

수분 및 Glycerol의 섭취가 운동시 renin activity, 직장온도, 혈중 전해질 농도에 미치는 효과 이 승 범*

경인교육대학교 체육교육학과

Received December 11, 2007 / Accepted February 20, 2008

The Effects of Ingestion of Water or Glycerol on Renin Activity, Rectum Temperature, Blood Electrolytes Concentration in Exercise. Seung Bum Lee*. Department of Physical Education, Gyeongin National University of Education, 45 Gyodae-gil, Gyeonggi-do, Korea - The purpose of the study was to examine the effect of ingestion of water or glycerol on renin activity, rectum temperature, blood electrolytes concentration in exercise. The present study took as its subjects five male students who major in physical education. The two different conditions were based on ingestion of water, ingestion of glycerol and a series of four blood gatherings were carried out at rest, at post-exercise 20 min, at post-exercise 40 min, at recovery. The findings of this study was as follows; On renin activity change, in the comparison within at rest ingestion of glycerol, ingestion of water were significant difference at post-exercise 20, 40 min ($p<0.01$). 2. On osmolality change, in the comparison within at rest, ingestion of glycerol was significant difference at post-exercise 40 min ($p<0.05$). ingestion of water was not. On Na and K concentration change, in the comparison within at rest, ingestion of glycerol was significant difference at post-exercise 40 min ($p<0.05$), ingestion of water was not. On Ca and Mg change, in the comparison within at rest, ingestion of glycerol, ingestion of water were no significant difference at all period.

Key words : Water, glycerol, renin activity, rectum temperature, blood concentration

서 론

우리의 신체는 60~70%가 수분으로 구성되어 있으며, 그 중 40% 정도가 세포내에 함유되어 있는 것으로 알려져 있다. 수분은 열량을 낼 수 없기 때문에 영양소로 간주되지는 않지만 생명을 유지하는데 필수적인 요인이다. 전해질은 체액 내용액으로 체내 수분 평형 및 항상성 조절에 매우 중요한 기능을 하는 물질로 부족할 경우 체액의 축적 및 탈수 현상이 일어나게 되어 더 이상 운동을 수행하지 못하게 된다[1]. 신체에서의 수분 손실은 운동시 근육이나 피부로의 혈류유입의 감소로 인하여 운동수행능력을 감소시키며, 장시간 운동에 의하여 더 많은 열적 환경에 노출됨으로써 신체에서의 탈수작용이 가속화된다. 그 결과 혈장량, 혈압, 1회 박출량 감소현상이 일어나고 심장으로의 혈류량 감소 및 체온조절 기능을 저하시키게 된다[6,18]. 또한, 손실된 수분의 양이 체중의 4~5%에 도달하게 되면 지구력 운동수행능력이 20~30% 까지 감소한다고 하였고[27], 장거리 달리기 선수들에게 수분 부족이 지속되면 저혈량증이나 저나트륨혈증으로 운동수행에 부정적인 영향을 줄 수 있다[11]. 운동으로 인하여 수분과 전해질의 손실이 3~4시간 지속된다면 수분과 전해질의 항상성 유지에 위협요인이 될 수 있다[12]. 이전부터 많은 연구자들은 운동 시 탈수 예방과 적절한 수분유지를 위한 가장

좋은 방법을 찾기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다.

과도한 수분 배출로 인한 혈장량의 감소와 글리코겐 이용능력의 저하는 결과적으로 운동수행력을 감소시키며, 적절한 수분섭취가 체수분 균형, 대사적 기능, 운동능력에 이점을 줄 수 있다[9]. 또한, 수분 공급 시에 염분을 첨가시킨 수분을 섭취하는 것이 탈수가 이루어지는 동안 신체에서 수분유지를 증가되고, 소변 배출량을 감소시켜 줌으로서 장시간 운동 시 과다한 전해질 손실로 인한 저나트륨혈증을 예방할 수 있다고 제시하고 있다[23]. 결국 장시간 운동 시 탈수 및 체온의 상승과 심혈관의 스트레스를 최소화시키기 위하여 수분을 유지시키는 것은 매우 중요하며, 이러한 수분의 유지는 운동수행 연장에도 긍정적인 효과를 줄 수 있으며, 운동전에 적절한 수분 공급은 탈수나 수분감소로 발생하는 경기력 향상의 저하를 예방할 수 있다[15]. 글리세롤(glycerol)은 알코올(alcohol)과 유사하게 3개의 탄소 분자를 가지고 있으며, 지방세포에서 triglyceride로 저장되며, 저장된 triglyceride는 lipase의 효소작용으로 glycerol과 fatty acid로 분해되며 여기서 나온 글리세롤은 glycolysis라는 해당과정을 통하여 산화되며, fatty acid는 lipolysis라는 지방산화과정을 통하여 저장된 유산소 운동 시 많은 에너지를 내는 것으로 알려져 있다[5].

