

夏季の市民ロードレースである 青森マラソン大会における熱中症

原 著

Heat stroke during “Aomori marathon,” citizen’s marathon held in summer

秋元博之*

キー・ワード：heat stroke, distance running race, core body temperature
熱中症, ロードレース, 深部体温

〔要旨〕 ハーフマラソンと10kmの部に出場したランナーの中で、虚脱に陥り救護テントに搬送されたランナーを対象として夏季の市民マラソン大会における熱中症について調査した。倒れた地点、ランニング歴、月間平均走行距離などの聞き取り調査を行い、深部体温を測定した。10kmのランナーでは、救急車の要請を必要とした群では有意にランニング歴が短く深部体温が高値であり、ゴール直前で倒れたランナーのほうがゴール直後で倒れたランナーよりも有意に深部体温が高かった。早期に医療機関へ搬送すべきかどうかを検討するためには、虚脱に陥ったランナーの全身状態を早期に把握して深部体温を測定すること、倒れた地点を確認することと日常の練習量とランニング経験を確認することが重要である。

はじめに

暑熱環境下で長時間にわたる運動を行うと、体温が過度に上昇して熱中症を引き起こす危険がある。健康維持や体力増進志向に対する意識の高まりのために各地で市民マラソン大会が開催されているが、運動による全身の骨格筋の活動により大量の熱が産生され深部体温が上昇するため、マラソン中には発生した多くの熱エネルギーを長時間にわたって体外に放散し続ける必要がある。マラソンやロードレースでは一般のスポーツ活動よりも熱中症の発生頻度が高く、準備不足の状態では熱中症を発症する危険性がさらに高まる。高温多湿の環境では熱の放散は効率が悪く深部体温の調節が困難になるので、多くのマラソンやロードレースの大会は夏季を避けて秋から春に開催されている。しかし北海道や東北地方の北部では夏でも比較的過ごしやすい気候であることから、夏季にも開催されている。

本研究の目的は夏季の市民ロードレース大会における熱中症について調査することである。

対象と方法

AOMORI マラソン大会は、7月の第1日曜日に青森市で開催され、ハーフマラソン（以下ハーフ）・10km・3km・2km・車椅子10kmの種目があり、レースのスタート時間は9時以降で、おおよそその終了時刻は12時ころである。スタート地点における場内放送で、水分補給の重要性や十分な休憩を取ることの重要性について繰り返し呼びかけており、水分補給テーブルの位置はその年によって異なっているが、おおよそ1~2kmごとに設置されていた。フィニッシュ付近に設置された救護テントには医師1名、看護師4名、事務連絡員2名が待機して、具合が悪くなり救護テントを訪れたランナーや倒れて搬送されてきたランナーの応急処置を行った。また医師と看護師各1名を乗せた車がコース上を巡回しており、倒れたランナーが重症であると判断した場合や倒れた地点が救護テントから離れているときにはその場で救急

* 国立病院機構弘前病院整形外科

表 1 大会当日の気象状況と熱中症発症者数

開催年	天候	気温	湿度	風向きと風速	運動指針*	発症者数	救急車要請
2004	晴	21.9℃	78%	北北東 0.7m	注意	3	0
2005	晴	20.3℃	65%	北北西 3.2m	ほぼ安全	1	0
2006	曇	20.3℃	79%	北 2.0m	注意	0	0
2007	曇	20.6℃	71%	北北西 2.8m	注意	1	1
2008	曇	26.3℃	73%	北北西 2.0m	警戒	6	5
2009	曇	21.7℃	72%	北北東 2.0m	注意	0	0
2010	曇	23.0℃	83%	北北東 5.0m	注意	8	5
2011	曇	21.2℃	78%	北北西 4.0m	注意	1	1
2012	曇	25.8℃	55%	東北東 6.7m	注意	9	0
2013	晴	26.3℃	76%	北北西 3.3m	警戒	12	3
2014	晴	24.6℃	68%	南東 0.7m	注意	5	1
2015	晴	26.1℃	54%	北 2.6m	注意	4	0

