

⑧ 체온과 운동 능력

# 체온, 땀, 수분, 에너지 소비량 간의 상관관계

글 | 이대택 \_ 국민대학교 체육학부 교수 dtlee@kookmin.ac.kr

인간은 항온동물이다. 그래서 살아있는 사람이라면 예외 없이 누구나 일정한 범위의 체온을 유지하고 있어야 한다. 인간이 일정한 범위의 체온을 유지할 수 있는 능력은 간단한 원리에 의한다. 인간은 끊임없이 몸 속에서 열을 만드는데, 이렇게 만들어진 열은 인간을 둘러싸고 있는 외부환경으로 빠져나간다. 만약 몸 속에서 만들어진 열이 외부로 빠져나가지 못한다면 오�히려 몸 밖에서 우리 몸 안으로 열이 들어오게 되면 우리의 체온은 오르게 된다. 반대로 만들어진 열보다 더 많은 열이 외부로 빠져나가면 체온은 떨어질 수밖에 없다. 인간의 체온은 열생산량과 열손실량의 균형에 의한다.

운동선수의 체온은 어떠할까. 훈련할 때나 실제 경기에서나 운동선수의 과다한 근육운동은 더 많은 에너지를 소비하게 되고 더불어 더 많은 열을 생산한다. 많은 열을 생산한다는 것은 그만큼의 많은 열을 몸 밖으로 배출시켜야함을 의미한다. 그래서 꼭 운동선수가 아니라도 힘든 운동을 경험하는 모든 사람들은 체열을 발산하기 위해 땀을 흘린다. 그렇다면 인간은 과연 어느 정도의 열을 생산할 수 있을까. 열을 발산하기 위해 땀은 어떻게 흘리며, 땀을 흘리면서 나타나는 육체능력의 변화는 무엇인가. 그리고 땀을 흘림으로써 육체능력이 변화가 온다면 우리는 그것에 어떻게 대비해야 하는 것일까. 이러한 질문에 대한 대답은 운동선수에게 있어 보다 좋은 컨디션을 유지하는 전략으로 설정될 수 있다.

### 전반 45분간 뛰 축구선수 약 10℃ 열 생산

인간의 체열은 대사과정을 통해 생성된다. 인간이 생명체로 살아가기 위해 필요한 최소한의 열을 만드는 대사수준을 우리는 기초대사율(BMR)이라 한다. 그러니까 잠을 자거나 또는 누워서 눈을

감고 아무 일도 하지 않는 동안 소비되는 에너지의 양 또는 이 때 발생하는 열의 양을 말한다. 즉 BMR는 최소한의 움직임 조건에서 사용되는 에너지양이며, 이를 1 MET(대사당량)로 표현하기도 한다. 만약 BMR에 비해 약 2배의 에너지 소비를 요구하는 움직임을 행하였다면 비율적으로 이를 2 MET로 규정한다.

인간이 만드는 열은 어느 정도이며, 또한 어느 정도까지 MET를 증가시킬 수 있을까. 이는 인간의 체온조절능력을 이해하는데 아주 중요한 부분이다. 예를 들어보자. 실제로 70kg인 사람의 안정시 생산하는 열을 그대로 축적시키면 체온은 시간당 약 1.5℃ 오른다. 여기서 이 사람을 축구에서의 미드필더로 놓자. 그리고 축구경기에서 선수들이 경험하는 운동 강도인 9MET로 전반 45분을 뛰게 하자. 이 경우 계산에 의하면 이 선수가 전반전 동안 생산하는 열량은 체온을 약 10℃ 올릴 수 있다. 이 축구선수가 자신의 체온을 유지하기 위해서는 45분 동안 이 만큼의 열을 몸 밖으로 배출해야만 하는 것이다. 만약 이보다 더 강한 운동이나 또는 더운 환경에서 축구를 한다면? 상상하기 어렵지 않다. 경기가 격렬해질수록 습하고 더울수록 그리고 경기가 더 진행될수록 선수의 육체적 생리적 고통은 가속적으로 빠르게 진행된다.

인간의 열생산 능력과 체온의 관계는 다른 방식으로도 이해할 수 있다. 과학자들이 궁금해 하는 질문의 하나는 인간이 발휘할 수 있는 에너지대사율은 과연 어디까지인가 하는 것이다. 즉 MET로 따져 어디까지 올라 갈 수 있는가 하는 것이다. 현재 과학적인 증거에 의하면 잘 훈련된 운동선수는 자신의 대사량을 약 20MET 이상까지 상승시킬 수 있다고 한다. 엄청난 수준의 열을 생산할 수 있는 것이며, 인체가 감당하고 조절할 수 있는 열량이 어느 정도인가를 증명하는 결과다. 그러나 이 수준에서의 에너지소비와 열발생이 계속 이루어질 수 있다는 것은 아니다. 그래서 과학자들은 유지 가능한 최고 수준의 에너지량이 어느 정도인가 하는 것으로 인간의 대사능력을 따지기도 한다.