또한 글리세롤의 다른 생리적 작용으로 인체 내에서 글리세롤과 결합된 수분은 신장으로 이동하거나 수분이 고갈될 때까지 배출되지 않고 체내에서 오랫동안 저장되게 되며[14], 체내 흡수율이 매우 높기 때문에 체액의 균형유지와 운동 시 저혈량증의 발생을 막기 위한 수분저장역할을 한다고

*Corresponding author

Tel : +82-32-540-1251, Fax : +82-32-540-1250
E-mail : sblee@ginue.ac.kr

알려져 있다[8]. 이와 같이 글리세롤의 생리적인 작용을 근거로 하여 최근에 글리세롤 투여가 장시간 운동 시 수분 유지에 긍정적인 결과를 초래한다는 몇몇의 연구가 진행되었다. 글리세롤과 혼합된 많은 양의 수분섭취는 소변 배출량과 체온 상승의 감소를 가져와 신체를 차게 하는 작용을 하고[22], 장시간 운동 시 신체에서 수분 유지가 되어 과도한 탈수현상을 지연하는 효과를 가져 온다[15]. 또한 체중의 3% 이상 수분이 손실된 사람에게 운동전의 혈장량으로 회복하는데 물보다 물과 혼합된 글리세롤이 더 효과적이라는 연구도 있다 [7]. 이와는 달리 몇몇의 연구에서는 고온 다습한 운동조건에서 글리세롤 투여가 심박수나 체온, 심혈관 기능에 큰 영향을 미치지 못한다는 상반된 결과를 제시하고 있다[13,20]. 따라서 본 연구는 남자대학생을 대상으로 수분 및 글리세롤을 섭취한 후 운동시 레닌의 분비량, 직장온도, 혈중 전해질 농도를 파악하여 어떠한 물질이 탈수예방과 전해질 농도를 유지하는 데 도움을 주는지를 살펴 보는 것이다.

재료 및 방법

연구대상자

본 연구의 대상자는 대학교 체육학과 남자 대학생 5명으로 하였으며, 피험자들은 평상시에 음주와 흡연을 하지 않는 자로 선정하였고, 실험이 진행되는 동안 약물복용 및 주입을 금지시켰다. 수분상태나 혈액성분의 평형을 유지할 수 있도록 실험 전날 저녁 9시부터 실험 전까지 어떠한 음식도 금하도록 하였다. 이들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

최대산소섭취량과 최대산소섭취량의 75% 측정

최대산소섭취량의 측정은 Medgraphics Company (U.S.A.)에서 제작한 Cardiorespiratory Diagnostic System인 CPX를 이용하여 트레드밀(Quinton Company)에서 Bruce protocol을 사용하여 측정하였으며, 각 호흡 시마다 1회 환기량, 산소섭취량, 이산화탄소 배출량, 분당 호흡수, 호흡교환 비율 등을 측정하였다. 본 실험은 심박수가 분당 70회, 산소섭취량이 약 3.5 ml/kg/min이 하일 때를 안정 시로 설정하고 진행하였다. 운동이 지속되는 동안 매 5분마다 Borg의 15RPE Scale을 이용하여 피험자들의 피로에 대한 자각도 변화를 함께 측정하였다. 모든 피험자의 운동 강도인 최대산소섭취량의 75% 수준을 산출하기 위해 Medgraphics Company (U.S.A.)에서 제작한 Cardiorespiratory Diagnostic System인 CPX를 이용하여 트레드밀(Quinton Company)에서 Bruce Protocol을 사

Table 1. Characteristics of the subjects (Mean±SD)

N	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Body fat (%)	VO ₂ max (ml/kg/min)
5	19.5±0.38	170.0±3.36	65.4±8.86	18.4±5.09	58.3±1.49

용하여 최대 산소 섭취량 테스트를 실시하였으며, 이를 근거로 하여 각 피험자의 최대 산소 섭취량의 75%를 산정하였다. 각 피험자의 최대 산소 섭취량을 기준으로 산정한 산소 소비량과 심박수가 최대 산소 섭취량의 75% 수준에 도달하면 운동 강도를 트레드밀의 경사도와 속도를 조절하여 75% 수준의 운동 강도로 지칠 때까지 뛰도록 하였다.