* 運動指針：乾球温度を用いて、湿度70%以上で1ランク厳しい環境条件としたときの熱中症予防運動指針

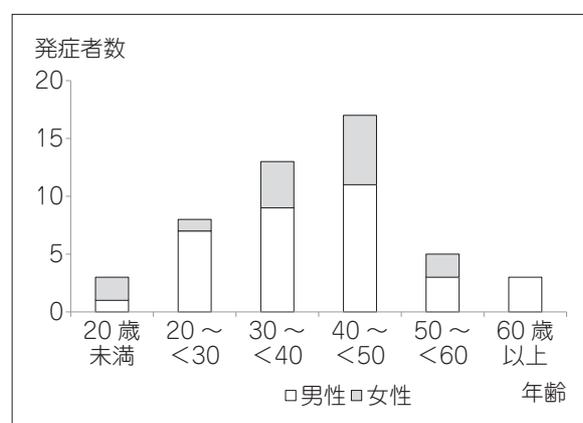


図 1 熱中症発症者の年齢分布と性別

車を要請し、救護テントまでの距離が短い場合には車内に収容して、可能な限り身体を冷却しながら救護テントまで搬送した。大量の発汗を伴い、意識障害、失神、虚脱感、倦怠感、頭痛、めまい、嘔吐、痙攣などの熱中症を疑う症状があるものでは、全身を冷却して飲水が可能なものには水分を摂取させて様子を見たが、意識レベルに問題があったり嘔吐したりしているランナーには水分の投与を控えた。意識レベルの低下、けいれん、水分摂取不能などの症状がおおよそ10分以上続いた場合には救急車の要請を検討した。本研究では、2004年から2015年の間に開催された本大会において、ハーフと10kmの部の出場者のうち虚脱に陥りゴール地点の救護テントに搬送されたランナーのなかで熱中症を疑ったものを対象として、最近4年間は深部体温を測定した。深部体温の測定は、赤外線式鼓膜体温計を用いて鼓膜温を測定

した。鼓膜温は環境の影響を受けやすいため、直射日光の影響を受けないように配慮して測定した。また対照群として、10kmを無事完走した30名のランナーの深部体温を測定した。さらに年齢、性別、身長、体重、出場種目、倒れた地点、ランニング歴、月間平均走行距離などの聞き取り調査を行った。調査については、本研究についての十分な説明を行い同意を得た。しかし治療や処置を優先して行い、全身状態が悪い場合は状態が改善してから行うか、練習状況を知っている家族や同僚から聞き取りを行った。同伴者がいない場合や、すぐに救急車を要請して病院に搬送した場合は、大会本部の職員が後日電話で聞き取り調査を行った。なお、本研究は国立病院機構弘前病院研究倫理委員会の承認を得たものである。最も多くのランナーがフィニッシュするのは11時ころであり、スポーツにおける熱中症の発生数は11時ころから急激に増加するといわれているため¹⁾、午前11時の気温・湿度・風速と風向きをフィニッシュ地点で計測した。環境温度の指標には湿球黒球温度(WBGT)が最も適しているが、本研究の初期の段階では測定機器が導入されていなかったため、今回はWBGTについての検討は行わなかった。統計学的検討には、t検定と χ^2 検定を用いて危険率を5%未満とした。