지금까지 알려진 인간에게서 관찰되는 유지 가능한 최대 에너지 소비량은 바로 프랑스에서 개최되는 '투르 드 프랑스'에서 찾아볼 수 있다. 이 경기는 약 3주 동안 프랑스 전역을 일주하는 사이클대회인데, 선수들은 22일 동안 34개의 산을 넘고 총 3천826km를 달

리게 된다. 이 경기에서 조사된 바에 따르면 하루 평균 에너지소비량이 7천kcal로 나타났다. 이는 같은 체중의 일반인들에 비해 이 경기에 참가한 선수가 약 4.3배에 해당하는 에너지를 소비한다는 것을 말한다. 간단히 말하자면 먹는 음식의 열량이 4.3배 또는 한 끼에 밥 한 그릇 먹는 사람에 비해 이 선수들은 4.3 공기를 먹는 것으로 이해하면 더 쉬울 것이다.

그런데 이 사실들이 그렇게도 중요하게 여겨지는 것인가? 문제

는 열량을 소비한다는 것이 바로 열을 생산한다는 것과 상통하기 때문이다. 하루 동안 보통 사람에 비해 4.3배의 에너지를 소비한다면 그만큼의 열을 발산해야 하며, 그 열을 발산하기 위해 땀을 흘려야 한다는 것이다. 많은 열을 만들어 많은 땀을 흘리면 그 땀에 의해 인체가 영향을 받기 때문이다.

### 땀으로 급상승 체온 발산, 체수분 감소시켜

보통의 경우 상온에서 인간은 자신이 만들어 낸 열을 자연스럽게 외부로 방출한다. 그러나 생성되는 열의 양이 많아지거나 외부환경의 온도가 높아지게 되면 보다 적극적인 방법을 통해 열을 방출하게 된다. 그것이 바로 땀인데, 피부에서 분비되는 땀은 외부환경으로 증발하면서 피부로부터 열을 빼앗아가게 된다. 그러니까 운동이 격해 질수록, 체온이 많이 오를수록 땀은 더 많이 나게 마련이다. 더 많은 열을 빨리 발산해야 하니까.

인간의 땀 분비량은 사람마다 차이가 나지만, 상당히 광범위하게 나타난다. 보통의 경우 운동중에, 여기서는 축구경기라고 해 볼까, 약 1.0~2.5 liter/hr의 땀을 낸다. 물을 한 모금도 먹지 않고 축구경기를 한다면 전후반 끝내고 족히 3리터 이상의 땀을 흘린다고 보면 된다. 체중을 70kg으로 가정하면 약 4% 이상의 체중이 감소하는 결과다. 알려진 바로는 체중의 약 2% 이상을 초과하여 땀을 배출한다면 인간의 생리적 기능에 무리가 오면서 운동능력이 떨어지게 된다. 그러니까 축구선수가 전반전을 끝내고 2% 이상의 체중이 감소하였다면, 후반전에 들어서는 경기중에 심박수가 전반전보다 훨씬 더 높게 증가하고 땀의 분비가 점점 줄어들게 된다. 그리고 이는 다시 체온의 급상승을 초래하게 된다. 땀이 줄어드니까 체온을 발산하는 능력이 떨어지기 때문이다. 그래서 체온의 상승과, 체수분의



‘투르 드 프랑스’ 사이클대회 마지막 구간인 상젤리제 거리를 지나는 선수들(파리=연합뉴스).



부족, 그리고 대사물질의 축적이 후반전에 선수를 견제 하는 것이다.

땀의 방출은 직접적으로는 체수분을 감소시킨다. 땀이라는 것의 거의 모든 부분이 물이기 때문이다. 현재 운동선수를 대상으로 하는 수분섭취나 스포츠음료의 활용은 선수관리 및 훈련프로그램의 중요한 한 요소로 여겨지고 있다. 왜냐 하면 운동으로 인해 몸으로부터 빠져나가는 땀의 양을 수분보충을 통해 충당해주면 운동중에 나타나는 운동능력 감소를 어느 정도 무마시켜주기 때문이다. 그리고 어떻게 마시고 어떠한 음료를 마시는가에 따라 그 효과의 유무 또는 효율성에 차이를 나타내게 된다. 계획적으로 수분을 보충한다는 뜻이다. 아무렇게나 마시는 것은 절대 아니다. 운동종목에 따라

선수에 따라 달라질 수 있는 여지가 충분하다.

