

장시간 고온 환경 노출시 수분의 섭취가 프로골프선수들의 신체피로도 및 심박수에 미치는 효과

김성곤* · 조인호* · 박수연* · 이종삼**§

한국체육대학교,* 을지의과대학교 노화방지연구소**

The Effect of Sport Drink Ingestion on the Physical Fatigue Level and Heart Rate during Prolonged Exposure in Hot Ambient Temperature in Professional Golfers

Kim, Seung-Kon* · Cho, In-Ho* · Park, Soo-Yeon* · Lee, Jong-Sam**§

Human Physiology,* Korea National Sport University, Seoul 138-763, Korea

Anti-aging Research Center,** Eulji University, Daejeon 301-832, Korea

ABSTRACT

We investigated the effects of prolonged exposure in hot environmental condition and ingestion of fluid on various physiological variables including plasma glucose, lactate, the rating of perceived exertion (RPE), and heart rate as well as golf putting performance. Six male professional golfers were voluntarily participated in three different putting trials which were separated by seven days of time interval period. Three different putting trials were conducted at either 20 °C or 32 °C, or 32 °C + Fluid ingestion. Performing 32 °C + Fluid ingestion trial, all subject ingested sport drink as much as their body mass was decreased. For each experiment, all subjects were undertaken total 48 putting, which separated by four × 12 putting in four different time points (i.e., Rest, 1 hr, 2 hr, and 3 hr). Plasma glucose concentration was significantly decreased with hot ambient condition but it was almost fully recovered by fluid ingestion. Plasma lactate concentration was significantly higher when subjects were exposed in hot environmental condition, and it did not change with fluid ingestion. There was a no different in putting performance and psychological fatigue level (performed by GRID test) at any environmental conditions. The RPE, commonly used for evaluating of physical fatigue level, was significantly dropped by fluid ingestion which indicates lower physical fatigue level. In addition to this, heart rate (HR) was also significantly decreased after fluid ingestion. Based on these results, it was concluded that the ingestion of fluid during prolonged exposure in hot ambient condition decrease the degree of physical fatigue levels and heart rate, which will possibly improve the golf performance when exposed in extreme weather condition in summer. (*Korean J Nutrition* 38(2) : 117~124, 2005)

KEY WORDS : putting performance, the RPE scale, heart rate, fluid ingestion.

서론

열적 스트레스 상황에서 장시간의 운동 중 수분 보충의 중요성이 제시된 이후,¹⁻³⁾ 1953년 국제 아마추어 육상 연맹 (International Amateur Athletic Federation; IAAF)에서는 마라톤 레이스 중 최초 15 km (혹은 10 miles) 지점과 이후 매 5 km (혹은 매 3 miles) 지점 마다 수분 공급대를 설치하도록 의무화시켰다. 잘 설계된 후속 연구에서 마라톤

레이스 중 가장 심하게 탈수를 경험한 선수의 레이스 종료 직후의 직장 온도 (rectal temperature)가 가장 높았다고 보고한 바 있다.⁴⁾ 이러한 연구 보고가 있는 후 여러 연구들을 통해 운동 중 탈수와 직장 온도의 상승 사이에 밀접한 상호 관계가 있음이 밝혀졌으며, 이와 함께 운동 중 'heat exhaustion'을 예방하기 위해 경기 중 충분한 양의 수분 섭취가 있어야 한다고 권장되었다.⁵⁾ Noakes 등⁶⁾은 운동 중 탈수가 직장 온도 상승의 중요한 요인인 것을 인정하였지만 실질적인 탈수의 양을 결정하는데 더 중요하게 작용하는 요인은 대사율 (metabolic rate)이라 하여 운동 중 대사율의 증가를 통해 발한율 (sweat rate)의 증가를 평가해야 한다고 주장하였다. 많은 연구들에서 다량 (2~4리터)의 수분 손

접수일 : 2005년 1월 11일

채택일 : 2005년 3월 7일

§To whom correspondence should be addressed.

실이 일어나더라도 직장 온도는 1°C이하의 증가를 보이는데 반해, 강도 높은 운동 시의 대사량 증가는 직장 온도를 3~4°C까지 상승시킬 수 있다고 보고하고 있다.⁷⁻⁹⁾

더운 환경에서 운동 시 증가하는 인체 내 열적 스트레스는 심혈관계의 적응 (cardiovascular adaptation)과 증발 (evaporation)로 대변되는 대사적 냉각 조절 활동에 의해 조절된다. 하지만, 높은 대기 온도 환경에서 장시간 운동을 지속하면 수분 손실량의 증가와 혈장량의 감소를 동반하는 탈수 (dehydration) 상태를 보이게 되며 탈수가 심해지면 혈액 순환에 지장을 가져와 결국 체온 상승을 억제하는 체내 조절능력이 상실되는 치명적인 상태에까지 이르게 될 수 있다.³⁾ 인체는 고온 환경에서 운동 시 매우 중요한 두 가지의 심혈관 작용의 상승을 요구한다. 첫째, 상승된 에너지 대사를 유지시키기 위해 근육으로의 산소 전달을 증가시켜야 하며 둘째, 운동 시 생성되는 대사적 열을 냉각시키기 위해 말초기관의 혈액 순환을 증가시켜야 한다. 최대하 운동 (sub-maximal exercise) 중 환경 온도와는 무관하게 심박출량 (cardiac output)의 증가는 비슷하게 일어나지만,^{10,11)} 1회 박출량 (stroke volume)은 저온 환경에서의 운동 시와 비교해 고온 환경에서의 운동 시 유의하게 낮게 나타난다.⁹⁾ 실제로, 1회 박출량 증가폭의 감소는 운동으로 인해 발생하는 수분의 부족과 비례하여 나타나며 그 결과로 최대하 운동 시 더 높은 심박수 (heart rate)을 나타나게 한다.⁹⁾ 심박수의 증가가 1회 박출량의 증가량 감소를 보상하기에 불충분하므로 고온에서 운동 중 최대 심박출량과 유산소적 역량은 감소하게 된다.¹²⁾