혈액 채취

혈액은 각각의 시기마다 4 ml vaccumtube (진공 채혈관)와 3 ml EDTA-2Na tube, 그리고 gage needle을 이용하여 전완 정맥을 통하여 채취하였으며, 운동시작 전 안정 시, 운동 후 20분, 운동 후 40분, 회복기 30분 등 총 4회에 걸쳐 채취하였으며, 측정항목으로 renin activity, 직장온도, osmolality, 혈중 전해질 농도는 Na, K, Ca, Mg 등을 측정하였다.

혈액 분석

Renin Activity 측정

Renin 활성도는 혈장에 angiotensin I buffer를 첨가하여 혈장 내의 angiotensinase 및 ACE 저해한 상태에서 37°C에서 90분간 배양 한 후 0~4°C 얼음물 내에 두고, angiotensin I을 첨가하여 4°C에서 18~20시간 둔 후 제2항체액과 폴리에틸렌 글루코액을 첨가시킨 다음, 원심분리 후 방사면역측정법으로 정량하고 그 양을 가지고 renin의 활성도를 구하였다.

Osmolality 측정

삼투압 측정방법은 검체 채취용 용기에 혈액을 추출한 후 미국의 fiske one-ten osmometer 110기계의 sample tube를 사용하여 혈청이나 urine을 0.01~0.05 ml씩 채운다. 그 다음 sample looking well에 tube를 넣은 후 sample의 빙점을 이용하여 삼투압 비중을 측정하였다.

전해질 농도 측정

체혈한 혈액을 실온에서 방치하였다가 3,600 rpm에서 15분간 원심분리 시킨 후 단백질 분석을 위해 혈장과 Nitric acid를 1:3으로 혼합하여 3시간 동안 100°C에서 가열한 후 원자흡수분광기를 이용하여 혈장내의 Na, K, Ca, Mg의 농도를 분석하였다.

직장온도의 측정

운동시 인체의 심부온도 변화를 알아보기 위하여 Fisher & Paykel Company (Newzealand) DOUTEMP TM 101을 이용하여 피험자의 직장에 Probe를 12~15 cm 깊이로 삽입하고, 매 10분 간격으로 직장온도의 변화를 측정하였다.

수분 및 글리세롤 섭취 방법

수분섭취 그룹은 운동시작 2시간 전에 2차례에 걸쳐 수분(생수) 250 ml씩 마시어 총 500 ml를 섭취하였다. [22]은 운

Table 2. The changes of renin activity and osmolality

Item	Group	0 min (a)	20 min (b)	40 min (c)	Recovery (d)	F	Scheffe'	F (time×group)
Renin activity (ng/ml/hr)	W. G	1.64±5.42	10.12±3.08	17.34±3.72	5.72±4.58	5.741**	a<b, c; b<c a<b, c; b<c	18.554***
	G. G	1.48±1.90	7.41±2.76	14.76±5.10	6.86±3.39	8.605**		
Osmolality (mosm/kg, H ₂ O)	W. G	278.0±6.21	281.4±4.76	283.2±7.58	280.4±3.62	1.866	NS	2.941*
	G. G	280.6±5.34	283.1±3.32	287.0±2.17	282.4±7.20	4.641*	a<c	

W. G: water ingestion group; G. G: glycerol ingestion group

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

동전 체중 1 kg당 글리세롤 1.0 g 섭취 시에 가장 효과가 있는 것으로 나타났고, 1.0 g 미만의 섭취 시에는 뚜렷한 효과를 볼 수 없었으며, 1.0 g 이상 섭취 시에는 두통, 매스꺼움, 현기증이 일어나는 부작용이 있다고 보고하고 있다[19]. 이러한 근거로 글리세롤 섭취그룹은 Neo Elite Nutrition's (U.S.A.) 제조한 것으로 순수농도는 99.5%였으며, 수분(생수) 250 ml에 1 kg당 1.0 g을 혼합하여 두 차례에 걸쳐 500 ml를 섭취하였다.

