

한국과 케냐 남자 엘리트 마라톤 선수들의 최대 운동 후 심박수와 혈중 젖산 회복율 비교

이재현(하늘스포츠의학연구소), 오창석(백석대학교), 조성연(하늘스포츠의학연구소)

본 연구는 한국과 케냐의 남자 엘리트 마라톤 선수들을 대상으로 점진적 최대운동부하검사를 실시하고 탈진 이후 심박수와 젖산의 변화 양상을 관찰함으로써 이들의 회복 능력을 비교하는 것을 목적으로 한다. 국제 마라톤 대회에 참가한 남자 케냐 선수들 10명과 국내 프로팀 소속 마라톤 선수 8명을 대상으로 최대운동부하검사를 실시하고 탈진 직후 심박수와 젖산 수치를 측정하였다. 심박수는 운동시 심전도를 측정하고 있는 가운데, 안정시, 운동시 최고, 운동후 10분까지 1분 간격으로 수치를 기록하였으며, 젖산은 안정시, 운동직후, 운동 후 2, 4, 6, 10분에 측정하여 수치를 기록하였다. 측정 결과 최대산소섭취량은 두 집단 간에 큰 차이를 보이지 않았으나 심박수($F=3.225, p=.002$)와 젖산($F=2.699, p=.027$)의 회복은 두 집단간에 유의한 교호 작용 효과를 보이며 케냐 선수가 국내 선수보다 유의하게 빠르게 회복되는 양상을 보였다. 심박수의 경우, 케냐 선수들은 회복기 1분 후 59.2%까지 감소되고 10분 후 27.5%까지 감소된 반면, 한국 선수들은 회복기 1분 후 71.3%까지 감소되고, 10분 후 36.4%까지 감소되었다. 젖산은 케냐 선수가 운동직후에 10.7mmol/l의 최대 젖산 농도를 보인 후 계속적으로 감소하여 10분 후 60% 가까이 감소하였지만 한국 선수들의 경우 운동 직후 11.6mmol/l까지 상승하고 운동 후 4분에 12.7mmol/l의 최고 수준을 보인 다음 운동 후 10분까지 약 20% 정도만 감소하였다. 결론적으로 케냐와 한국의 마라톤 선수들의 최대산소섭취량에서는 큰 차이가 없지만 최대 운동 직후 심박수와 젖산 회복율에 있어서는 케냐 선수들이 유의하게 뛰어난 것으로 보인다.

주요어 : 마라톤, 케냐 마라토너, 젖산 회복, 심박수 회복

서론

2009년 국제 육상 경기 연맹(International Amateur Athletic Federation)의 기록을 보면 마라톤 시니어 남자 부문 순위에서 최고 기록 20명의 국적이 케냐 12명, 이디오피아 6명, 모로코 2명이다. 1980년대만 해도 유럽인들이 휩쓸던 중장거리 달리기 분야를 이제는 동아프리카 그 중에서도 케냐 선수들이 석권을 하고 있는 상태다. 케냐의 성적이 뛰어난 만큼 세계 각국의 연구자들이 관심을 가지고 자국의 선수들과 생리적, 역학적 특성을 비교하면서 케냐 선수들이 중장거리 달리기에서 두각을 나타내는 이유를 찾고자 하였다.

케냐 마라토너들의 우수성을 유전적 요인, 훈련 방법, 성장 환경, 고도(altitude) 등에서 찾는 시도가 많이 이루어져 왔으며 평가가 되는 주요 생리적 변인은 지구성 운동수행력의 결정 요인

들이었다. 지구성 운동수행력의 결정 요인들로 주로 제시되는 세 가지는 유산소성 최대 능력의 지표인 최대산소섭취량(Noakes et al., 1982), 젖산 역치 수준 혹은 달리기를 할 때 산소섭취량의 상대적 수준(Tanaka and Matsuura, 1984; Weston et al., 1999), 달리기의 효율성(Conley et al., 1980; Lucia et al., 2006)이며 이들 요인들이 얼마나 잘 조화를 이루는가에 따라 선수의 경기력이 크게 달라질 수 있다고 보고 있다.