탈수와 관련해, 1시간가량 지속되는 운동 중 혈장량의 변화는 수분 섭취 유무에 거의 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있는데, 이는 1시간 이내에 종료되는 운동 중 인체가 경험하는 혈장량 감소 현상을 완화시키기 위해 내장 (intestine)의 수분 흡수량이 증가하기 때문이다.^{7,9,13-15)} 운동 시작 후 최초 5~10분 동안은 혈압 (blood pressure)의 상승에 의한 혈장 (plasma)으로부터 세포간질 (interstitium)로의 수분 유입이 증가되므로, VO_{2max} 의 55~70%에서 운동 시 약 8~12%^{7,9,13)} 그리고 VO_{2max} 의 85~90% 운동 시 약 15~18%^{14,15)}의 혈장량 감소를 나타낸다. 이후 1시간까지 유지되는 운동 시 혈장량은 상대적으로 일정한 수준을 유지하게 된다.

만일 장시간의 운동 중 수분의 보충이 없다면 혈청 (serum) Na^+ 농도 및 삼투압 (osmolality)이 증가하게 되며 이로 인해 항이뇨호르몬 (antidiuretic hormone)의 활성을 증가시키게 된다.¹⁶⁾ 혈청 Na^+ 농도와 삼투압의 상승은 식도 (oesophageal) 온도의 증가와 정적 상관 관계를 나타내며 이것이 피부로의 혈류량과 발한의 감소에 자극을 받아 탈

수 현상이 일어나게 하는 원인으로 작용한다.⁹⁾

열적 스트레스 환경에서 장시간 운동 중 수분 섭취는 직장 및 구강 온도의 상승을 완화시키며 지각 및 인지능력의 감소를 예방해 피로 발생의 시점을 늦추는 것으로 알려져 있으며⁵⁾ 특히, 열적 스트레스 상황에서의 운동 자각도 (rating of perceived exertion; RPE)의 변화 정도는 어떠한 다른 생리적 변인들의 변화보다도 지구성 운동 능력과의 더 높은 상관성을 보이는 것으로 알려져 있다.⁹⁾ 32°C의 대기 온도 상황에서 1시간동안 사이클링 시 (@70% VO_{2peak}) 수분 보충과 함께 자각도에 있어 유의한 향상을 보였으며 비록 미미한 탈수 정도 (1.1~1.3리터)를 보였지만, 이후 90%의 VO_{2max} 에서 지칠 때까지 운동 시 수행시간에 있어 유의한 증가를 나타냈다는 연구 결과가 보고된 바 있다.¹⁴⁾

이와 같이, 고온 환경에서의 운동 시 수분 보충의 생리적 효과 및 운동 수행력에 미치는 효과를 연구한 것은 지속적으로 발표되어 왔으나 운동의 특성상 고온 환경에 장시간 노출된 상태로 운동을 해야 하는 골프에 있어 수분의 섭취가 퍼팅 수행력 및 그와 관련된 다양한 생리적 변인에 미치는 효과를 연구한 것은 보고된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 현역 프로골퍼를 대상으로 두 가지의 다른 환경온도에 노출시 수분의 보충이 실제 퍼팅 수행력 및 다양한 생리적 변인에 미치는 효과를 연구하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상

본 연구에서는 현재 대한골프협회 (Korean Professional Golf Association; KPGA)에 등록되어 있는 프로 골퍼 선수 6명을 피험자로 선정하였으며 피험자의 신체적 특징 및 운동 경력은 Table 1에 나타내었다. 본 연구를 위해 약물 복용 경험이 있거나 현재 복용을 하고 있는 경우 혹은 수행력에 영향을 미칠 수 있는 정도의 부상 및 상해를 입은 경우는 피험자로부터 제외시켰다. 모든 피험자들에게 실험 참여 일주일 전 실험 목적 및 실험 절차 등에 대해 충분한 사전 설명을 실시하였으며 실험 시작 3일전부터는 격렬한 운동에 참여하거나 음주하는 것을 금지시켰으며 실험 24시간 전부터는 카페인 섭취를 제한시켰다. 본 연구에서 피험자들의 흡연 습관에 대해서는 심리적인 변인의 통제를 위해 제한하지 않았으며 실험에 따른 식이 통제 및 조절은 별도

Table 1. Physical characteristics and golf career of the subjects

Age (yr)	Height (cm)	Body mass (kg)	Career (yr)
22.4 (2)	176.8 (6)	71.0 (4)	9.8 (2)

Each value represents the mean (S.E.M)

로 실시하지 않았다. 실험 시작 전 최소 10시간 동안은 물을 제외한 어떠한 음식의 섭취도 금지시켜 공복 상태에서 실험에 참가하도록 하였다.

2. 실험절차

모든 피험자는 일주일 간격으로 총 세 번의 실험 (20°C, 32°C 그리고 32°C + 음료섭취)에 참가하였다. 모든 피험자들은 실험 당일 오전 5시에 서울시에 위치한 H 대학교 실내 골프장내 실험을 위해 설치한 실험실 (가로 5 m × 세로 5 m의 실내 공간)에 도착한 후 가슴에 무선 심박수 측정기 (polar heart rate monitor, Polar, Finland)를 착용하고 약 30분 가량 자유 스윙을 통해 충분히 warm-up이 이루어지도록 하였다. 실험실내 온도는 피험자가 도착 시 설정 온도에 이를 수 있도록 하였으며 실험 중 실험실내 온도를 설정온도와 유사하도록 (실험온도 ± 2°C) 2대의 대형 gas heater를 이용해 실험자가 heating 혹은 non-heating 방식으로 조절하였다.