자료 처리 방법

본 실험결과의 자료처리는 SPSS 12.0 program을 이용하여 평균값과 표준편차를 산출하여 그룹간과 운동시기별(안정시, 운동 후 20분, 운동 후 40분, 회복기) 등 상호작용 효과를 알아보기 위해 two-way repeated ANOVA를 실시하였다. 또한, 그룹 내 운동시기별 변화를 알아보기 위해 one-way ANOVA를 실시하였고, 사후 검증은 scheffe'를 실시하였으며, 모든 통계치의 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

결 과

Renin Activity, Osmolality의 변화

Table 2에 의하면, renin activity의 경우 그룹과 운동시기 간에 상호작용 효과가 나타났다($p<0.001$). 수분 섭취 그룹은 안정 시 1.64±5.42 ng/ml/hr, 운동 후 20분 10.12±3.08 ng/ml/hr, 운동 후 40분 17.34±3.72 ng/ml/hr, 회복기 5.72±4.58 ng/ml/hr으로 시기별로 유의하게 증가하였다($p<0.01$). 글리세롤 섭취 그룹은 안정 시 1.48±1.90 ng/ml/hr, 운동 후 20분 7.41±2.76 ng/ml/hr, 운동 후 40분 14.76±5.10 ng/ml/hr, 회복기 6.86±3.39 ng/ml/hr으로 시기별로 유의하게 증가하였다($p<0.01$). 두 그룹 모두 운동 후 20분과 운동 후 40분에서 안정시보다 증가하였으며, 운동 후 40분이 운동 후 20분보다 높게 나타났다. Osmolality의 경우 그룹과 운동시기 간에 상호작용 효과가 나타났다($p<0.05$). 수분 섭취 그룹은 안정 시 278.0±6.21 mosm/kg, H₂O, 운동 후 20분 281.4±4.76 mosm/kg, H₂O, 운동 후 40분 283.2±7.58 mosm/kg, H₂O, 회복기 280.4±3.62 mosm/kg, H₂O이며, 운동시기 간에 유의한 차이가 없었다. 글리세롤 섭취 그룹은 안정 시 280.6±5.34

mosm/kg, H₂O, 운동 후 20분 283.1±3.32 mosm/kg, H₂O, 운동 후 40분 287.0±2.17 mosm/kg, H₂O, 회복기 282.4±7.20 mosm/kg, H₂O으로 유의한 차이를 보였으며($p<0.05$), 운동 후 40분이 안정 시보다 높게 나타났다.

직장온도의 변화

Table 3과 같이 직장온도의 경우, 수분섭취 그룹과 글리세롤 섭취그룹이 운동 시간이 증가함에 따라 유의하게 증가하는 것을 볼 수 있으나 두 그룹과 운동시기 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

전해질 농도의 변화

Table 4에 의하면, Na의 경우 그룹과 운동시기 간에 상호작용 효과가 나타났다($p<0.01$). 수분 섭취 그룹은 안정 시 141.2±1.44 mEq/l, 운동 후 20분 142.6±0.41 mEq/l, 운동 후 40분 143.8±1.87 mEq/l, 회복기 142.5±1.27 mEq/l로 증가하였으나, 시기별로 유의한 차이를 보이지 않았다. 글리세롤 섭취 그룹은 안정 시 140.4±2.51 mEq/l, 운동 후 20분 141.8±0.83 mEq/l, 운동 40분 144.0±1.43 mEq/l, 회복기 141.2±1.07 mEq/l로 시기별로 유의하게 증가하였고, 운동 40분이 안정 시보다 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$). K의 경우 그룹과 운동시기 간에 상호작용 효과가 나타났다($p<0.005$). 수분 섭취 그룹은 안정 시 3.87±0.21 Eq/l, 운동 후 20분 3.96±0.23 mEq/l, 운동 후 40분 4.02±0.18 mEq/l, 회복기 3.91±0.29 mEq/l로 유의한 차이를 보이지 않았다. 글리세롤 섭취 그룹은 안정 시 4.05±0.38 mEq/l, 운동 후 20분 4.34±0.20 mEq/l, 운동 후 40분 4.70±0.15 mEq/l, 회복기 4.10±0.23 mEq/l로 안정 시와 비교하여 운동 후 40분에 유의하게 증가하였으나($p<0.05$), 사후검정 결과 차이는 없었다.

