</i>	0.77
d	4.5	<i>25.7</i>	<i>0.97</i>	0.89
e	4.6	<i>21.9</i>	<i>0.94</i>	0.77
f	5.6	16.3	0.68	0.63
g	4.4	<i>22.0</i>	0.97	0.77
h	4.5	16.6	0.63	0.64
i	5.7	<i>26.1</i>	<i>0.96</i>	0.81
j	4.9	19.4	<i>0.94</i>	0.72

(斜体に下線の数値は基準値以上を示す)

表2 2005北海道マラソン完走後の腎機能血液検査項目

Subj.	尿酸	尿素窒素	クレアチニン	シスタチンC
男子選手				
AA	<i>7.1</i>	<i>21.0</i>	<i>1.11</i>	0.92
BB	6.0	<i>25.1</i>	<i>1.20</i>	<i>1.17</i>
CC	<i>8.0</i>	<i>23.9</i>	<i>1.27</i>	0.89
DD	6.1	<i>24.0</i>	<i>1.31</i>	<i>1.01</i>
EE	<i>7.5</i>	<i>21.6</i>	<i>1.43</i>	<i>1.33</i>
FF	6.3	<i>21.1</i>	<i>1.26</i>	0.89
GG	5.4	<i>23.0</i>	<i>1.26</i>	<i>1.01</i>
HH	<i>8.0</i>	<i>24.1</i>	0.98	0.93
II	<i>7.1</i>	<i>24.8</i>	<i>1.21</i>	<i>1.21</i>
JJ	<i>7.7</i>	<i>20.9</i>	<i>1.22</i>	<i>1.01</i>
女子選手				
aa	4.9	17.8	<i>0.97</i>	0.75
bb	5.6	<i>21.7</i>	<i>1.51</i>	<i>1.45</i>
cc	5.2	<i>31.9</i>	<i>0.82</i>	0.81
dd	5.7	<i>21.0</i>	<i>1.28</i>	<i>1.34</i>
ee	6.5	13.8	<i>1.31</i>	<i>1.38</i>
ff	5.7	<i>23.8</i>	<i>1.05</i>	0.85
gg	5.1	18.7	<i>0.90</i>	<i>0.98</i>
hh	4.3	17.0	<i>0.93</i>	<i>1.09</i>
ii	<i>7.6</i>	<i>29.1</i>	<i>1.46</i>	<i>1.15</i>
jj	6.6	<i>24.8</i>	<i>1.62</i>	<i>1.52</i>
kk	4.7	<i>27.7</i>	<i>1.18</i>	<i>1.05</i>

(斜体に下線の数値は基準値以上を示す)

完走後の腎機能血液検査項目の結果をそれぞれ示した。

比較的冷涼環境下のマラソンとなった2004年においては対象選手23名中5名にしか血清シスタチンCの基準値(0.53~0.59mg/L)以上が認められなかったのに対し、暑熱環境下の2005年では21名中13名に基準値以上が認められた。また、平均値の比較においても、2005年(1.08±0.05 mg/L)は2004年(0.87±0.04 mg/L)より血清シスタチンCが高値を示した(図1)。

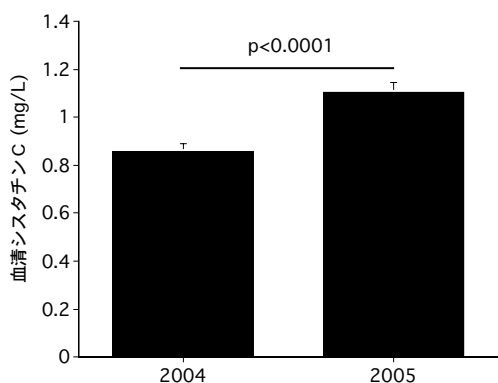


図1 2004年および2005年北海道マラソン完走後の血清シスタチンC

一方、マラソン完走後には血清シスタチンCの基準値以上を示さなくとも、尿素窒素（基準値：6.0～20.0mg/dL）、および血中クレアチニン（基準値：男0.61～1.04mg/dL、女0.47～0.79mg/dL）の基準値以上を示す例が多数認められた。