이와 같이 마라톤 수행력에 영향을 미치는 다양한 인자들이 있지만 그 중에서도 본 연구는 운동 후 피로회복 능력에 초점을 맞추었다. 몇몇 마라톤 지도자들은 2010년 국내에서 치러진 국제 마라톤 대회에서 1위를 차지한 실베스타 테이멧(케냐)의 2시간 6분 49초의 우수한 기록과 그에 비해 시합 후 상대적으로 크게 지쳐 보이지 않는 모습이나 빠른 회복이 인상적이었다고 하였다. 실제로 지구성 운동수행능력이나 상대

적으로 더 고강도로 운동을 지속할 수 있는 능력은 젖산 제거 능력과 관련이 있음을 발표한 연구도 있다(Messonier et al., 1997). 젖산제거 능력 뿐만 아니라 운동 후 심박수 회복을 또한 잘 훈련된 선수들의 경우 그렇지 않은 일반인들에 비해 높은 것으로 나타나는데 이는 혈관의 탄력도나 자율신경계 조절과 관련이 있다고 보고되었다(Imay et al., 1994; Fei et al., 2005). 과연 우수선수들끼리의 비교에서도 심박수 회복 양상에 큰 차이가 있을지에 대해서는 보다 연구가 필요하다.

이와 같은 배경으로 본 연구는 프로팀에 소속되어 활동하고 있는 우리나라 우수 마라톤 선수들과 2010년 서울 국제 마라톤에 참가한 케냐 선수들을 대상으로 최대 운동부하검사를 실시하고 탈진 이후 심박수와 젖산의 변화 양상을 관찰함으로써 이들의 회복 능력을 비교하였다. 현재까지 세계적으로 두각을 나타내고 있는 케냐 선수들과 국내 마라톤 선수들의 생리적 특성을 비교한 연구는 없었으며 이는 국내 마라톤 선수들의 잠재력을 개발하고 세계적인 선수로 키워나가는 데 중요한 자료가 될 수 있을 것이라고 본다.

연구 방법

1) 피험자

피험자들은 19~36세의 한국(n=8)과 케냐(n=10)의 남자 엘리트 마라톤 선수들로서 최고 2시간 6분 49초에서 최하 2시간 18분 46초의 기록을 보유한 우수 선수들이었다. 케냐 선수들의 신장, 체중, 신체질량지수 등이 한국 선수들에 비해 작아 대체로 왜소한 경향을 보였지만 통계적으로 유의하지는 않았다<표1>. 특히 DEXA(dual energy X-ray absorptiometry, Lunar Prodigy, GE Corp., USA)로 측정된 체지방률은 케냐 선수들이 7.0±2.4%, 한국 선수들이 8.5±2.8%로 종목의 특성에 맞게 매우 낮은 수준을 보였다.

표 1.

2) 점증적 최대 운동부하 검사

점증적 최대운동부하검사는 트레드밀상에서 한국체육과학연구원에서 개발된 KSSI 프로토콜을 사용하여 진행되었으며 호흡가스분석기(Quark b2, Cosmed Co., Italy)를 이용하여 호흡 변인을 측정하였다. 5%의 경사에서 3mph 속도로 2분간 1단계 운동을 실시하고 이후 경사를 고정시킨 채 0.7~1.1mph씩 속도를 증가시켜 1.4~2.2MET 씩의 부하 상승이 있도록 하였다. 운동강도를 증가시켜도 산소섭취량과 심박수가 오르지 않고 호흡교환율이 1.13 이상인 경우를 최대 시점으로 설정하였으나, 선수들의 경우 그 이상 몇 분간 더 운동 지속이 가능하였으므로 대부분 스스로 운동을 지속할 수 없다고 신호를 보낸 시점에서 운동을 종료하였다. 유산소성 능력을 평가할 수 있는 변인으로 운동유지시간, 최대산소섭취량을 분석하였다. 운동 중 분당 산소섭취량을 실시간 모니터링하면서 가장 높은 수치를 최대 산소섭취량으로 기록하였다.

3) 회복능력측정

선수들의 회복능력은 혈중 젖산농도와 심박수의 변화로 평가하였다. 젖산 농도는 휴대용 젖산분석기(Lactate Pro-LT1710, Arkray, Inc.)를 이용하여 측정하였다. test strip을 분석기 본체에 삽입한 후 5 μ l 정도의 손가락 끝 혈액을 테스트 스트립에 묻혀서 자동으로 계산된 젖산 농도를 기록하였다. 선수 개개인마다 안정시, 운동 직후, 운동 후 2, 4, 6, 10분에 해당하는 총 6회 검사를 실시하고 각각을 기록하였다.