Table 3. The changes of rectum temperature

Item	Group	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min	Recovery
Rectum temperature (°C)	W. G	36.60	37.70	38.45	39.01	39.40	37.30
	G. G	36.60	37.40	38.00	38.72	39.15	37.18

W. G: water ingestion group; G. G: glycerol ingestion group

Table 4. The changes of blood electrolytes concentration

Item	Group	0 min (a)	20 min (b)	40 min (c)	Recovery (d)	F	Scheffe'	F (time×group)
Na (mEq/l)	W. G	141.2±1.44	142.6±0.41	143.8±1.87	142.5±1.27	1.351	NS	7.029**
	G. G	140.4±2.51	141.8±0.83	144.0±1.43	141.2±1.07	4.146*	a<c	
K (mEq/l)	W. G	3.87±0.21	3.96±0.23	4.02±0.18	3.91±0.29	.722	NS	2.029*
	G. G	4.05±0.38	4.34±0.20	4.70±0.15	4.10±0.23	3.047*	NS	
Ca (mg/dl)	W. G	9.52±0.60	9.70±0.29	9.81±0.54	9.61±0.30			.907
	G. G	9.16±0.43	9.32±0.58	9.40±0.36	9.21±0.44			1.445
Mg (mg/dl)	W. G	1.51±0.44	1.74±0.28	1.88±0.31	1.62±0.17			1.290
	G. G	1.74±0.16	1.84±0.23	1.97±0.57	1.80±0.41			.651

W. G: water ingestion group, G. G: glycerol ingestion group

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Ca의 경우 그룹과 운동시기 간에 상호작용 효과가 나타나지 않았다. 수분 섭취 그룹은 안정 시 9.52±0.60 mg/dl, 운동 후 20분 9.70±0.29 mg/dl, 운동 후 40분 9.81±0.54 mg/dl, 회복기 9.61±0.30 mg/dl로 시기별로 유의한 차이를 보이지 않았다. 글리세롤 섭취 그룹은 안정 시 9.16±0.43 mg/dl, 운동 후 20분 9.32±0.58 mg/dl, 운동 후 40분 9.40±0.36 mg/dl, 회복기 9.21±0.44 mg/dl으로 시기별로 유의한 차이를 보이지 않았다. Mg의 경우 그룹과 운동시기 간에 상호작용 효과가 나타나지 않았다. 수분 섭취 그룹은 안정 시 1.51±0.44 mg/dl, 운동 후 20분 1.74±0.28 mg/dl, 운동 후 40분 1.88±0.31 mg/dl, 회복기 1.62±0.17 mg/dl으로 시기별로 유의한 차이를 보이지 않았다. 글리세롤 섭취 그룹은 안정 시 1.74±0.16 mg/dl, 운동 후 20분 1.84±0.23 mg/dl, 운동 후 40분 1.97±0.57 mg/dl, 회복기 1.80±0.41 mg/dl로 시기별로 유의한 차이를 보이지 않았다.

고 칠

우리 신체는 지속적인 운동을 수행하는 과정에서 높은 열생성을 나타내게 되는데, 체온의 적절한 유지를 위해서는 대류 및 복사에 의한 기본적인 체온조절 기전 만에 의해 의존할 수 없기에 운동 시 별한 현상이 가속화된다. 장시간 운동으로 인해 신체에서 수분이 감소된 저수화 상태는 체온과 심박수를 증가시킬 뿐만 아니라 직장과 근육온도의 증가, 땀배출 및 내성력의 감소, 증가된 혈장 삼투작용과 내세포의 전해질 불균형 등이 일어난다고 보고하고 있다[15]. 우리 신체는 과도한 땀과 수분의 배출 시 부족한 수분을 최소화하기 위한 작용 중에 하나로 교감-부신 시스템이 자극되어 카테콜라민을 분비시키며 구심성 사구체의 소동맥을 수축시킴으로써 신장으로의 혈류를 감소시켜, 소변으로의 배출되는 수분의 양을 50%까지 감소시킨다고 보고하고 있다[3,25].

Renin은 peptidase로서 사구체로 들어가는 소동맥 내 위치한 과립모양의 세포로부터 분비되어지며, 혈압과 NaCl의 농도에 따라 민감하게 반응한다. 사구체로 들어가는 소동

맥은 압수용기라 불리우는 팽창 수용기를 가지고 있고, 이 수용기를 구성하는 세포는 혈압이 상승할 때 팽창되며, 혈압이 떨어지면 이완됨으로써 renin의 분비를 조절하게 된다. 혈장 나트륨의 농도가 낮아지면 renin의 분비가 자극되어 간에서 분비된 호르몬의 전구체인 angiotensinogen의 peptide 결합의 분열을 촉진시킨다[6]. angiotensinogen의 peptide 결합은 angiotensin I을 만드는데 이것은 생물학적으로 비활성물질로서, angiotensin II로 전환된다. angiotensin II는 aldosterone을 분비시키기 위해 부신을 자극시키며 나트륨 재흡수를 위해 세뇨관을 자극하며, 수분의 재흡수 역할을 도와준다. renin-angiotensin-aldosterone의 체계에서 angiotensin II와 aldosterone의 농도를 결정해 주는 주된 조절인자는 renin의 활성정도(PRA: plasma renin activity)이다. plasma renin activity는 최대 산소 섭취량의 70%정도로 운동 시 무산소성 역치수준에 도달했을 때, 유의하게 증가되었고[10], plasma renin activity와 aldosterone 둘 다 안정 시에 비해 최대 운동 시에 5~10배 정도 증가하였다[24].