본 연구에서 설정한 두 환경 온도 조건은 우리나라의 전형적인 봄-가을과 여름철 대기 온도 조건을 가정한 것이며 고온 상태에서의 상대 습도를 한 여름철의 조건 (60 ± 2%)과 유사하게 맞추기 위해 수분을 뿌려주었다. 고온 상태와 다르게 저온 상태에서의 실험실내 상대 습도는 50 ± 1%를 보여 봄-가을철의 대기 내 상대 습도와 유사하였으므로 별도의 방법을 사용하지 않았다. 실험 중 실험실내 온도와 습도 상태는 매 15분마다 온도계와 습도계를 이용해 확인하였으며 필요한 경우 보정이 되도록 하였다.

30분간의 warm-up을 위한 자유 퍼팅이 끝난 후 모든 피험자에게 직장 온도계 (Digi-sense[®] Thermolog[®] Thermistor Thermometer 600-1075, Barnant company, U.S.A)를 약 10~12 cm 깊이로 삽입하였으며 실험 중 탈착을 예방하기 위해 접착용 밴드로 고정시켰다. 이후 피험자들은 편안한 상태로 의자에 앉아 약 30분의 휴식을 취하였으며 심박수가 안정 시 수준 (분당 70회 이하)에 도달한 것을 확인한 후 Borg의 the Rating of Perceived Exertion (RPE) scale¹⁷⁾을 이용한 신체 피로도의 측정과 정신적 집중도 테스트를 위한 격자판 숫자 찾기 테스트¹⁸⁾를 실시하였다.

이후 전완정맥으로부터 안정 시 채혈을 실시해 곧바로 EDTA 처리된 진공흡혈관에 채집하였다. 안정 시 채혈 후 5분간의 휴식을 취한 후 12회의 퍼팅을 실시하였으며 이후 총 3시간의 실험시간동안 매 1시간마다 위에 언급된 변인들에 대한 변화를 관찰하였으며 동일한 횟수 (12회)의 퍼팅을 수행하도록 하였다. 퍼팅을 수행하지 않는 시간 중에

는 모든 피험자에게 만보기를 착용시켜 약 300보 가량을 걷게 하였으며 이후 피험자의 의지대로 안정을 취하도록 하였다. 퍼팅의 수행은 매 시간마다 총 12회씩 총 48회 (실험 시작 전, 실험 시작 후 1시간, 2시간, 3시간)를 실시하였다. 반복 수행에 의해 획득되는 효과를 최소화하기 위해 매 시간대 퍼팅 수행이 사각의 네 모퉁이에서 각 3회의 퍼팅이 수행되도록 하였으며 본 연구에서 사용한 퍼팅 지점으로부터 홀까지의 거리는 1.5 m였다. 이와 같은 퍼팅 거리는 프로 골퍼들이 심리적으로 가장 스트레스를 많이 받는 퍼팅거리란 것으로부터 착안한 것으로¹⁹⁾ 선행연구를 통해²⁰⁾ 본 연구자들에 의해서도 사용된 바 있다.

시간대별 퍼팅 수행력의 평가를 위해 성공률과 실패율을 계산했으며 퍼팅 수행력과 생리적, 심리적 변인간의 관련성을 구명하기 위해 혈액 성분 및 그 외 필요한 요인에 대한 분석 및 측정을 수행하였다.

3. 이온 음료의 보충

본 연구에서는 고온 환경에 노출로 인해 발생하는 발한으로 인한 수분의 손실을 보충하기 위해 32°C + Fluid 실험 시 실험시작 전 450 mL의 Gatorade (6% 글루코스)를 섭취시켰으며 매 시간마다 체중의 변화를 살펴 안정시 체중과의 변화된 차이만큼의 음료가 보충되도록 하였다. 체중의 측정은 짧고 폭이 넓은 하의만을 착용한 상태에서 마른 수건을 이용해 몸에 있는 수분을 제거한 상태에서 이루어졌으며 두 번의 측정에 대한 평균값을 취해 이루어졌다.

4. 측정 항목 및 분석 방법

1) 심박수, 직장 온도 및 퍼팅 수행력

실험절차에서 설명한 바와 같이, 실험 시작 전 및 실험 시작 후 각 시간대별 심박수, 직장 온도의 변화 및 실제 퍼팅 수행력을 측정하였다.

2) 신체적, 심리적 피로도의 측정

위 실험절차에서도 언급된 바와 같이 매 시간대 퍼팅을 수행하기 5분전, 신체적 피로도를 알아보기 위해 Borg의 RPE scale을 이용하였으며, 정신적 (또는 집중력) 피로 정도를 측정하기 위해 격자판 숫자 찾기를 이용하였다. Borg의 RPE scale의 변화를 나타내기 위해 안정 시 상태의 수치를 0으로 잡아 매 시간마다의 증가를 기록하여 통계에 이용하였다. 격자판은 정사각형 모양으로 가로와 세로 (10 × 10)로 총 100개의 칸에 숫자 0부터 99까지를 무작위로 임의 배정하여 실험자에 의해 선택된 특정 숫자로부터 이어지는 숫자들을 1분 동안 찾아내는 방식으로 이루어졌다.

3) 혈중 성분의 측정

채집된 혈액은 즉시 15분간 4℃에서 원심분리 (3000 rpm) 를 통해 혈장을 분리했으며, 이를 이용해 젖산 및 글루코스의 농도를 분석하였다. 혈중 젖산의 측정은 YSI 젖산분석기 (YSI 1500, U.S.A.)를 통해 이루어졌으며 글루코스의 분석은 건식용 생화학 혈액분석기 (EKTACHEM DT60)를 통해 이루어졌다.