심박수는 운동시 심전도 검사를 통해 실시간으로 모니터링을 하였고 안정시와 운동중 최고수치, 운동후 1분 간격으로 10분까지 심박수 변화를 기록하였다.

4) 통계

SPSS 12.0 package를 이용하여 통계분석을 하였다. 유산소성 능력 평가 변인인 운동유지시간, 최대산소섭취량에 대해 독립 t-test를 이용하여 케냐 선수와 한국 선수 집단간 비교를 실시하였다. 또한 집단간 시점간 젖산 농도와 심박수의 변화를 비교하기 위해서 반복측정 분산분석을 실시하였다. 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1) 유산소성 운동 능력 비교

점증적 운동부하검사에서 선수들의 운동지속시간은 20.0~24.5분으로 20~23MET에 해당하는 강도까지 도달하였다. 케냐 선수들의 최대산소섭취량은 한국 선수들에 비해 높은 경향을 보였으나 운동지속시간은 한국선수들이 약간 높은 경향을 보였다. 그러나 두 집단 간 차이는 통계적으로 유의하지 않았다<표 2>. 선수들은 운동부하검사 과정에서 생리학적으로 최대 수준에 도달한 이후에도 운동을 지속하는 능력이 일반인들에 비해 월등히 뛰어난 경향을 보였으나 실제로 운동지속시간은 최대산소섭취량과 유의한 상관성이 없었다($r=-.057$, $p=.827$).

표 2.

2) 최대운동후 심박수 회복 비교

케냐 선수들의 안정시 심박수는 50.7 ± 3.2 회/분(0%)이고 운동 중 최고 184.4 ± 8.5 회/분(100%)까지 상승되었다가 회복기 1분 후 129.7 ± 10.9 회/분(59.2%)으로 매우 빠르게 감소되었다. 2시간 6분 49초의 가장 좋은 마라톤 기록을 가지고 있었던 선수의 경우, 최고 184회/분에서 회복기 1분 후 110 회/분으로 46%까지 떨어지는 기록을

보이기도 하였다. 회복기 2분째 107.2 ± 8.1 회/분, 4분째 96.0 ± 6.2 회/분, 8분째 89.7 ± 9.3 회/분대로 떨어져 10분까지 이어지는 양상(87.6 ± 9.6 회/분, 27.5%)을 보였다. 한국 선수들의 안정시 심박수는 52.8 ± 4.7 회/분(0%)으로 운동 중 최고 193.5 ± 5.5 회/분(100%)으로 증가하였다가 회복기 1분 후 153.1 ± 16.3 회/분(71.3%)으로 감소하는 양상을 보였다. 회복기 4분째 107.3 ± 8.1 회/분으로 감소하고 회복기 10분까지 비슷한 수준인 104.1 ± 6.3 회/분(36.4%)을 유지하고 있었다<표 3>. 이와 같이 운동 후 심박수는 케냐 선수가 한국 선수들에 비해 빠르게 회복되는 것으로 나타났으며 이는 통계적으로도 유의하였다($F=3.225$, $p=.002$).

표 3.

그림 1.

3) 최대 운동후 혈중 젖산 회복 비교

젖산회복 양상을 보면 케냐선수들의 경우 안정시 2.4 ± 1.1 mmol에서 탈진시 10.7 ± 4.3 mmol까지 상승하였다가 회복기 동안 지속적으로 감소하여 10분 후에 5.8 ± 2.9 mmol까지 도달하는 양상을 보였다. 반면 한국 선수들의 젖산 농도 변화는 안정시 1.7 ± 0.6 mmol에서 탈진시 11.6 ± 4.0 mmol까지 상승하였다가 회복기 4분에 최고 수치인 12.7 mmol까지 증가하고 회복기 10분에 10.5 ± 2.6 mmol까지 감소하는 양상을 보였다. 이와 같이 젖산 농도의 변화는 케냐와 한국 선수들간에 다른 양상을 보였고 심박수 변화와 마찬가지로 통계적으로 유의한 교호 작용을 보이는 것으로 나타났다($F=2.699$, $p=.027$)<표 4>.