본 연구결과에서 renin activity를 보면, 그룹과 운동 시기 간에 상호작용 효과가 나타났다($p<0.001$). 수분 섭취 그룹은 안정 시와 비교하여 운동 후 40분에 15배 정도 증가를 보였고, 유의한 차이를 보였다. 글리세롤 섭취 그룹은 안정 시와 비교하여 운동 후 40분에 10배 정도의 증가를 보였으며 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 [10,24]의 연구와 일치하는 것으로, renin의 분비량이 증가한 것은 운동시간이 40분으로 짧지 않았고, 최대 산소 섭취량의 75% 운동 강도가 많은 양의 땀 배출로 인해 renin의 분비량을 증가시킨 것으로 생각된다. 또한, 운동 후 40분(종료 시)의 그룹 간 renin의 분비량을 보면 수분 섭취 그룹은 17.34±3.72 ng/ml/hr, 글리세롤 섭취 그룹은 14.76±5.10 ng/ml/hr으로 수분 섭취 그룹에서 약 2.72 ng/ml/hr정도 많이 분비된 것을 볼 수 있다. 이와 같이 운동 시 동일한 조건과 운동 강도에서 renin의 분비량이 많다는 것은 그 만큼 운동 시 신체에 혈장량이 더 적게 저장되어 이것을 보상하기 위한 신체의 항상성 작용이라고 생각된다. 이것은 혈장 중에 불활성화 상태로 있는 angio-

tensinogen을 angiotensin I으로 더 많이 활성화되며, 이것은 전환효소에 의해 angiotensin II로 전환이 증가되어 결국 부신피질에서 aldosterone의 분비를 촉진시켜 원위세뇨관에서 수분 흡수를 증가시킴으로서 체내에 부족한 수분을 보충하여 일정하게 유지시켰다고 판단된다.

이와 같은 결과는 90분간의 장시간 운동 시 피험자에게 kg당 1 g의 글리세롤과 kg당 24.7 ml의 수분을 섭취하였을 때 control 그룹과 비교하여 신체 총 수분량에서 550 ml가 더 많았다는[17]의 연구와 열적환경에서 0.1% NaCl에 체중 1 kg 당 1.5 g의 글리세롤의 섭취는 대조군과 비교하여 18~25% 정도 수분유지가 되었다는[16]의 연구와 일치된다. 운동 시 수분대사와 관련된 중요한 요인으로서 과도한 발한에 의한 탈수현상은 혈중 Na 농도의 저하현상을 비롯하여 전해질 농도의 현저한 불균형적 현상이 동반되는 것으로 나타났으며, 운동능력 발휘의 대표적인 제한요인으로 간주되고 있다[4]. 전해질이란 체액에서 용해되어 플러스 혹은 마이너스 전하를 띤 이온을 말하며 인체 내에서 전해질은 산성도의 변화에 견디는 완충계(Buffer system)의 부분으로 작용한다. 특히, 체액변화의 조절 및 세포막 투과성 유지 등의 작용을 하고, 담즙, 담액 등 알칼리성 소화액 생성에도 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다[1].

우리 신체에서 Na은 세포 외액에 많이 존재하는 전해질로 혈장량을 유지하고 혈관 공간의 크기를 조절하며, 세포 외액과 세포 내액 사이에 삼투압 평형을 유지하여 수분의 양을 조절하는 기능을 한다. 혈중 전해질 농도가 감소되면 혈장 삼투압이 떨어지고 간질조직으로 빠져나가는 수분량이 증가되어 혈장량과 함께 혈액량이 감소하게 된다[2]. 특히 체내 전해질 균형 및 신장에서의 수분과 전해질의 흡수와 배설은 renin-angiotensin-aldosterone의 체계에 의해 조절되어 진다. Na 농도 혹은 혈압이 감소하게 되면 renin, angiotensin, aldosterone의 분비가 촉진되어 체내에서 이온의 재흡수 효율을 증가시켜 운동하는 동안 Na 보존을 향상시킴과 동시에 혈장량 조절의 역할을 수행하게 된다[21,26]. 본 연구의 결과를 보면 Na의 경우 수분 섭취 그룹은 안정 시와 비교하여 운동 후 40분에 유의한 차이를 보이지 않았으나 글리세롤 섭취 그룹은 안정 시와 비교하여 운동 후 40분에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 이러한 결과는 과도한 운동시 땀의 배출로 인해 혈장량 및 Na의 농도가 급격하게 감소되어 지지만 본 연구에서 운동 종료 시 Na의 농도가 일정하게 유지된 것은 열적 환경에서 글리세롤 그룹이 수분 섭취 그룹보다 체내에 혈장량 유지 및 이온의 재흡수율을 촉진시키는 데 더 효과적이라고 생각되며, 이 결과는 [21,26]의 연구와 일치하고 있다.