結果

表1に最近12年間の大会当日の午前11時のフィニッシュ地点での気象状況と熱中症発症者数を示す。この間の熱中症発症者は49名(男性34

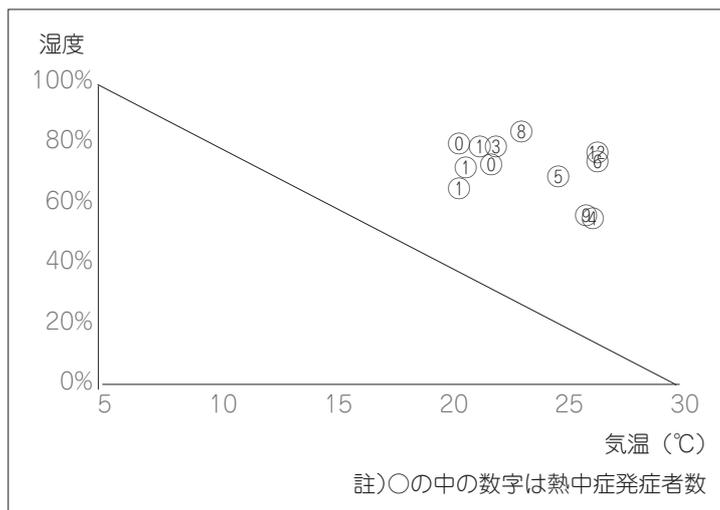


図2 大会当日の気象状況と熱中症発症者数

表2 月間走行距離、ランニング歴と救急車要請の有無

	種目	救急車要請あり	救急車要請なし	
月間平均走行距離 (km)	10 キロ	54.7 ± 30.2 (n=11)	100.8 ± 95.9 (n=16)	N.S
	ハーフ	83.1 ± 82.6 (n=5)	161.7 ± 208.9 (n=17)	N.S
ランニング歴 (ys.)	10 キロ	2.2 ± 1.8 (n=11)	10.7 ± 10.0 (n=16)	p<0.05
	ハーフ	2.7 ± 2.2 (n=5)	6.4 ± 8.7 (n=17)	N.S

名, 女性 15 名) であり (図 1), そのうち救急車を要請したものは 16 名 (男 11 名, 女性 5 名) であった. 全参加者の年齢分布, 性別と比較した場合, 熱中症発症者の年齢と性別について統計学的に差を認めなかった. マラソン大会においては湿度 100% と気温 30°C を結ぶ線よりも高温多湿の環境では熱中症が発生しやすいといわれているが²⁾, 過去 12 年間の全ての大会で熱中症を発症しやすい環境であり (図 2), 特に気温 25°C 以上, 湿度 70% 以上の高温多湿の環境では発症者が多かった. また, 1999 年に日本体育協会から出された「熱中症予防のための運動指針」³⁾ では, WBGT のほかに乾球温度によっても運動指針を示しており, 24~28°C を注意, 24°C 未満をほぼ安全としている. しかし湿度が高い場合には 1 ランク厳しい環境条件の運動指針を適用すると記載されており, この場合, 12 回中 9 回が注意レベル, 2 回が警戒レベルであった (表 1).

月間平均走行距離, ランニング歴を救急車要請の有無で検討したところ, ハーフのランナーでは

それぞれの項目において有意差を認めなかったが, 10km のランナーにおいては救護テントでの治療を行っても状態が回復せず救急車を要請した群のほうが, 有意にランニング歴が短かった (表 2).

次に, 倒れた地点別の発症者数と救急車要請の有無を検討した. ハーフ, 10km とともにゴール直後に倒れたランナーが最も多かった (表 3). フィニッシュ直前で倒れたランナーはほとんどが救急車の要請を必要としていたが, フィニッシュ直後に倒れた場合は, 救護テントでの治療により状態が改善したため医療機関を受診せずに帰宅したランナーが多く, 10km の参加者では有意差が認められた.

また深部体温の測定を行ったランナーは 30 名であり, 10km が 17 名, ハーフが 13 名であった. ハーフでは救急車の要請を必要としたランナーがいなかったため, 以下の検討は 10km のランナーで行った. 救急要請を必要としたランナーの深部体温は全例で 40°C 以上 (40.5 ± 0.5°C) であり, 救

表 3 倒れた地点と救急車要請の有無

倒れた地点	種目	救急車要請あり	救急車要請なし	合計
ゴール直後	10 キロ	2	11	13
	ハーフ	2	12	
ゴール直前	10 キロ	7	0	7
	ハーフ	1	1	
その他のコース上	10 キロ	2	5	7
	ハーフ	2	4	
合計		16	33	