표 4

그림 2

논의

장거리 달리기 수행능력의 결정 요인으로 주로 거론되는 세 가지는 최대산소섭취량, 젖산 역치, 달리기 효율성이며 di Prampero et al.(1986)은 이 세 가지 결정 요인이 장거리 달리기 수행능력에 있어서 개인차를 70% 설명한다고 하였다. 케냐와 이디오피아를 포함하는 동아프리카는 세계적인 중장거리 달리기 선수들을 다수 배출하며 주요 경기들에서 탑 순위를 석권하고 있는데 그런 만큼 케냐 선수들의 달리기 수행 능력의 결정 요인들에 관해서 다수 연구가 진행되어 왔다. 본 연구 또한 그러한 일환에서 진행되었으나 특히 선수들의 운동 후 회복능력에 초점을 맞추어 케냐 선수들의 생리적 특성을 파악해 보고자 하였다.

본 연구 결과에서 최대산소섭취량은 케냐 선수들이 우리나라 선수들보다 높은 수준을 보였는데 실제로 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 케냐의 주자들과 비아프리카인 선수들을 비교한 연구(Saltin et al., 1995b)에서는 케냐 엘리트 장거리 달리기 선수들은 매우 높은 VO_{2max} (79.9 ml/kg/min)를 가지고 있지만 이것은 스칸디나비아의 엘리트 선수들에 비해 더 높은 수준은 아니라고 하였다. 이 연구에 참가한 케냐 선수들과 비교하였을 때, 본 연구에 참가한 선수들의 최대산소섭취량은 74.1 ml/kg/min로 다소 낮았으며 우리나라 선수들 또한 72.3 ml/kg/min으로 김기진 등(1991)이 우리나라 국가대표 선수들의 최대산소섭취량 수준으로 발표한 78~84.5 ml/kg/min보다 다소 낮은 경향을 보였다. 평균 수치이기 때문에 국제 대회에서 탁월한 성적을 보이는 몇몇 선수들의 수준인 80~85 ml/kg/min에는 못 미치나 케냐와 한국 선수들 모두 Pollock(1977)이 제시한 우수한 마라톤선수들의 최대산소섭취량 범위 70~80 ml/kg/min 안에 속하는 것이었다. 최대산소섭취량과 운동수행력에 대해 Foster와 Lucia(2007)는 최대산소섭취량이 70 ml/kg/min 이상이 아니라면 세계적 수준의 달리기 수행력을 보이기 힘들다고 하였으며 월드 클래스 선수들의 평균 최대산소섭취량은 75

~80 ml/kg/min라고 하였다. 최대산소섭취량을 평가하는데 있어서 고려해야 할 사항은 일반적으로 달리기 실력이 다양한 집단에서는 VO_{2max} 와 달리기 수행력 사이에 높은 상관관계가 있지만(Maughan and Leiper, 1983; Sjodin and Svedenhag, 1985), 높은 수준의 실력 차가 크지 않은 선수들 사이에서는 VO_{2max} 가 수행력의 예측인자로서 민감도가 다소 떨어진다고 보고되었다는 점이다(Conley and Krahenbuhl, 1980; Sjodin and Svedenhag, 1985). 또한 Boulay et al.(1988)은 문헌 고찰을 통해 운동 능력의 인종적 차이를 비교해 보고 최대산소섭취량에 있어서 명백한 인종적 차이가 있다는 타당하고 신뢰할 만한 증거가 없다고 하였다.

한편, 케냐의 중장거리 선수들은 운동 시 더 높은 상대적 강도를 유지할 수 있는 능력이 다른 남아프리카 선수들에 비해서 뛰어난 것으로 나타났다. 예를 들어 60년대 1500, 3000, 5000m 등 중거리에서 두각을 나타냈었던 Kip Keino 선수는 5000m 달리기 동안 그의 VO_{2max} 를 그대로 유지할 수 있었으며 10km race를 할 때는 97~98% 이상으로 달릴 수 있었다고 한다(Larsen, 2003). 케냐 선수들이 모두 이러한 수준일 것이라 생각하는 것은 아니지만 이들의 type I 근섬유 비율이 높고(Saltin et al., 1995), 일정한 운동 강도로 달릴 때 다른 엘리트 러너들에 비해 낮은 혈중 젖산 수준을 보인다는 연구 결과들을 보면(Larsen, 2003), 그들의 뛰어난 피로 내성과 운동 효율성을 의심할 수가 없다. 본 연구에서 보여준 케냐 선수들의 탁월한 운동 후 피로회복 능력은 이와 무관하지 않은 것으로 보인다. 최대 운동 부하 검사 직후 케냐 선수들은 10.7 mmol/l의 최대 젖산 농도를 기록한 후 계속적으로 감소하여 10분 후 60% 가까이 감소하였지만 한국 선수들의 경우 운동 직후 11.6mmol/l까지 상승하고 운동 후 4분에 12.7 mmol/l의 최고 수준을 보인 다음 운동 후 10분까지 약 20% 정도만 감소하였다. Simon et al.(1986)은 운동 후 회복기 동안 최고 젖산 농

