



배추니 서울 연주소 6

16

사람도 먹지 않고 배터리처럼
충전기로 충전할 수 있을까요

A



이덕환 교수가 답하다

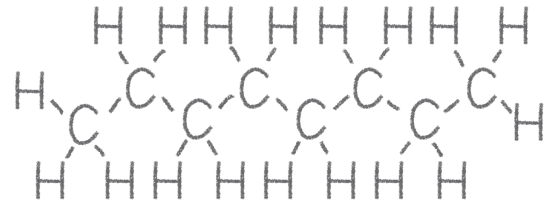
우리는 식사로 하루 2000kcal 이상의 에너지를 섭취합니다. 이렇게 얻은 에너지는 숨을 쉬고 혈액을 순환시키며 근육을 움직이고 머리로 생각하는 등 생리 활동에 사용됩니다. 고열량의 식품을 섭취하면 활동하고 남은 많은 에너지가 몸에 축적됩니다.

인체가 에너지를 축적할 수 있고 이를 나중에 활용할 수 있다는 사실은 배터리의 작동 원리와 비슷한 면이 있습니다. 배터리를 활용해 사람이 먹지 않고 충전을 통해 살 수 있을지 궁금해하는 것도 무리는 아닙니다.

모든 움직임에는 에너지가 필요하다

하지만 우리가 매일 먹는 세 끼의 식사는 배터리 충전과 완전히 같지는 않습니다. 식사는 단순한 에너지 충전 외에 다양한 기능과 의미를 갖습니

다. 생리 현상에 필요한 영양
 분을 섭취하는 기회가 되
 기도 하고, 우리의 사회적 유대
 성과 문화적 정체성을 확인
 시켜주는 활동이기도 합니
 다. 우리가 본능적으로 같은



옥테인

음식을 즐기는 사람에게 호감을 느끼는 것도 바로 그런 이유 때문입니다.

자동차는 다릅니다. 에너지원은 오로지 에너지를 공급하는 기능만 합니
 다. 전통적인 자동차는 휘발유와 같은 연료가 있어야 움직입니다. 휘발유
 는 옥테인(octane, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$)을 주성분으로 하는 여러 탄화 수소의 혼합물
 입니다.

옥테인이 공기 중의 산소와 만나 산화 반응을 일으키면 이산화 탄소와
 물이 만들어지면서 많은 양의 빛과 열이 방출됩니다. 자동차는 연료의 산
 화 반응에서 나오는 열을 이용해서 움직이는 내연 기관입니다. 그래서 자
 동차를 운행하려면 충분한 양의 휘발유를 넣어야만 합니다.

내연기관 자동차와 달리 전기 자동차(전기차)는 충전이 가능한 2차 전지
 인 리튬 이온 배터리에 저장된 전기로 움직입니다. 충전된 배터리의 산화
 전극(anode·음극)에는 리튬 양이온(Li^+)이 저장돼 있습니다. 방전이 시작되면
 리튬 양이온은 전해질을 통해 환원전극(cathode·양극)으로 흘러갑니다. 동시
 에 전자가 외부 도선을 통해 산화전극에서 환원전극으로 이동합니다. 이
 를 전류가 흐른다, 혹은 전기가 통한다고 말합니다. 이 전기로 모터를 회
 전시키면 자동차를 움직일 수 있습니다. 이 반응은 음극에 저장된 리튬
 양이온이 모두 사용될 때까지 이뤄질 수 있습니다.

음극의 리튬 양이온이 바닥나 전류가 흐르지 않는 리튬 이온 배터리는

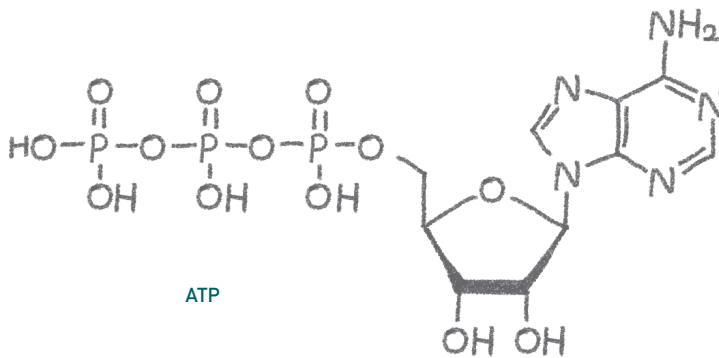


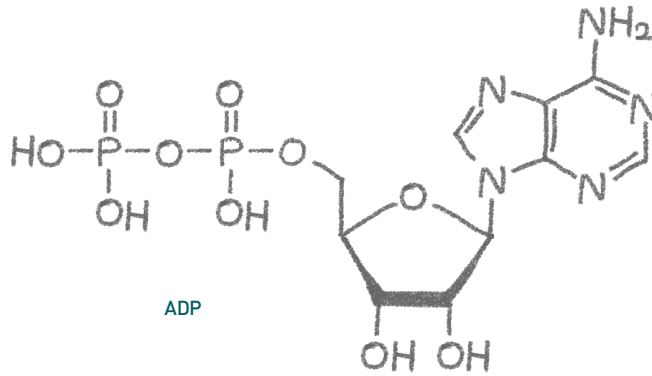
충전해서 다시 사용할 수 있습니다. 교류를 직류로 전환하는 정류 기능을 가진 충전기의 높은 전압을 이용해서 환원전극으로 흘러갔던 리튬 양이온을 다시 산화전극으로 되돌려 보내면 됩니다. 충전이 가능한 리튬 이온 배터리의 역사는 길지 않습니다. 1970년대에 미국의 존 굿이너프와 스탠리 휘팅엄, 일본의 요시노 아키라가 처음 개발했습니다. 세 사람은 그 공로로 2019년 노벨 화학상을 받았습니다.