* : p<0.05

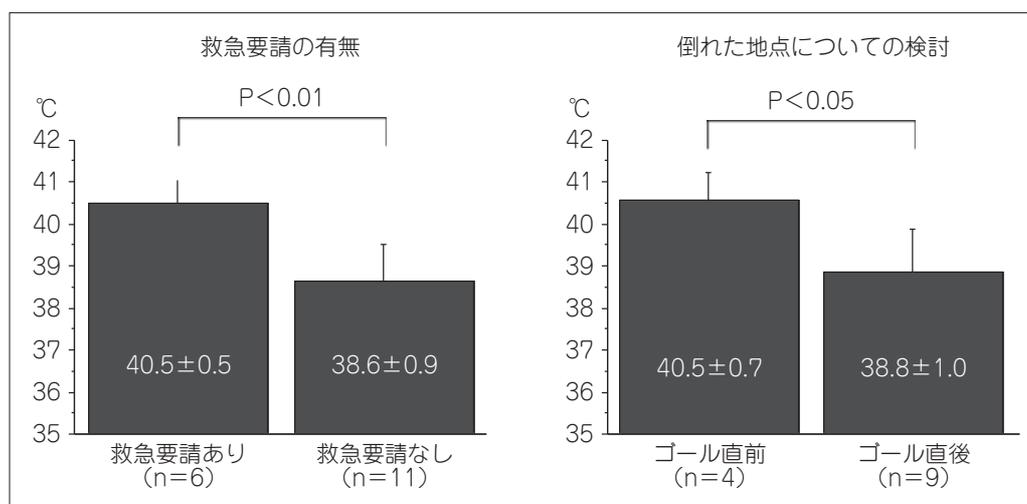


図 3 深部体温についての検討

急車を要請しなかったランナーの深部体温 (38.6 ± 0.9°C) に比べて有意に高かった。また、フィニッシュ直前で倒れたランナーは全例で救急車の要請が必要であったが、フィニッシュ直前で倒れたランナーの深部体温は 40.5 ± 0.7°C であり、フィニッシュ直後に倒れたランナーの深部体温 (38.8 ± 1.0°C) よりも有意に高値であった (図 3)。それに対して 10km を無事完走した 30 名のランナーの深部体温は、37.3 ± 0.7°C であり、虚脱に陥り救護テントに搬送されたランナーの深部体温よりも有意に低かった (p<0.001)。

考 察

熱の放散は伝導、対流、輻射、蒸散により行われる⁴⁾。伝導、対流、輻射は皮膚温と環境温の差が関与するので、外気温の影響を強く受ける。発汗による蒸散は湿度による影響が大きく、湿度 70% 以上では熱の放散がかなり妨げられる。したがって熱中症が発生しやすい条件は、高温多湿、無風

の環境、輻射熱の増加であり、急に気温が上がった場合は特に危険性が増加する⁵⁾。マラソンの至適環境は、気温 10~15°C、湿度はやや高めめの 60~70% であるといわれている^{5,6)}。Roberts は気温 21°C、湿度 50% 以上で暑熱障害の発生が増加すると報告しているが⁷⁾、過去 12 回中 9 回の大会でこの条件を上回っていた。立石ら²⁾は湿度 100% と気温 30°C を結ぶ線よりも高温多湿の環境では熱中症が発症しやすいと報告しているが、12 回の大会すべてにおいてこの条件を上回っていた。熱中症予防運動指針による判断基準³⁾では、12 回中 9 回が注意レベル、2 回が警戒レベルであった。地球温暖化により熱中症の発生数が年々増加しているので^{8,9)}、初夏の北東北地方とはいえロードレースの大会を開催する際には熱中症の発生に十分注意する必要がある。2010 年以降は毎回熱中症患者が発生していることを問題視して、大会本部は熱中症発症者を減少させるための処置を講ずる必要がある。環境条件の評価には WBGT が望ましいため