도를 보이는 시간이 훈련된 피험자가 그렇지 않은 피험자에 비해 빨랐다고 하였는데 그 이유로 훈련된 사람들의 젓산 확산률이 더 빠르다는 점을 지적하였다. 트레이닝으로 인해 유의하게 모세혈관이 발달하고 밀도가 증가함에 따라서 교환 면적이 늘어나고 젓산 생성 위치와 모세혈관 벽 사이 확산 거리가 짧아지게 되는데 이러한 적응 반응으로 젓산 교환 능력이 향상되는 것으로 보인다(Messonnier et al., 2001). 실제로 케냐와 덴마크 엘리트 러너들의 모세혈관 발달을 비교한 Saltin et al.(1995a)은 케냐 엘리트 러너들이 보다 높은 모세혈관 발달 경향이 있었다고 하였다.

지구성 훈련에 의해 젓산 교환 능력뿐만 아니라 젓산 제거 능력 또한 향상되는 것으로 보인다. Messonnier et al.(1997)은 로잉 에르고미터 운동을 실시한 선수들의 대사능력을 분석한 결과 운동수행능력은 젓산 제거 능력과 양의 상관관계가 있다고 하였으며 상대적으로 더 고강도로 운동을 지속할 수 있는 능력은 젓산 제거 능력의 향상과 관련이 있는 것으로 보인다고 하였다. 이러한 연구 결과들을 볼 때 케냐 선수들의 증가된 젓산 교환과 제거 능력은 잘 훈련된 상태에서 보여주는 대사적 적응의 표출로 보인다. 물론 케냐선수들의 이러한 능력이 타고난 유전적 소양인지 훈련에 의해 개발된 것인지에 관해서는 더 연구가 필요하다.

대사적 회복능력 뿐만 아니라 심박수의 회복에 있어서도 케냐 선수들은 월등하였다. 심박수의 최고수치를 100%, 안정시를 0%로 보았을 때 본 연구에서 케냐 선수들은 회복기 1분 후 심박수가 59.2%까지 떨어지고 10분 후 27.5%까지 떨어진 반면, 한국 선수들은 회복기 1분 후 71.3%까지,, 10분 후에는 36.4%까지 떨어졌다. 이와 같이 케냐 선수들은 회복기 1분 안에 두드러지게 빨리 심박수가 감소되는 양상을 특징적으로 보였으며 10분 안에 72.5% 회복되는 우수한 능력을 보여주었다.

운동 직후 심박수회복율은 최근 일반인들을 대

상으로 심혈관 질환 관련 임상적 증상이나 사망률을 예측할 수 있는 간단하고 유용한 변인으로 잠재적 가치를 인정받고 있는데(Watanabe et al., 2001; Morshedi-Meibodi et al., 2002) 운동 직후 최초 30초간의 심박수 감소는 부교감신경인 미주신경의 재활성화에 의해 더 영향을 받고 120초의 경우에는 운동의 강도 및 교감신경 활동에 더 영향을 받는 것으로 보인다고 하였다 (Imay et al, 1994).

운동 후 미주신경에 의해 조절되는 심박수 회복은 잘 훈련된 선수들에게 있어서 촉진되는 것으로 나타났으며, 운동 후 심박수 회복에 영향을 주는 요인들에 관한 다양한 연구에서도(Imai et al., 1994; Pierpont et al., 2000) 운동 중단 후 부교감신경 긴장의 증가 속도가 심박수 회복의 타임 코스에 크게 영향을 미치는 것으로 보고되었다. 또한 209명의 건강한 사람들(운동부하검사 시 혈액학적인 반응이나 심전도 상에서 이상이 없었던 사람들)을 대상으로 최대운동능력검사 변인들을 분석한 한 연구는 동맥의 경화(stiffness) 정도를 파악할 수 있는 맥파속도(pulse wave velocity)와 심박수 회복 사이에 유의한 상관관계가 있다고 하였다(Fei et al., 2005).