생명체의 충전용 배터리, ATP

사람을 비롯한 생물도 생존을 위해서 에너지를 사용하며, 이를 배터리처럼 저장해 체내 필요한 곳에 전달하기도 합니다. 지구상에 사는 모든 진핵생물이 이용하는 배터리는 아데노신 삼인산(ATP)이라는 에너지 전달 물질입니다. 1몰(mol)의 ATP에서 인산기(phosphate)가 떨어져서 아데노신 이인산(ADP)으로 변화되는 과정에서 약 10kcal의 에너지가 방출됩니다. 우리 몸에서는 하루에 약 200몰의 ATP가 만들어져서 소비되는 셈입니다.

ATP는 리보스(ribose)라는 당 분자에 아데닌(adenine)이라는 염기와 함께 3개의 인산 분자가 결합해 있는 분자입니다. 미토콘드리아라는 세포기관





에서 만들어집니다. 그래서 미토콘드리아를 ‘세포의 발전소’라고 부르기도 합니다. 인체의 기관·조직·세포의 기능에 따라서 세포의 미토콘드리아 수는 크게 다릅니다. 적혈구에는 미토콘드리아가 전혀 들어있지 않지만, 간을 구성하는 세포에는 2000개가 들어있습니다.

미토콘드리아는 음식으로 섭취한 포도당을 폐에서 적혈구로 운반해 온 산소로 산화시킵니다. 그리고 이 때 나오는 에너지로 ADP에 인산기를 붙여 다시 ATP로 만듭니다. 미토콘드리아에서 일어나는 포도당의 산화 반응은 셀룰로오스와 같은 탄수화물의 연소 반응과 본질적으로 똑같습니다. 세포 속에서 일어나는 포도당의 산화 반응은 효소에 의해 정교하게 통제됩니다.

포도당을 분해하는 ‘해당 과정’과, 호흡을 통해 단백질과 지방, 탄수화물을 분해해 얻은 아세틸 조효소A(아세틸-CoA)를 분해하는 ‘크렙스 회로(TCA 회로)’, 해당 과정과 크렙스 회로에서 생성된 니코틴아미드아데닌다이뉴클레오타이드인산(NADH)을 산화시키는 ‘산화적 인산화’ 등에서 이 반응이 이뤄집니다. 마치 방전된 배터리를 충전하는 것처럼 우리 몸이 에너지를 충전하는 과정이라고 말할 수 있습니다.

우리는 끊임없이 새로 태어난다

자동차의 배터리는 에너지만 공급해주면 대체로 기능을 수행합니다. 하지만 사람은 그렇지 않습니다. 생존을 위해서 에너지원뿐만 아니라 다양한 영양물질이 필요합니다. 특히 탄수화물·지방·단백질은 특별히 많은 양이 필요해서 ‘3대 영양소’라고 부릅니다. 그 밖에도 철·칼슘·비타민 등의 다양한 미량 영양소도 다양하게 섭취해야 합니다. 우리 몸에서 일어나는 생리 작용을 정교하게 관리하는 소모품인 효소와 호르몬 등을 만드는 데에 필요하기 때문입니다.

우리 몸을 구성하는 세포도 끊임없이 새로 만들어져야 합니다. 실제로 우리 몸을 이루는 세포의 나이는 매우 젊습니다. 대뇌 피질을 구성하는 세포를 제외하면 10살 이상 된 세포를 찾아보기 어렵습니다. 특히 쉽게 손상되는 피부는 거의 2주마다 완전히 새로워집니다. 소장 내피세포도 5일 정도 쓸 수 있을 뿐입니다. 혈관 속을 끊임없이 돌아다녀야 하는 적혈구도 4개월 정도만 지나면 더 기능을 수행하기 어려울 정도로 망가져 버립니다. 우리 몸에서 독성 성분을 제거하는 기능을 담당하는 간세포는 1년에서 2년 정도 지나면 더 쓸 수가 없게 됩니다. 그나마 골격 세포는 10년 정도 견뎌냅니다. 우리의 몸은 끊임없이 새로 탄생하고 있던 셈입니다.

세포를 교체하는 일은 간단치 않습니다. 세포의 핵에 있는 DNA를 완벽하게 복제해야 하고, 미토콘드리아나 리보솜과 같은 세포기관도 똑같이 만들어야만 합니다. 게다가 DNA를 복제하는 과정에서 오류로 돌연변이가 발생하기도 합니다. 절차와 과정도 복잡하지만, 세포의 복제에 사용되는 재료를 모두 확보해야만 합니다. 우리가 과식과 편식을 피하고 적당한

양의 음식을 골고루 섭취해야 하는 것도 그런 이유 때문입니다.

물질적인 부분 외에 정신적인 에너지 충전도 중요합니다. 바쁘게 움직이는 현대 사회에서 일부는 에너지 소모가 극심해 극도의 피로 상태를 겪고, 급기야 무기력해져 완전히 방전된 상태인 번아웃 증후군(burnout syndrome)을 경험합니다. 이런 경우 물질적 에너지를 주입해서는 몸을 회복하기 쉽지 않습니다. 오히려 충분한 휴식으로 정신적 에너지를 충전해주면 정상 생활로 쉽게 돌아올 수 있습니다.