K이온은 세포 내액에 많이 존재하고 있고 삼투압을 조절하도록 도와주며 세포성장과 대사를 위한 필수적인 이온으로 신경자극과 근수축 과정에 주요한 기능을 한다. 특히 이

전해질에 의해 체액의 삼투압 유지가 됨으로써 세포 외액의 양은 일정하게 유지되는 데 이러한 작용은 고강도 운동으로 인해 발생되는 체액손실에 대해 몸을 보호해 주는 역할을 한다. 운동 후 혈장 K농도에 대한 영향을 주는 요인으로 근육 세포로부터 K의 유출, 간과 근육을 포함한 여러 조직들에서의 K흡수, 소변과 땀으로의 K배출 등이 있다[2]. 본 연구결과에서 보면 Osmolality의 경우 수분 섭취 그룹은 안정 시와 비교하여 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 글리세롤 섭취 그룹은 안정 시와 비교하여 운동 후 40분에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 이러한 결과는 과도한 수분 배출 시 수분 섭취그룹과 비교하여 글리세롤 섭취 그룹에서 체액의 손실을 최소화하고, 일정하게 K이온의 양을 유지하여 체액의 삼투압 유지가 이루어진 것이 아닌가 생각된다. 한편, Ca과 Mg의 경우 두 그룹 모두 그룹과 운동시기 간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

요 약

본 연구는 수분 및 글리세롤 섭취가 renin activity, 직장온도, 혈중 전해질 농도에 미치는 효과에 대하여 알아보기 위해 수분 섭취 그룹과 글리세롤 섭취 그룹으로 나누어 측정한 결과는 다음과 같다. renin activity의 경우, 안정시와 비교하여 운동 후 40분에 수분 섭취 그룹과 글리세롤 섭취 그룹에서 유의한 증가를 보였다($p<0.01$). Osmolality의 경우, 수분 섭취 그룹에서 차이를 보이지 않았으나, 글리세롤 섭취 그룹에서는 안정 시와 비교하여 운동 후 40분에 차이를 보였다($p<0.05$). 직장온도의 경우, 수분 섭취 그룹과 글리세롤 섭취 그룹 모두 운동 시간에 따라 점진적으로 증가하는 것을 볼 수 있었다. Na과 K의 경우, 수분 섭취 그룹에서 차이를 보이지 않았으나 글리세롤 섭취 그룹에서 차이를 보였다($p<0.05$). Ca과 Mg의 경우, 두 그룹 모두 그룹과 운동시기 간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

감사의 글

본 논문은 경인교육대학교 2007년도 교내 학술 연구비에 의해 연구되었습니다.

References

- American College of Sports Medicine. 1984. Position statement on prevention of heat injuries during distance running. *Med. Sci. Sports Exerc.* **16**.
- Anderson, R. A. and H. N. Guttman. 1988. Trace minerals and exercise. In *exercise, nutrition, and energy metabolism*. New York, Macmillan.
- Baer, P. G. and J. C. McGiff. 1980. Hormonal systems and