### 스포츠 음료로 수분 · 전해질 · 에너지 보충

지난 약 50여 년 동안 운동중에 손실되는 수분과 운동으로 인해 고갈되는 에너지를 보충하기 위해 스포츠음료가 개발되고 지금까지 연구가 지속되고 있다. 물론 연구와 경험의 근거에 따라 운동 선수를 대상으로 하는 수분보충의 전략이 약간씩의 수정사항이 존재하기는 하지만 가장 최근까지 정립된 권장사항은 다음과 같이 제안하고 있다.

수분섭취 전략은 시간적으로 크게 세 단위로 나뉘는데, 훈련/시합 전, 중, 후이다. 아무 때나 아무렇게나 무조건 물을 마시는 것이 아니라는 것이며, 훈련 전과 훈련 동안과 훈련 후에 서로 다른 방법을 이용하여 수분을 섭취하도록 하고 있다. 운동 전에 어떻게 마시는가부터 알아보자. 운동 전이라면 수분보충의 목표가 적절한 체수분량 유지와 함께 혈액 속의 전해질량을 유지하는 것이다. 이를 위해 운동 4시간 전부터 약간의 소금기가 포함된(20~50 mEq/L) 수분 또는 음료를 계속적으로 마셔줌으로써 최대한의 체수분량을 확보하는 것이 권장된다. 혹여 더 많은 수분을 섭취하면 좋지 않을까 하는데 그렇게 보이지는 않는다. 왜냐 하면 우리 몸이 함유할 수 있는 양 이상의 수분을 마셔준다면 신장을 통해 소변으로 방출되기 때문이다. 그리고 정상적인 수준의 체수분량에 비해 더 많은 양의 수분을 가지고 있다고 하더라도 운동능력이 향상되는 것은 아니기 때문이다.

운동중에는 가장 적극적이고 철저한 준비를 통해 수분을 보충하게 한다. 운동중에 수분을 보충하는 목표는 간단하다. 체중의 감소를 막고 전해질의 균형을 유지하며, 나아가 고갈되는 에너지를 보충하는 것이다. 그래서 우리는 일반적으로 스포츠음료라고 명명된 특수한 용액을 만들어 마시게 된다. 스포츠음료의 역할은 간단한 논리에 근거한다. 운동을 통해 소비되는 수분을 보충하고, 땀을 통해 배출되는 전해질을 보충해주며, 운동중에 고갈되어가는 에너지를 보충해주는 것이다. 그러니까 수분과 전해질과 에너지로 가장 쉽게 사용될 수 있는 탄수화물이 포함된 음료가 바로 스포츠음료인 것이다.

그런데 운동을 얼마나 오래하는가에 따라 스포츠음료의 구성이 달라진다. 만약 스포츠음료의 역할이 손실되거나 고갈되는 것을 보충해주는 것이라면, 손실과 고갈이 나타나는 시점에 따라 음료의 구성이 달라질 수 있을 것이다. 예를 들어 운동이 1시간 이내로 끝

연습포토



아시아를 순회하며 친선경기중인 맨체스터 유나이티드 선수들이 19일 오전 서울 상암동 서울월드컵경기장에서 열린 팀 훈련에서 운동장을 달리며 컨디션을 점검하고 있다(서울=연합뉴스).

난다면 전해질이 포함된 음료는 필요하지 않다. 왜냐 하면 1시간 이내의 운동에서는 우리 신체기능을 저하시킬 정도의 전해질량이 빠져나가지 않기 때문이다. 탄수화물의 경우도 마찬가지다. 어떠한 운동이라도 근육과 간에 저장된 글루코스가 고갈되어 운동을 더 이상 할 수 없는 상태에 빠지지 않는다. 다시 말해 약 45분 이내의 운동에서 에너지가 고갈되어 운동을 더 이상 못하게 되는 경우는 없다는 것이다. 이에 반해 땀은 다르다. 약 20분 정도 운동이 지속 되면 땀의 분비가 왕성하게 나타나게 되고 현저한 수준의 체중이 감소하게 된다.

### 탄수화물 함량 6% 스포츠음료가 최적

이와 같은 논리를 근거로 하면, 운동중에 어떠한 수분을 섭취할 것인가가 명확하게 나타난다. 보통 1시간 이내의 운동에서는 물만으로도 운동능력을 유지할 수 있다. 그러나 1시간이 넘는 운동에서는 그 마시는 수분에 탄수화물과 전해질을 포함시키는 것이 생리적 항상성을 유지하는데 유리하다. 정리하여 설명하자면, 운동지속 시간에 따라 무슨 음료를 마실 것인가가 결정되는 것이다.