早い時期から WBGT を導入すべきであったし、7月の第1週は身体がまだ暑熱馴化されていない時期なので、開催時期を見直す必要があるかもしれない。

激しい運動では安静時の10~15倍の熱が発生し、20~30分の激しい運動は体温を4℃上昇させる熱を発生させるといわれている¹⁰⁾。熱中症の原因となる深部体温の上昇は相対的な運動強度に比例する¹¹⁾ため、高負荷運動では走行距離が短くても熱中症が発生する可能性がある。つまり練習不足のランナーでは短い距離のレースでも激しい運動になりうるし、特に水分摂取が不十分であると熱中症の危険性がより高まるといわれている¹²⁾。またフィニッシュタイムの遅いランナーほど環境の影響を受けやすいことが報告されている¹³⁾。救急車要請の有無についての検討では、ハーフでは日々の練習量、ランニング歴ともに差を認めなかったが、10kmでは救急車を要請したランナーは救急車の要請を必要としなかったランナーに比べて有意にランニング歴が短かった。したがってランニング経験の浅いランナーが虚脱をおこして搬送されてきた場合、救急車を要請するかどうかの判断を早期に下す必要がある。

フィニッシュ直後に倒れたランナーと直前に倒れたランナーを比較したところ、フィニッシュ直前で倒れたランナーのほうがフィニッシュ直後で倒れたランナーよりも有意に深部体温が高かった。これらのランナーの深部体温は10kmを無事完走できたランナーの深部体温よりも有意に高かったため、長時間の運動後にみられる生理的うつ熱だけでは説明できない。フィニッシュ直後に起こる運動虚脱の原因は、一過性の脳の温度の上昇、もしくは一過性の循環不全による脳虚血と考えられている。走行中は顔面に風を受けているため対流により頭部と顔面の汗の蒸発が起これ、それによる冷却効果のために脳の温度が選択的に低く抑えられている。フィニッシュ後に立ちどまると強制対流がなくなるので、選択的な脳冷却の程度が減弱したために脳の温度が上昇して一時的に失神する可能性があるといわれている^{14,15)}。それに対してNoakesは、この状態の運動虚脱は循環不全による脳虚血であると報告している¹⁶⁾。走行中は放熱のための皮膚血流増加により末梢血管が拡張するが、筋ポンプ作用が働くために循環血液量が維持されている。しかしフィニッシュ後に運動

が停止して筋ポンプ作用がなくなると末梢血管が拡張するために循環不全が発生し、これにより脳虚血が発生して失神に至る。この場合、根底には脱水が存在するが本体は起立性低血圧であるから、水分補給をしっかり行い頭を低くして寝かせることにより状態が改善する¹⁷⁾。5年ほど前からフィニッシュしたランナーに対して、その場で立ち止まらずに少し離れた給水所と完走証受け渡し地点まで歩き続けるように指導しているが、これにより熱中症の発生数が減少したかどうかは今後の検討課題である。それに対してフィニッシュ直前で倒れたランナーは、救護テントで治療をしても状態が回復せずに、救急車を要請して医療機関に搬送するが多かった。これらのランナーでは深部体温が上昇しており、暑熱ストレスにより体内に多くの熱が蓄積して重度の熱中症を発症している場合が多くフィニッシュできずに倒れたものと考えられる。このような状態では生命の危機にさらされることもあるため、早期に医療機関へ搬送する必要がある。

夏季のロードレースの大会では重篤な熱中症を発症する危険性が高いため、倒れたランナーの全身状態を早期に見極める必要がある。熱中症を発症した場合は、速やかに適切な処置を施せば後遺症を残さずに治癒させることができるが、処置が遅れば生命の危険にさらされることもある。このため現場の担当者の知識と判断力がスポーツ選手の生死を分けることがあるといっても過言ではない。虚脱に陥ったランナーが搬送された場合、速やかに深部体温を測定すること、どの地点で倒れたかを確認することは、救護テントで治療して経過を観察するべきか早期に医療機関へ搬送するべきかを検討するための重要な判断材料である。そして日常の練習量が少ないランナーでは短い距離でも激しい運動になり得るし、ランニング経験が短いランナーはランニングペースの配分方法についての技量不足や水分摂取の重要性について認識不足の可能性がある。このため日常の練習量とランニング経験を聴取することも、救急搬送を検討するための判断材料としても良いと思われる。

