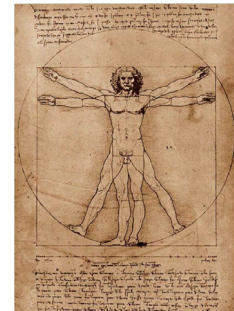


2. 동적 평형(인체의 조절)

- 01.항상성 조절
- 02.뉴런의 자극 전달
- 03.신경계의 구조와 기능
- 04.내분비계
- 05.인체의 항상성 조절 과정



인체

대도시의 도로는 언제나 혼잡하다. 출퇴근 시간에는 더욱 그렇다. 이런 복잡한 도로에서 차들을 통제하는 것이 바로 신호등이다. 차들의 혼잡한 정도에 따라 신호등의 신호 길이를 달리하면 차량의 흐름을 더욱 효과적으로 통제할 수 있다. 그런데 만약 복잡한 출퇴근 시간에 시내 한 복판에서 신호등이 고장 나면 누가 신호등이 고장났다는 것을 알 수 있을까? 도로는 어떻게 될까? 그리고 신호등이 다 고쳐졌다는 것은 어떻게 알 수 있을까?

인체는 대도시의 도로보다 훨씬 더 복잡한 체계를 가지고 있다. 모든 세포들이 유기적인 관계를 맺고 살아가는 인체는 어떻게 모든 세포들을 통제하고 조절할 수 있을까?

이 단위에서는 인체의 동적 평형 상태인 항상성을 신경계와 내분비계가 어떻게 조절하는지 알아보자.

01

항상성 조절

학·습·목·표

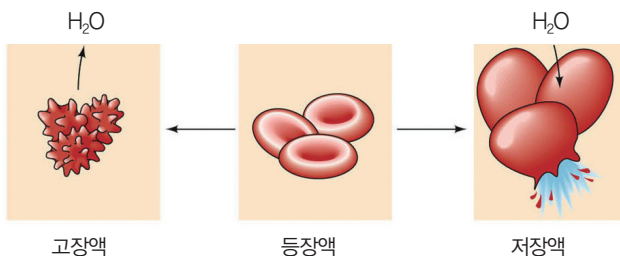
- 항상성의 의미를 설명할 수 있다.
- 피드백의 원리를 설명할 수 있다.
- 생활 주변에서 볼 수 있는 항상성 조절을 찾을 수 있다.

인체의 생리 작용을 위해서는 외부 환경과는 다른 특별한 내부 환경이 필요하다. 내부 환경은 모두 세포외 액으로 이루어져 있고, 모든 세포들은 그 안에 잠긴 상태로 영양분을 공급받고 노폐물을 방출한다. 이렇게 내부 환경에 의해 보호되어야만 세포들은 생명을 유지할 수 있는 것이다. 하지만 인체 내부 환경은 외부 환경에 의해 끊임없이 교란되며, 인체 내부 활동에 의해서도 교란된다.

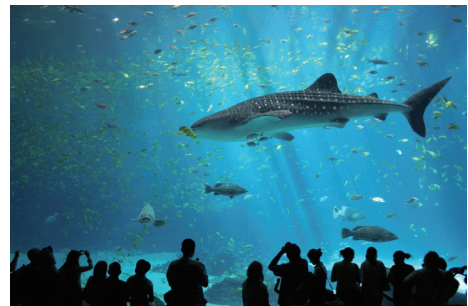
마라톤 선수를 생각해 보자. 선수가 뛰는 동안 외부 온도, 습도 등은 계속해서 변한다. 또한 인체 내부 환경은 운동으로 급격한 변화가 일어난다. 마라톤을 뛰기 위해 세포들은 많은 양의 영양소를 사용하여 에너지를 발생시키지만, 이 과정에서 이산화탄소와 젖산 등의 노폐물이 쌓이게 되며, pH가 떨어지게 된다. 또 신체 내부의 온도는 상승하고, 그로 인해 지속적으로 땀을 흘리게 되면서 체액의 양도 변하게 된다. 하지만 인체는 운동을 하는 동안 체내의 환경 변화를 적절히 조절하면서 지속적으로 운동할 수 있도록 해 준다. 만약 그 어느 것 하나라도 조절되지 못하면 어떻게 될까?



〈그림 IV-37〉 마라톤을 완주하기 위해서는 몸속 환경이 잘 조절되어야 한다.