5. 자료처리

본 실험을 통해 얻어진 모든 결과들은 Window용 SPSS 통계 프로그램 (VER. 11.5)을 이용해 평균과 표준오차가 산출되었다. 환경 온도에 따른 이온섭취의 유무와 시간의 경과가 퍼팅 수행력 및 그 외 중속변인들의 변화에 미치는 효과를 검증하기 위해 3 (환경조건) × 4 (시간의 변화) factorial analysis (TWOWAY ANOVA)가 사용되었다. 두 요인의 상호작용 효과를 살펴 유의한 상호작용 효과를 보

지 않을 시 각각의 독립변인에 대한 주 효과 검정을 실시하였으며 주 효과 검정을 통해 유의한 차를 보일 시 Tukey의 사후 검정을 실시하였다. 통계적 유의도에 대한 가설 수락 수준은 $\alpha < .05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 퍼팅 수행력과 집중력의 변화

환경온도 및 수분 보충, 그리고 시간대별 사이의 퍼팅 수행력에는 상호작용을 보이지 않았으며 각각의 변인에 대한 주효과 검정 결과도 유의한 차를 보이지 않았다 ($p > .05$). 운동 시작 후 1 hr에서 20℃의 조건에서 다른 환경 조건과 비교해 유의하게 높은 퍼팅 수행력을 보였으나 그 외의 시간대에서는 각각의 환경 조건 간 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 2). 격자판을 이용한 집중력 테스트에서도 환경조건의 변화와 시간의 변화사이의 유의한 상호작용 및 각각

Table 2. Effects of prolonged exposure in hot environmental condition and ingestion of fluid on golf putting performance and GRID test

		Experimental conditions			Temp.	Time	Temp × time
		20℃	32℃	32℃ + Fluid			
		<i>Putting performance</i>			.568	.354	.191
Time	<i>Rest</i>	5.6 (0.9)	6.6 (1.3)	6.7 (1.2)			
	<i>1 hr</i>	6.8 (0.7) ¹⁾	3.5 (0.3)	4.0 (1.2)			
	<i>2 hr</i>	5.4 (0.7)	5.0 (0.9)	3.7 (0.9)			
	<i>3 hr</i>	5.4 (1.0)	5.8 (0.6)	5.3 (0.7)			
		<i>GRID test</i>			.709	.783	.377
Time	<i>Rest</i>	7.2 (1.2)	9.4 (1.2)	9.0 (0.9)			
	<i>1 hr</i>	8.6 (1.3)	10.6 (0.8)	8.8 (1.2)			
	<i>2 hr</i>	9.0 (1.0)	8.6 (1.5)	11.3 (1.7)			
	<i>3 hr</i>	9.4 (1.1)	8.0 (0.4)	9.0 (2.1)			

¹⁾ Significant different from both 32℃ and 32℃ + Fluid at the same time point ($p < .05$). Each value represents the mean (S.E.M)

Table 3. Effects of prolonged exposure in hot environmental condition and ingestion of fluid on plasma glucose and lactate concentration

		Experimental conditions			Temp.	Time	Temp × time
		20℃	32℃	32℃ + Fluid			
		<i>Glucose (mg · dL⁻¹)</i>			.068	.543	.103
Time	<i>Rest</i>	101.6 (4.1)	69.5 (3.2) ¹⁾	69.5 (3.2) ¹⁾			
	<i>1hr</i>	91.2 (4.0)	69.8 (6.4) ¹⁾	81.0 (3.3)			
	<i>2hr</i>	89.5 (9.2)	78.8 (3.3)	66.0 (7.4)			
	<i>3hr</i>	89.2 (11.0)	84.2 (7.4)	92.8 (8.5) ²⁾			
		<i>Lactate (mmol · L⁻¹)</i>			.000	.008	.853
Time	<i>Rest</i>	2.0 (0.1)	4.7 (0.2) ¹⁾	4.8 (0.2) ¹⁾			
	<i>1hr</i>	2.0 (0.2)	4.8 (0.3) ¹⁾	4.5 (0.3) ¹⁾			
	<i>2hr</i>	1.6 (0.2)	4.4 (0.5) ¹⁾	4.5 (0.2) ¹⁾			
	<i>3hr</i>	1.6 (0.2)	3.8 (0.3) ¹⁾	4.1 (0.1) ¹⁾			

¹⁾ Significant different from 20℃ at the same time point ($p < .05$). ²⁾ Significant different from 2 hr when the experimental conditions were same ($p < .05$). Each value represents the mean (S.E.M)

의 요인에 대한 주효과가 나타나지 않았다 ($p > .05$, Table 2).

2. 혈중 젖산 및 글루코스의 변화

고온 환경에 노출 후 안정 시 혈중 글루코스 농도가 유의하게 감소함을 보였다 ($p < .05$). 글루코스 농도의 감소 상태는 1 hr에서 계속 유지되었으나 수분의 보충 후 정상수치 범위로 회복됨을 보였다. 2 hr 및 3 hr에서는 환경조건에 따른 혈중 글루코스 농도의 유의한 차는 보이지 않았다. 혈중 젖산 농도는 두 요인 간 유의한 상호작용의 효과는 보이지 않았으나 개별 요인에 대한 주효과 검증의 결과 각각의 요인에 대해 매우 높은 유의도를 보였다 ($p < .05$). 20°C 조건과 비교해 32°C 및 이에 따른 이온 음료의 섭취 시 유의하게 높게 나타남을 보였으나 고온에 노출시 이온 음료의 보충이 이러한 젖산 농도의 증가를 막지는 못했다 (Table 3).