■ まとめ

夏季の市民ロードレース大会における熱中症の発生状況を調査した。熱中症の予防対策を徹底する必要がある、大会関係者と参加者に対する啓蒙

が必要である。熱中症発症者に対しては全身状態を早期に的確に判断して、重症例では早期に医療機関に搬送する必要がある。特にフィニッシュ直前で倒れたランナーでは、深部体温が上昇して重篤な熱中症を発症している可能性が高いため十分な注意が必要である。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし

文 献

- 1) 湯澤 斎, 三宅康史, 有賀 徹. スポーツと熱中症. 日本臨牀. 2012; 70: 986-989.
- 2) 立石順久, 貞広智仁, 安部隆三. 夏季マラソン大会における熱中症症例の検討. 日救急医学会誌. 2002; 23: 60-61.
- 3) 川原 貴ほか. 熱中症予防のための運動指針. In: 川原 貴(編). スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック. 東京: 日本体育協会; 16-22, 1999.
- 4) 杉田 学. 熱中症, 熱疲労, 熱痙攣. 救急医学. 1997; 21: 1053-1057.
- 5) 菅沼明人. 小笠掛川マラソンの救護について—市民マラソンの熱中症対策—. 臨床スポーツ医学. 2000; 17: 610-616.
- 6) 菅原 誠, 前田克史, 佐久間一郎ほか. 夏のマラソン大会の救護体制—北海道マラソンの実態—. 臨床スポーツ医学. 2009; 6: 263-271.
- 7) Roberts, W.O. Heat and cold: what does the environment do to marathon injury? Sports Med. 2007; 37: 400-403.
- 8) 中井誠一. 熱中症の疫学. 日本臨牀. 2012; 70: 934-939.
- 9) 登内道彦. 日本の夏の気温と熱中症. 日本臨牀. 2012; 70: 981-985.
- 10) 川原 貴. 熱中症. In: 日本臨床スポーツ医学会学術委員会(編). ランニング障害. 東京: 文光堂; 184-188, 2003.
- 11) Noakes, T.D, Myburgh, K.H, Du Plessis, J et al.. Metabolic rate, not percent dehydration, predict rectal temperature in marathon runners. Med. Sci. Sports Exerc. 1991; 23: 443-449.
- 12) Carter, R, Chevront, S.N, Williams, J.O et al.. Epidemiology of hospitalization and deaths from heat illness in soldiers. Med Sci Sports Exerc. 2005; 37: 1338-1344.
- 13) Ely, M.R, Chevront, S.N, Roberts, W.O et al.. Impact of weather on marathon-running performance. Med. Sci. Sports Exerc. 2007; 39: 487-493.
- 14) Cabanac, M, Caputa, M. Natural selective cooling of the human brain: evidence of its occurrence and magnitude. J. Physiol. 1979; 286: 255-264.
- 15) 永坂鉄夫. 暑熱と運動. 体力科学. 1992; 41: 17-19.
- 16) Noakes, T.D. Reduced peripheral resistance and other factors in marathon collapse. Sports Med. 2007; 37: 382-385.
- 17) 伊藤静夫, 川原 貴. 市民マラソン大会での暑さ, 寒さへの対応—気象状況への対応—. 臨床スポーツ医学. 2009; 26: 315-321.

(受付: 2015年12月17日, 受理: 2017年11月17日)

Heat stroke during “Aomori marathon,” citizen’s marathon held in summer

Akimoto, H.*

* Department of Orthopedic Surgery, National Hospital Organization Hirosaki Hospital

Key words: heat stroke, distance running race, core body temperature

[Abstract] The purpose of this study is to investigate the occurrence of heat stroke in a citizen marathon held in summer. The subjects were runners who collapsed and were transported to the first-aid station while participating either in the half marathon or the 10 km race. We interviewed them about the location where they collapsed, their running history and their monthly mean mileage. We also measured their core body temperature. The participants in the 10 km race who required transport by an ambulance had a significantly shorter running history and higher core body temperature. The core body temperature was also significantly higher in the runners who collapsed just before the finish line than in runners who collapsed just after the finish line. To consider the emergency transportation to a medical facility, it is important to know the general condition of collapsed runners, to measure their core body temperature, and to confirm the location where they collapsed, their running history, and the amount of daily exercise.