이러한 연구 결과들을 바탕으로, 케냐 선수들의 운동 직후 심박수가 급격하게 감소하는 것은 운동 직후 부교감 신경의 재활성이 빠르고 이와 함께 혈관의 탄력성이 높기 때문이라는 가능성을 예측하게 된다. 이러한 추론을 검증하기 위해서는 차후 연구가 계속 진행되어야 할 것이다.

결론

본 연구는 한국과 케냐의 남자 엘리트 마라톤 선수들을 대상으로 점진적 최대운동부하검사를 실시하여 최대산소섭취량을 비교하고 탈진 이후 심박수와 젓산의 변화 양상을 관찰함으로써 이들의 회복 능력을 비교하였다. 그 결과 케냐와

한국의 마라톤 선수들의 최대산소섭취량에서 유의한 차이는 없었지만 운동 직후 심박수와 젖산 회복율에 있어서는 케냐 선수들이 유의하게 뛰어난 것으로 나타났다. 차후 이러한 차이를 보이는 요인들에 관해서는 더 구체적인 연구들이 필요하겠다. 본 연구 결과 해석과 관련해서 고려해야 할 점은 본 연구에 참가한 피험자들이 국제대회에 참가하는 우수한 선수들이지만 모두가 각국을 대표하는 최고 선수들이라고 단언할 수는 없다는 제한점이다. 연구의 성격상 피험자 선발에 어려움과 한계가 있지만 한국의 마라톤 너들의 잠재력을 개발하고 발전시키기 위해 세계적 위상을 가지는 동아프리카 선수들의 생리적 특성을 연구하고 비교해 보는 작업들이 차후 더 지속적으로 진행되어야 할 것이라고 본다.

참고문헌

- 김기진, 김영수, 안희균, 윤재량, 이동규, 이종각, 정동식, 윤동주(1991). 종목별 국가대표선수의 심폐기능. 제 2회 한국운동과학회 세미나, **1(3)**, 10-27.
- Boulay, M. R., Ama, P. F., Bouchard, C.(1988). Racial variation in work capacities and powers. *Can. J. Sport Sci.*, **13**, 127-135.
- Conley D. L., & Krahenbuhl, G. S.(1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **12**, 357-360.
- Di Prampero, P. E., Atchou, G., Brückner, J. C., & Moia, C.(1986). The energetics of endurance running. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **55**, 259-266.
- Fei, D., Arena, R., Arrowood, J. A., Kraft, K. A.(2005). Relationship between arterial stiffness and heart rate recovery in apparently healthy adults. *Vascular Health and Risk Management*, **1(1)**, 85-89.
- Foster, C., & Lucia A.(2007). Running economy: The forgotten factor in elite performance. *Sports Medicine*, **37(4-5)**, 316-319.
- Imai, K., Sato, H., Hori, M., Kusuoka, H., Ozaki, H., Yokoyama, H., Takeda, H., Inoue, M., & Kamada, T.(1994). Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **24**, 1529-1535.
- Larsen, H. B.(2003). Kenyan dominance in distance running. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, **136**, 161-170.
- Lucia, A., Esteve-Lanao, J., Oliván, J., Gómez-Gallego, F., San Juan, A. F., Santiago, C., Pérez, M., Chamorro-Viña, C., Foster, C.(2006). Physiological characteristics of the best Eritrean runners: exceptional running economy. *Appl Physiol Nutr Metab.*, **31**, 530-540.
- Maughan, R. J., & Leiper, J. B.(1983). Aerobic capacity and fractional utilization of aerobic capacity in elite and non-elite male and female marathon runners. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, **52**, 80-87.
- Messonnier L., Freund, H., Féasson, L., Prieur, F., Castells, J., Denis, C., Linossier, M., Geysant, A., & Lacour, J.(2001). Blood lactate exchange and removal abilities after relative high-intensity exercise: effects of training in normoxia and hypoxia. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **84**, 403-412.
- Messonnier, L., Freund, H., Bourdin, M., Belli, A., & Lacour, J.(1997). Lactate exchange and removal abilities in rowing performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **29(3)**, 396-401.
- Morshedi-Meibodi, A., Larson, M. G., Levy, D., O'Donnell, C. J., & Vasan, R. S.(2002). Heart rate recovery after treadmill exercise testing and risk of cardiovascular disease events (The Framingham Heart Study). *Am. J. Cardiol.*, **90**, 848-852.
- Noakes, T. D., Myburgh, K. H., & Schall, R.(1990). Peak treadmill running velocity during the VO₂max test predicts running performance. *J. Sports Sci.*, **8**, 35-45.
- Pierpont, G. L., Stolpman, D. R., & Gornick, C. C.(2000). Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. *J. Auton Nerv Syst.*, **80**, 169-174.
- Pollock, M. L.(1977). Submaximal and maximal