3. 운동 자각도 (신체적 피로도)의 변화

고온 환경에 노출과 수분의 섭취 시 운동 자각도를 통한 신체적 피로도를 살핀 결과 저온 (20°C)에 노출 시와 비교해 고온 (32°C)에 노출시 거의 모든 시간대에서 유의하게 높음을 보였다 ($p < .05$). 흥미롭게도, 고온에 노출과 함께 수분의 보충을 실시한 경우 수분의 보충이 없는 조건과 비교해 운동자각도가 유의하게 낮게 나타났다 ($p < .05$). 이러한 결과는 운동 자각도를 10 scale로 적용한 경우와 15 scale로 적용한 경우에서 모두 비슷한 양상을 보였다 (Fig. 1).

4. 직장온도의 변화

고온 환경에 노출과 수분 보충 시 시간의 경과에 따른 직장 온도의 변화를 살핀 결과, 유의한 상호작용의 효과를 보이지 않았으며 ($p > .05$), 각각의 요인에 대한 주 효과 검증

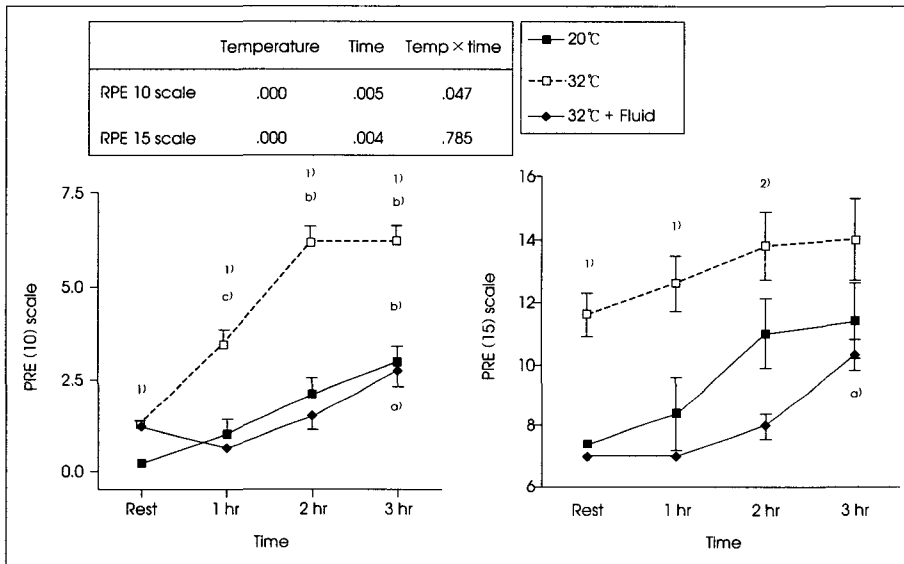


Fig. 1. Effects of prolonged exposure in hot environmental condition and ingestion of fluid on the rating of perceived exertion using both 10 scale and 15 scale. ¹⁾ Significant different from both 20°C and 32°C + Fluid at the same time point ($p < .05$). ²⁾ Significant different from 32°C + Fluid at the same time point ($p < .05$). ^{a)} Significant different from Rest, 1 hr, and 2 hr when the experimental conditions were same ($p < .05$). ^{b)} Significant different from Rest and 1 hr when the experimental conditions were same ($p < .05$). ^{c)} Significant different from Rest and 2 hr when the experimental conditions were same ($p < .05$). Each value represents the mean (S.E.M).

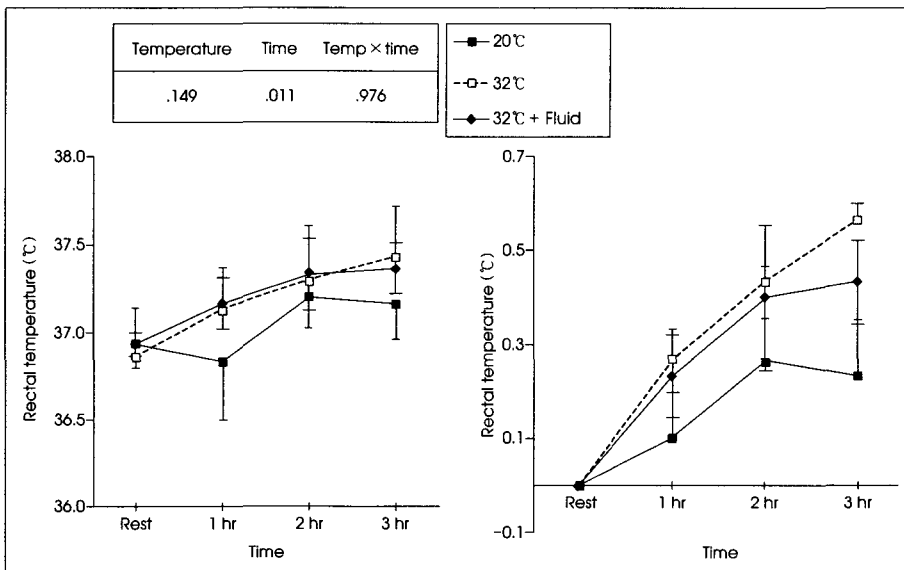


Fig. 2. Effects of prolonged exposure in hot environmental condition and ingestion of fluid on rectal temperature. Each value represents the mean (S.E.M).