스포츠음료에서 가장 집중적으로 연구된 것은 바로 탄수화물의 함량이다. 지금까지 연구된 바로는 약 6%의 탄수화물이 포함된 음료를 최상의 스포츠음료로 평가하고 있다. 국제적인 명성을 가진 브랜드의 스포츠음료들은 모두 약 4~8%의 탄수화물을 포함하고 있다. 콜라와 오렌지주스가 12%인 것을 감안하면 6%는 이들의 반에 해당하는 농도인 것이다. 탄수화물이 약 6% 정도 포함된 음료는 위장에서의 흡수율이 물에 비교해 떨어지지 않는다. 그러나 8% 이상의 탄수화물이 포함된 음료는 그 농도로 인해 위장흡수력이 제한 받는다.

탄수화물의 종류에도 관심을 두고 있다. 아직까지 탄수화물의 구성비에 대해 명확한 합의가 이루어지고 있지는 않지만 글루코스, 수크로스, 프룩토스, 말토덱스트린이 배합되어 구성된 음료가 위장흡수를 가장 빠르게 진행시키는 것으로 알려지고 있다. 재미있는 것은 이 네 탄수화물의 종류는 대부분의 오렌지류의 과일에 포함된 당분구성과 유사하다는 점이다.

여하튼 운동중에는 손실되는 땀의 양만큼 음료를 보충해주는 것이 중요하다. 여기서 어느 정도의 수분을 마셔야 하는가는 문제는 사람마다 다르다. 특히 운동선수의 경우는 더욱 그러하다. 그래서 운동선수의 경우는 평소 훈련 상황에서 땀을 어느 정도 흘리는가를 모니터링하여 추정하고 이를 실전에 사용하는 것이 중요하

다. 평균적으로 보자면 시간당 약 1리터 정도의 음료를 보충해 줄 필요가 있다.

운동 후에는 어떨까. 운동 후에 수분보충의 목표는 잃었던 수분을 완전하게 재보충하는데 있다. 그러기 위해 일상적인 식사와 함께 충분한 물을 섭취해 주는 것이 중요하다. 약간의 짠 음식이나 과자를 수분섭취와 함께 병행해도 좋다. 왜냐 하면 약간의 짠기는 인 간의 갈증욕구를 자극하기 때문이다. 한 가지 명심할 것은 체중감소량보다 많은 양의 음료를 섭취해야 한다는 것이다. 그러니까 운동을 통해 약 1kg이 줄었다면 1.5kg의 수분이나 음료를 섭취하는 것이 좋다는 것이다. 왜냐 하면 갑작스러운 수분의 보충은 신장을 통해 수분의 배출을 유도하기 때문이다. 또 한 가지 중요한 점은 계속적으로 조금씩 마셔준다는 것이다.

### '물 마시는 것'도 훈련이자 전략

수분섭취에 대해 아직까지 모르고 있는 것들이 산재해 있다. 예를 들어 운동 전, 중, 후의 스포츠음료의 성분 함량이 같을 것인가 하는 것이다. 즉 운동을 하지 않을 때와 할 때 위장의 수분흡수율이 달라질 것으로 예상되지만 여기에 공급되는 스포츠음료의 합당한 탄수화물이나 전해질의 구성비는 아직 모르고 있다. 그러니까 앞으로는 스포츠음료도 운동 전과 운동중, 그리고 운동 후에 마실 스포츠음료가 따로 나올 수도 있으며, 그래야 한다는 것이다. 그렇다면 계절적인 차이나 밥을 먹고 난 후나 공복에서 마시는 스포츠음료는 달라져야 할까? 아직 확실하지 않지만, 계절에 따라 땀의 양과 땀의 성분이 달라진다면 분명 스포츠음료도 계절별로 따로 만들어져야 할 것이다. 앞으로 마트에서 계절에 따라 3병이 함께 포장된 스포츠음료를 볼 수 있는 가능성도 있는 것이다.

인체의 운동능력은 체온에 따라 체수분의 유지능력에 따라 달라질 수 있다. 그래서 운동선수의 수분섭취는 전략적으로 이루어진다. 갈증을 느낀다고 마셔주고 생각나서 마셔주는 것은 아니다. 선수의 땀분비량과 분비율에 따라 개개인에 적합한 수분섭취량과 전략이 수립되어야 한다. 그리고 이러한 전략은 훈련을 통해 효율성의 극대화를 이끌어 낼 수 있다. 다시 말해 수분을 섭취하는 것도 훈련에 의해 이루어질 수 있다는 것이다. 체온조절과 운동능력 유지를 위해 이제는 물 마시는 것도 훈련이다. ㉔



글쓴이는 플로리다주립대학에서 체육학 박사학위를 받았으며, 체육과 학연구원 책임연구원을 지냈다.