- working capacity of elite distance runners. Part 1:Cardiorespiratory aspects. *Ann. NewYork Acad. Sciences*, **301**, 310-322.
- Saltin, B., Kim, C. K., Terrados, N., Larsen, H., Svedenhag, S., & Rolf, C. J.(1995a). Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scand. J. Med. Sci. Sports.*, **5**, 222-230.
- Saltin, B., Larsen, H., Terrados, N., Bangsbo, J., Bak, T., Kim C. K., Svedenhag, J., & Rolf, C. J.(1995b). Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scand. J. Med. Sci. Sports.*, **5**, 209-221.
- Simon, J., Young, J., Blood, D., Segal, K., Case, R., & Gutin., B.(1986). Plasma lactate and ventilation thresholds in trained and untrained cyclists. *J. Appl. Physiol.*, **60**, 777-781.
- Sjödin, B., & Svedenhag, J.(1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Med.*, **2**, 83-99.
- Tanaka, K., & Matsuura, Y.(1984). Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate accumulation. *J. Appl. Physiol.*, **57**, 640-643.
- Watanabe, J., Thamilarsan, M., Blackstone, E. H., Thomas, J. D., Lauer, M. S.(2001). Heart rate recovery immediately after treadmill exercise and left ventricular systolic function as predictors of mortality: the case of stress echocardiography. *Circulation*, **104**, 1911-1916.
- Weston, A.R., Karamizrak, O., Smith, A., Noakes, T. D., & Myburgh, K. H.(1999). African runners exhibit greater fatigue resistance, lower lactate accumulation, and higher oxidative enzyme activity. *J. Appl. Physiol.*, **86**, 915-923.

The recovery rate of heart rate and blood lactate after maximal exercise test in Korean and Kenyan male elite marathon runners

Jae-Hyun Lee^a, Chang-Suk Oh^b, & Seong-Yeon Cho^c
Sky Sports Medicine Research Institute^{a, c}, Baeksuk University^b

The purpose of this study was to compare heart rate and blood lactate recovery after maximal exercise test between Kenyan(KN) and Korean(KR) male elite marathon runners. 18 male elite marathon runners(ten of KN and eight of KR) performed graded exercise test until their exhaustion. Heart rate values at rest peak, and every minutes until 10 minutes after all-out were recorded and blood lactate level measured from the fingertip were recorded at rest, all-out and during recovery(2, 4, 6 and 10 minutes after exhaustion). The interaction of group and time in recoveries of heart rate($F=3.225$, $p=.002$) and blood lactate level($F=2.699$, $p=.027$) was statistically significant although there was no difference in maximal oxygen uptake between KN and KR. Heart rate of KN was recovered to 59.2% at 1 minute recovery then to 27.5% at 10 minute recovery while that of KR to 71.3% at 1 minute recovery then to 36.4% at 10 minute recovery. Lactate level of KN decreased almost 60 percent at recovery 10 minutes from the peak at all-out while that of KR, 20 percent at recovery 10 minutes from the peak at recovery 4minutes. Our study demonstrates that Kenyan male elite marathon runner's abilities of recovery in heart rate and blood lactate after maximal exercise are higher than Korean ones although their maximal oxygen uptake are not much different.