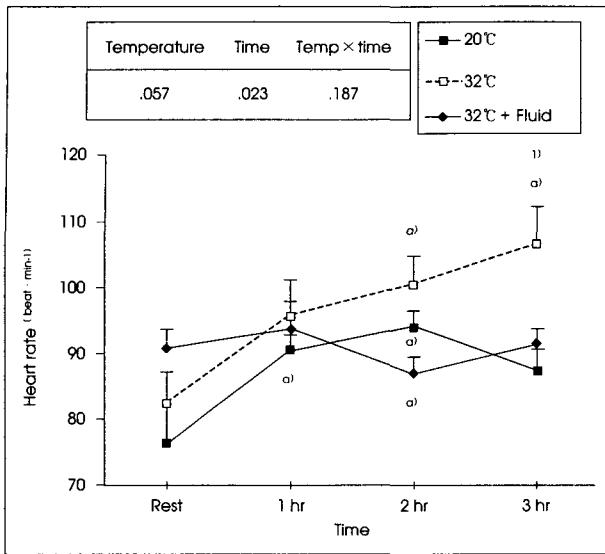


Fig. 3. Effects of prolonged exposure in hot environmental condition and ingestion of fluid on heart rate. ¹⁾ Significant different from both 20°C and 32°C + Fluid at the same time point ($p < .05$). ^{a)} Significant different from Rest, 1 hr, and 2 hr when the experimental conditions were same ($p < .05$). Each value represents the mean (S.E.M).

의 결과 비록 이온 (수) 섭취의 경우 직장 온도의 증가를 둔화시키는 경향을 보이긴 했으나, 통계적으로 유의적인 차이는 아니었다 ($p > .05$, Fig. 2).

5. 심박수의 변화

고온에 노출 후 시간이 경과함에 따라 심박수는 유의하게 증가하였으며 ($p < .05$), 수분의 보충이 이와 같은 심박수의 증가를 유의하게 억제시키는 것으로 나타났다. 20°C 환경에 노출 후 골프 퍼팅을 수행한 경우 1 hr에서 유의한 증가를 보였으나 ($p < .05$) 이후 2 hr 및 3 hr에 (2 hr 이후는 더 이상의 증가는 나타나지 않았다)서는 더 이상의 증가를 보이지 않았다 ($p > .05$; Fig. 3).

고 찰

본 연구에서는 두 가지의 다른 환경온도에 장시간 노출시 수분의 보충이 실제 퍼팅 수행력 및 다양한 생리적 변인에 미치는 효과를 구명하였다. 본 연구를 통해 이제껏 보고된 바 없는 고온 환경에서 장시간 골프 운동을 수행 중 수분 보충을 통해 심박수의 상승을 억제시켜 자각 피로도의 증가를 완화시킬 수 있었다.

본 연구에서 나타난 고온 환경에서의 혈중 글루코스 농도의 유의한 감소와 젖산 수치의 유의한 증가는 에너지 기질 이용의 변화가 생겼음을 단적으로 나타내는 것으로²¹⁾ 선행

연구에서 고온 환경 (@41°C)에서 60분간의 간헐적인 운동 시 저온 환경 (@9°C)에서와 비교해 근육 내 탄수화물 (즉, glycogen)의 사용은 증가하고 중성지방의 사용은 감소했다는 연구 결과와 연관성을 찾을 수 있을 것이다. 최대하 운동 중 당분해율 (glycogenolysis)은 운동전 glycogen 함량에 의해 많은 영향을 받는다.²²⁻²⁴⁾ 높은 대기 온도에 노출되는 경우 상대적으로 낮은 대기 온도에 노출되는 경우와 비교해 근육 내 glycogen의 함량이 유의하게 낮게 나타난다. Young 등²⁵⁾은 더운 물과 차가운 물에서 훈련 (60분 @60% VO_{2max})을 한 두 그룹의 피험자들을 비교한 결과 운동전에 근육 내 glycogen의 함량이 차가운 물에서 훈련을 한 피험자들에서 더 높았고 그 결과로 동일 그룹의 피험자에서 운동 시 glycogen의 이용이 더 많았다고 보고하였다. 운동 중과 열적 스트레스 상황에서 보여지는 탄수화물 이용의 증가는 산화적 (oxidative) 및 비산화적 (nonoxidative) 에너지 생성 경로를 모두 포함하고 있는 것으로 보인다.²⁶⁾ 이 외에도 환경 온도가 최대하 운동 중 근육 내 기질 이용에 영향을 미친다는 보고는 쉽게 찾을 수 있다.²⁷⁻²⁹⁾ 이와 함께, 더운 환경에서의 운동 중 근육 내 젖산 축적이 더 높게 나타난 현상도 무산소적 해당과정 (anaerobic glycolysis)에 의한 에너지 생성율이 높았다는 것을 암시하고 있는 것이라 볼 수 있다.^{25,30)} 이와 유사한 결과는 다른 많은 연구들에서도 보고된 바 있다.^{27,28,31-35)} 당이 함유된 수분의 섭취를 통해 혈중 글루코스의 수준이 높아진 것은 섭취하는 수분 내 포함된 당이 혈중의 글루코스 농도를 상승시킴으로써 에너지 항상성을 유지하는데 긍정적으로 작용했음을 나타내는 것이라 볼 수 있다. 보충 섭취한 수분의 양에 있어 약간의 개인차를 보였는데 (~300 mL, 데이터는 포함시키지 않았음) 이는 동일한 조건하에서도 신체로부터의 열생성과 열발산율은 개인 간 차이가 크다고 한 연구 발표³⁶⁾로 설명될 수 있을 것이며, 더운 환경에 노출시 더 높은 발한율을 보인 것은 더 높은 온도와 습도에 의해 열손실이 감소하고 반대로 대사율은 증가했다는 결과로 해석될 수 있을 것이다. 하지만, 장시간의 운동 중 발한율을 줄이고 피로를 연장시키기 위해 필요한 섭취 수분 양과 수분 내 전해질 및 당의 양에 대해서는 아직까지도 정확한 정보가 분명하게 알려져 있지 않은 상태이다. 수행력의 향상을 위해 수분 보충의 필요성이 대두된 이후 많은 연구들에서 장시간의 운동 중 수분 보충이 필수적인 요소임을 밝힌 바 있다.^{6,37)} 선행 연구에서 보고된 바와 다르게 본 연구에서는 수분 보충을 통해 수행력의 향상을 관찰할 수 없었다. 간과할 수 없는 가능성은 본 연구에서 채용한 운동의 형태 (즉, 골프 퍼팅) 및 강도가 이전의 연구들에서 사용한 것보다 낮아 운동을 계속적으로 수행하기