- renal hemodynamics. *Ann. Review of Physiology* **42**, 589-601.
4. Barr, S. I. 1999. Effects of dehydration on exercise performance. *Can. Journal of Applied Physiology* **24**, 164-172.
 5. Bergstrom, J. and E. Hultman. 1967. A study of glycerol metabolism in man. *J. Clin. Lab. Invest.* **19**, 218-229.
 6. Brody, T. 1994. Nutritional biochemistry. PP. 490-519, Academic Press, California.
 7. Freund, B. J., S. J. Montain, A. J. Young, M. N. Sawka, J. P. Deluca, K. B. Pandolf and C. R. Valeri. 1995. Glycerol hyperhydration: hormone, renal, and vascular fluid responses. *Journal of Applied Physiology* **79**, 2069-2077.
 8. Freund, B. J., J. R. Claybaugh, M. S. Dice and G. M. Hashiro. 1987. Hormonal and vascular fluid responses to maximal exercise in trained and untrained males. *Journal of Applied Physiology* **63**, 669-675.
 9. Glace, B. M., C. Murphy and M. P. McHugh. 2002. Food intake and electrolyte status of ultra marathoners competing in extreme heat. *J. Am. Coll. Nutr.* **21**, 553-559.
 10. Gleim, G. W., P. M. Zabetakis, E. E. Depasquale, M. F. Michelis and J. A. Nicholas. 1984. Plasma osmolality, volume and renin activity at the "anaerobic threshold". *Journal of Applied Physiology* **56**, 57-63.
 11. Hiller, D. B., M. L. O'toole, E. E. Fortness, R. H. Laird, P. C. Imbert and T. D. Sisc. 1987. Medical and physiological considerations in triathlons. *Am. J. Sports Med.* **15**, 164-167.
 12. Hew, T. D., J. N. Chorley, J. C. Cianca and J. G. Divine. 2003. The incidence risk factors and clinical manifestations of hyponatremia in marathon runner. *Clin. J. Sport Med.* **12**, 41-47.
 13. Latzka, W. A., M. N. Sawka, S. H. Montain, G. S. Skrinar, R. A. Fielding, R. P. Matott and K. B. Pandolf. 1997. Thermoregulatory effects during compensable exercise-heat stress. *Journal of Applied Physiology* **83**, 860-866.
 14. Lin, E. C. 1997. Glycerol utilization and its regulation in mammals. *Annu. Rev. Biochem.* **46**, 765-795.
 15. Lyons, T. R., M. L. Riedesel, L. E. Meuli and T. L. Chick. 1990. Effects of glycerol induced hyperhydration prior to exercise in the heat on sweating and core temperature. *Med. Sci. Sports Exerc.* **22**, 477-483.
 16. Maughan, R. J. and M. Greeson. 1988. Influence of a 36h fast followed by refeeding with glucose, glycerol or placebo on metabolites and performance during prolonged exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* **57**, 570-576.
 17. Miller, J. M., E. F. Coyle, W. M. Sherman, J. M. Hagberg, D. L. Costill, W. J. Fink, S. E. Terblache and J. O. Holloszy. 1983. Effect of glycerol feeding on endurance and metabolism during prolonged exercise in man. *Med. Sci. Sports Exerc.* **15**, 237-242.
 18. Montain, S. J. 1992. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *Journal of Applied Physiology* **73**, 1340-1350.
 19. Montner, P. T., M. Chick, M. Reidesel, D. Timms and G. Murata. 1992. Glycerol hyperhydration responded endurance exercise (abstract). *Med. Sci. Sport. Exerc.* **24**, S157.
 20. Murray, R., D. E. Eddy, G. L. Paul, J. G. Seifert and G. A. Halaby. 1991. Physiological responses to glycerol ingestion during exercise. *Journal of Applied Physiology* **71**, 144-149.
 21. Nose, H., G. W. Mack, X. Shi and E. R. Nadel. 1988. Involvement of sodium retention hormones during rehydration in humans. *Journal of Applied Physiology* **65**, 332-336.
 22. Riedesel, M. L., D. Y. Allen and G. T. Peake. 1987. Hyperhydration with glycerol solutions. *Journal of Applied Physiology* **63**, 2262-2268.
 23. Peter, E. M. 2003. Nutritional aspects in ultra-endurance exercise. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* **6**, 427-603.
 24. Staessen, J., R. Lagard, P. Hespel, P. Lijnen, S. Vauhees and A. Amety. 1987. Plasma renin system during exercise in normal men. *Journal of Applied Physiology* **63**, 188-194.
 25. Wade, C. E. and J. Dlaybaugh. 1980. Plasma renin activity, vasopressin, concentration, and excretory responses to exercise in man. *Journal of Applied Physiology* **49**, 930-936.
 26. Wemple, R. D., T. S. Morocco and G. W. Mack. 1997. Influence of sodium replacement on fluid ingestion following exercise-induced dehydration. *International Journal of Sport Nutrition* **7**, 104-116.
 27. Wilmore, J. H. and D. L. Costill. 1994. Physiology of sport and exercise. pp. 362-379, Champaign. Human Kinetics.