Keywords : marathon, Kenya runner, heart rate recovery, blood lactate recovery

표 1. 피험자 특성

(Mean±SD)

	KN (n=10)	KR (n=8)
나이 (세)	27.0±5.6	25.3±5.3
신장 (cm)	170.1±12.1	172.3±7.3
체중 (kg)	55.6±6.3	59.9±3.6
체질량지수 (kg/m ²)	19.2±1.1	20.1±0.7
체지방률 (%)	7.0±2.4	8.5±2.8

KN: 케냐 선수 집단, KR: 한국 선수 집단

표 2. 케냐와 한국 마라톤 선수들 간 유산소성 능력 비교

변인	KN (n=10) mean±SD	KR (n=8) mean±SD	t	p
운동지속시간 (분)	21.6 ± 1.1	22.4 ± 1.4	1.409	.178
최대산소섭취량 (ml/kg/min)	74.1 ± 5.9	72.3 ± 6.5	.610	.551

KN : 케냐 선수 집단, KR : 한국 선수 집단

표 3. 케냐와 한국 마라톤 선수들 간 최대운동 후 심박수 회복 비교

(Mean ±SD)

집단	안정	최고	운동후 회복기							교호작용 (집단×시간)	
			1분 (R1)	2분 (R2)	3분 (R3)	4분 (R4)	6분 (R6)	8분 (R8)	10분 (R10)	F	p
KN (n=10) bpm	50.7 ±3.2	184.4 ±8.5	129.7 ±10.9	107.2 ±8.1	101.0 ±9.4	96.0 ±6.2	91.0 ±7.8	89.7 ±9.3	87.6 ±9.6	3.225	.002
KR (n=8) bpm	52.8 ±4.7	193.5 ±5.5	153.1 ±16.3	118.4 ±10.3	110.0 ±7.6	107.3 ±8.1	104.6 ±6.4	104.3 ±6.4	104.1 ±6.3		

KN : 케냐 선수 집단, KR : 한국 선수 집단

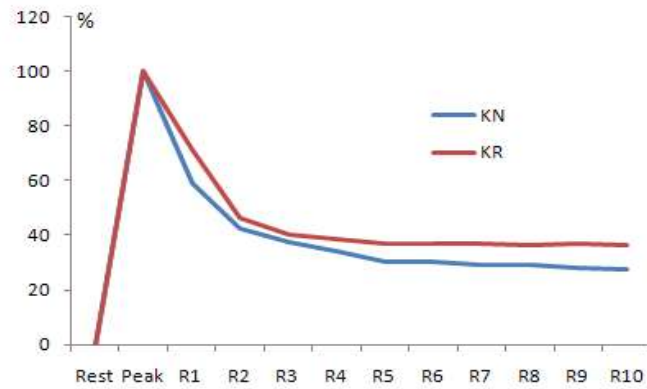


그림 1. 케냐(KN)와 한국(KR) 마라톤 선수들의 최대운동 후 심박수 회복

표 4. 케냐와 한국 마라톤 선수들 간 최대운동 후 혈중 젖산 농도 회복 비교

(Mean±SD)

집단	안정시	탈진시	운동후 회복기				교호작용 (집단×시간)	
			2분	4분	6분	10분	F	p
KN (n=9) mmol/l	2.4±1.1	10.7±4.3	10.1±3.9	9.6±4.5	7.2±2.5	5.8±2.9	2.699	.027
KR (n=8) mmol/l	1.7±0.6	11.6±4.0	12.3±2.8	12.7±2.7	11.8±1.9	10.5±2.6		

KN : 케냐 선수 집단, KR : 한국 선수 집단

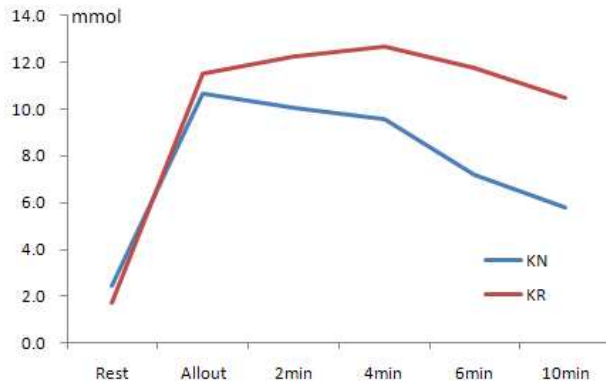


그림 2. 케냐(KN)와 한국(KR) 마라톤 선수들의 최대운동 후 혈중 젖산 농도 회복