위해 필요한 총 에너지 부족현상을 경험하지 못했을 것이라는 점이다. 이 부분에 대해서는 다음 단락의 논의 부분에 좀 더 구체적으로 언급하였다. 또 한 가지의 가능성은 본 연구에서 사용한 이온 음료가 6%의 글루코스 용액으로 순수한 수분의 섭취 효과와는 다를 수 있다는 것이다. 하지만, 이와 같은 가능성은 서로 다른 당 (글루코스 혹은 프럭토스) 용액의 섭취와 순수한 수분 섭취의 효과를 비교한 연구에서 68% VO_{2max}에서 지칠 때까지 사이클링 운동 시 운동수행 시간에 유의한 차이를 보이지 않았다는 결과³⁹⁾를 보았을 때 섭취 음료에 당이 포함되는 경우와 순수한 수분만을 섭취하는 경우에 있어 큰 차이를 보이지 않을 것으로 생각할 수 있다.

본 연구에서의 가장 중요한 발견은 고온 환경에 노출시 수분의 보충에 따라 수분의 보충이 이루어지 않은 상태와 비교해 RPE의 유의한 감소가 나타났다는 것으로 이는 Mountain과 Coyle⁹⁾에 의해 보고된 열 스트레스 상황에서의 장시간의 운동 중 음료 섭취가 운동 자각도의 증가를 유의하게 억제시켰다는 결과와 일치하는 것이다. 주의해야 할 한 가지는, 이들의 연구에서는 운동 자각도의 향상이 실제적인 퍼팅 수행력의 향상을 유도하지 못했다는 점이다. 이러한 차이는 연구에서 사용한 운동의 형태 및 강도의 차이 때문으로 해석되어야 할 것이다. 선행 연구들에서는 더운 환경에서 중강도 이상의 사이클링 운동 ($\geq 65\% \text{VO}_{2\text{max}}$)^{9,14)}을 실시했으나 본 연구에서는 이들보다 훨씬 낮은 운동 강도를 보이는 ($\leq 40\% \text{VO}_{2\text{max}}$) 골프 퍼팅을 사용했다. 이와 같이 낮은 강도의 운동 수행은 외부 환경이 덥다고 하더라도 실제 에너지 동원 및 산화에 있어 큰 지장을 일으키지 않을 것이므로 수행력의 감소를 경험하지 않을 수 있다. 격자판을 이용한 집중력 테스트의 결과 수분 보충의 효과가 긍정적으로 나타나지 않은 것도 이와 연관지어 생각해 볼 수 있을 것이다.

결 론

본 연구에서는 현역 골프 선수들을 대상으로 고온 환경에 장시간 노출시 수분 보충의 효과를 퍼팅 수행력과 다양한 생리적 변인들의 변화에 초점을 맞추어 구명하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 고온 환경에서 장시간 노출시 혈중 글루코스 농도가 유의하게 감소했으나 당이 함유된 수분의 섭취는 이러한 감소현상을 완화시켰다. 혈중 젖산 농도 역시 고온 환경에 노출과 함께 유의하게 증가하였으며 유의한 수분의 섭취 효과를 보이지 않았다.

2) 고온 환경에서 장시간 노출시 일어나는 퍼팅 수행력의 감소를 수분의 섭취로 완화시키지 못했으며, 격자판을 이용한 집중력의 테스트 결과는 서로 다른 환경 온도 및 수분의 섭취 유무와 상관없이 변화가 없었다.

3) 고온 환경에서 장시간 노출시 저온 환경에서와 비교해 운동 자각도에 유의한 저해가 일어났으며 수분의 섭취에 의해 이러한 저해 현상이 완화됨을 보여 피로도에 영향을 미침을 알 수 있었다.

4) 직장온도의 변화는 고온 환경에서 장시간 노출시 수분의 섭취 유무에 영향을 받지 않았다.

5) 고온 환경에서 장시간 노출은 저온 환경에서와 비교해 유의한 심박수의 증가를 유발시키나 수분의 섭취가 이러한 심박수의 유의한 증가를 억제시켰다.

따라서, 본 연구를 통해 고온 환경에의 장시간 노출시 수분 보충이 골프 퍼팅 수행력의 향상을 유도해내지 못했으나 심박수 상승의 억제에 의한 운동 자각도의 향상을 나타내 실제적인 자각 피로도의 향상을 가져온다는 결론을 내릴 수 있었다.

Literature cited

- 1) Adolph EF. *Physiology of Man in the Desert*. New York: Interscience Publishers, 1947
- 2) Dill DB. *Life, Heat and Altitude: Physiological Effects of Hot Climates and Great Heights*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1938
- 3) Talbot JH, Dill DB, Edwards HT, Stumme EH, Consolazio WV. The ill effects of heat upon workmen. *J Hygiene & Toxicology* 19: 258-274, 1937
- 4) Wyndham CH, Strydom NB. The danger of an inadequate water intake during marathon running. *South African Med J* 43: 893-896, 1969
- 5) Dennis SC, Noakes TD, Hawley JA. Nutritional strategies to minimize fatigue during prolonged exercise: Fluid, electrolyte and energy replacement. *J Sports Sci* 15(3): 305-313, 1997
- 6) Noakes TD, Myburgh KH, Du Plessis J, Lang L, Lambert M, Van der Riet C, Schall R. Metabolic rate, not percent dehydration, predicts rectal temperature in marathon runners. *Med Sci Sports Exerc* 23: 443-448, 1991
- 7) Barr SI, Costill DL, Fink WJ. Fluid replacement during prolonged exercise: Effects of water, saline, or no fluid. *Med Sci Sports Exerc* 23: 811-817, 1991
- 8) Gisolfi CV, Copping JR. Thermal effects of prolonged treadmill exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 6: 108-113, 1974
- 9) Mountain SJ, Coyle EF. The influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol* 73: 1340-1350, 1992
- 10) Rowell LB. *Human Cardiovascular Control*. Cary, NC: Oxford University Press, 1994