#### IV. 考察

冷涼環境下に比べ、暑熱環境下のマラソンレース後の血清シスタチンCは明らかに高値を示しており、暑熱環境下のマラソンは腎機能に対する負担が大きいことが示唆された。暑熱環境下においては、発汗や皮膚血流量の増加により、還流静脈血が減少するため、これを抑制しようと坑利尿ホルモン（バソプレッシン）の放出が上昇する。これは、体液保持のため尿としての水分損失を減少させる合目的な生体反応であると考えられている（Robertsonら、1973）。したがって、暑熱環境下のマラソンでは腎臓が体液調節系の中心として機能し続けた結果、腎機能の低下が見られるものと思われる。

しかしながら、2005年のように暑熱環境下のマラソン後においても、血清シスタチンCが基準値内であった選手も存在した。選手名が特定されるため、詳細については触れることができないが、本研究の対象で2005年の血清シスタチンCが基準値内であった選手は、「優勝」「暑熱環境下でありながら自己記録」あるいは「一般参加でありながら上位入賞」など、全員が非常に良好な競技成績を残している。すなわち、暑熱環境下のマラソンでも腎機能が良好な状態で走行できた者が競り合いを制するようである。

尿素窒素やクレアチニンは蛋白質代謝の最終産物の一つであり（Berne and Levy, 2000）、マラソンのような激しい運動時には骨格筋からの蛋白質代謝の影響を強く受ける。本研究においても2004年、

2005年共に、尿素窒素と血中クレアチニンの基準値以上を示す選手が多数見受けられた。しかし、尿素窒素や血中クレアチニンが基準値以上を示しながら、血清シスタチンCは基準値以内である例も存在した。すなわち、マラソン完走後の尿素窒素や血中クレアチニンの上昇には、腎臓の機能低下による排泄障害ではなく、蛋白質代謝が過剰になったことによって生じたことを示していると考えられる。したがって、日常的に激しいトレーニングを実施しているマラソンランナーの腎機能の評価には、蛋白量や性差の影響が少ない、安定した腎機能マーカーである血清シスタチンCを用いることが有効であると示唆される。

#### V. 結語

血清シスタチンCは平成17年10月より保険適用を受けられることになったことから、医療現場で普及しつつある。しかし、保険請求上の注意として、「尿素窒素またはクレアチニンにより腎機能低下が疑われた場合、3ヶ月に1回に限り算定できる」との指導が行われている。したがって、選手のコンディションの把握に用いる場合、保険適用は無理である。しかしながら、血清シスタチンCの実施料は130点（1300円）であり、法外な値段ではない。

2007年の世界陸上は8月下旬から9月上旬の大阪で開催され、2008年の北京五輪の陸上競技は8月上旬の開催である。暑熱環境下での戦いとなる可能性は極めて高い。国際競技会では体調不十分な者が勝利を収めることは非常に希有なことであろう。血清シスタチンCにより腎機能の管理を定期的に行うことにより、腎機能を良好に保った状態で、レースに臨むことができる確率は格段に増すであろう。

#### 文献

- Berne RM, Levy MN. (2000) Principles of physiology. Mosby, St. Louis.
- 石井好二郎, 田中宏暁, 井本岳秋, 鳥井俊, 阿江通良, 小林寛道 (2004) 2003北海道マラソン調査報告書-夏のマラソンのコンディショニングを探る-, 日本陸連科学委員会報告書, 3(1): 103-108.
- 石井好二郎 (2004) 連載 陸上競技のサイエンス: 夏のマラソンのコンディショニングを探る. 月刊陸上競技, 38(8): 214-216, 2004.
- 石井好二郎 (2005) スポーツサイエンス領域の検査

の現状と将来展望．臨床化学，34(4)：344-349.  
Robertson GL, Mahr EA, Athar S, Sinha T (1973)  
Development and clinical application of  
a new method for the radioimmunoassay of  
arginine vasopressin in human plasma. J Clin  
Invest, 52(9)：2340-2352.