- 11) Saltin B. Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. *J Appl Physiol* 19: 1125-1132, 1964
- 12) McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Sports & Exercise Nutrition*. Lippincott Williams & Wilkins, pp.273-274, 1999
- 13) Coyle EF, Hamilton M. Fluid replacement during exercise: Effects on physiological homeostasis and performance. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, Vol. 3: Fluid Homeostasis During Exercise (edited by CV. Gisolfi & D. Lamb), pp. 281-293. Carmel, IN: Benchmark Press, 1990
- 14) Walsh RM, Noakes TD, Hawley JA, Dennis SC. Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *Int J Sports Med* 15: 392-398, 1994
- 15) Robinson TA, Hawley JA, Palmer GS, Wilson GR, Gray DA, Noakes TD, Dennis SC. High rates of fluid intake do not improve one hour cycling performance in an thermoneutral environment. *Eur J Appl Physiol* 71: 153-160, 1995
- 16) Brandenberger G, Candas VM, Follenius M, Kahn KM. The influence of the initial state of hydration on endocrine responses to exercise in the heat. *Eur J Appl Physiol* 58: 674-679, 1989
- 17) Borg G, Hassmen P, Lagerstrom M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol* 56 (6): 679-685, 1987
- 18) Boutcher SH. The role of performance routine in sport. In: *Stress and performance in sport*. JG Jones, L Hardy (eds.). Willy, Chichester, pp.231-245, 1990
- 19) Sachdev P. Golfer's cramp: Clinical characteristics and evidence against in being an anxiety disorder. *Mov Disord* 7(4): 326-332, 1992
- 20) Kim SK, Lee JS, Cho IH, Park SY, Park YJ, Kim CK, Kim BA. The effect of ambient temperature on putting performance in professional golfers. *The Korean J Physical Education* 43(4): 357-367, 2004
- 21) Fink WJ, Costill DL, Van Handel PJ. Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. *Eur J Appl Physiol* 34: 183-190, 1975
- 22) Chesley A, Hultman E, Spriet LL. Effects of epinephrine infusion on muscle glycogenolysis and glucose uptake during exercise in humans. *J Appl Physiol* 78: 288-292, 1995
- 23) Hargreaves M, McConell G, Proietto J. Influence of muscle glycogen on glycogenolysis and glucose uptake during exercise in humans. *J Appl Physiol* 78: 288-292, 1995
- 24) Hespel P, Richter EA. Mechanisms linking glycogen and glycolytic rate in perfused contracting rat skeletal muscle. *Biochem J* 284: 777-780, 1992
- 25) Young AJ, Sawka MN, Levine L, Burgoon PW, Lutzka WA, Gonzalez RR, Pandolf KB. Metabolic and thermal adaptations from endurance training in hot and cold water. *J Appl Physiol* 78: 793-801, 1995
- 26) Febbraio MA. Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports Med* 31(1): 47-59, 2001
- 27) Febbraio MA, Snow RJ, Hargreaves M, Stathis CG, Martin IK, Carey MF. Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: effect of acclimation. *J Appl Physiol* 76: 589-597, 1994a
- 28) Febbraio MA, Snow RJ, Stathis CG, Hargreaves M, Carey MF. Effect of heat stress on muscle energy metabolism during exercise. *J Appl Physiol* 77: 2827-2831, 1994b
- 29) Hargreaves M, Angus D, Howlett K, Conus NM, Febbraio M. Effect of heat stress on glucose kinetics during exercise. *J Appl Physiol* 81: 1594-1597, 1996a
- 30) Young AJ, Sawka MN, Levine L, Cadarette BS, Pandolf KB. Skeletal muscle metabolism during exercise is influenced by heat acclimation. *J Appl Physiol* 59: 1929-1935, 1985
- 31) Gonzalez-Alonso J, Calbet JAL, Nielsen B. Metabolic and thermodynamic responses to dehydration-induced reductions in blood flow in exercising humans. *J Physiol* 520: 577-589, 1999
- 32) Hargreaves M, Dillo P, Angus D, Febbraio M. Effect of fluid ingestion on muscle metabolism during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 80: 363-366, 1996b
- 33) Kozłowski S, Brzezinska Z, Kruk B, Kaciuba-Uscilko H, Greenleaf, JE, Nazar, K. Exercise hyperthermia as a factor limiting physical performance: temperature effect on muscle metabolism. *J Appl Physiol* 59: 766-773, 1985
- 34) Maxwell NS, Gardner F, Nimmo MA. Intermittent running: muscle metabolism in the heat and effect of hypohydration. *Med Sci Sports Exerc* 31: 675-683, 1985
- 35) Parkin JM, Carey MF, Zhao S, Febbraio MA. Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. *J Appl Physiol* 86: 902-908, 1999
- 36) Hawley JA, Dennis SC, Noakes TD. Carbohydrate, fluid and electrolyte replacement during prolonged exercise. In *Sport Nutrition: Minerals and Electrolytes*. CK Keis, JA Driskall (eds.). pp.233-263. Boca Raton, FL: CRC Press, 1995
- 37) Costill DL, Saltin B. Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J Appl Physiol* 37: 679-683, 1974
- 38) Bjorkman O, Sahlin K, Hagenfeldt L, Wahren J. Influence of glucose and fructose ingestion on the capacity for long-term exercise in well-trained men. *Clinical Physiology* 4: 483-494, 1984