〈그림 IV-38〉 적혈구는 주변 농도에 의해 형태가 결정된다.



〈그림 IV-39〉 해수어를 담수에 넣으면 살지 못한다. 또 담수어를 해수에 넣어도 살지 못한다. 왜 그럴까?

적혈구가 기체를 수송하기 위해서는 형태가 매우 중요하다. 적혈구를 고장액에 넣으면 쭈그러들고, 저장액에 넣으면 터져 버린다. 즉 적혈구 내부의 삼투농도와 외부의 삼투 농도가 어느 정도 비슷하지 않으면 형태를 유지할 수 없다. 적혈구가 자신의 형태를 유지하기 위해서는 적혈구 내부의 삼투 농도와 비슷한 농도인 등장액의 환경이 필요하다. 결국 혈장의 삼투 농도가 일정하게 유지되기 때문에 적혈구가 자신의 역할을 적절히 수행할 수 있는 모양을 유지하고 있는 것이다.

내부 환경의 조건을 일정하게 유지하는 것을 우리는 항상성 조절이라고 하는데, 복잡한 조직과 기관을 가지고 있는 동물들에게는 필수적인 특징이라고 할 수 있다.

토론하기

체액의 삼투조절이 실패할 경우 어떤 일이 일어날 수 있는지 토론해 보자.

1) 인체와 시스템

항상성 조절에 있어서 인체의 기관들은 유기적인 관계에 있다. 만약 어떤 기관이 자신이 맡은 항상성 조절 임무에 실패하게 되면 그 기관에 영향을 주는 것으로 그치는 것이 아니라, 전 신체에 영향을 주어 매우 심각한 결과를 초래할 수 있다. 이는 인체가 하나의 시스템(System, 계)이기 때문이다.

시스템은 전체적으로 의미가 있도록 서로 상호작용하는 요소들이나 과정들의 집합을 말한다. 시스템에는 ① 요소 ② 경계 ③ 요소 간의 상호작용 ④ 투입과 산출물이라는 특성이 있다. 시스템의 예에는 박테리아, 우주, 태양계, 지구, 인체 등이 있다. 그럼 인체는 시스템으로서 어떤 특성을 가지고 있을까?

탐구 활동 1

인체와 시스템

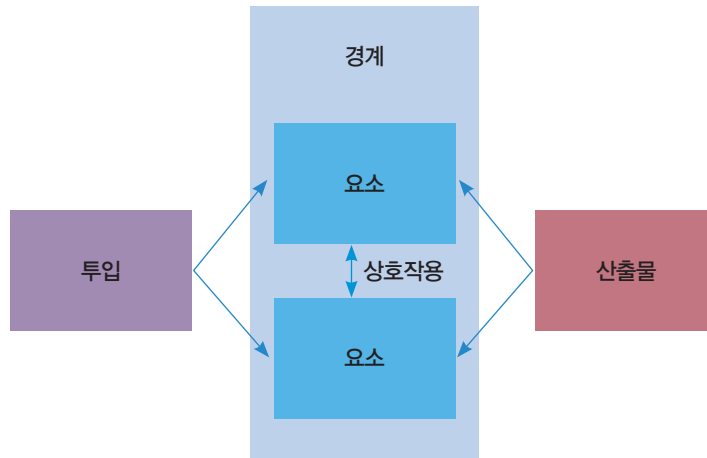
인체는 하나의 시스템이다. 인체를 시스템의 관점에서 바라볼 경우 어떻게 설명할 수 있을까?

자료

- 시스템 분석표

해석 및 논의

- (1) 인체의 어떤 면들이 시스템의 각 특성에 해당하는지 말해 보자.
- (2) 인체의 소화계, 순환계, 배설계, 신경계 등을 시스템의 특성으로 분석해 보자.



연구과제

- (1) 작은 어항에 수족관을 꾸미려고 한다. 이 수족관을 시스템의 특성으로 분석해 보자.

인체를 시스템의 특성으로 분석해 보면, 요소로는 뇌, 간, 위, 심장, 근육 등이 포함되며, 더 깊게는 단백질, 지질과 같은 세포 분자 등이 포함된다. 경계는 우리 몸을 보호하는 피부조직과 상피조직이 될 것이다. 상호작용으로는 행동 혹은 활동 등으로 나타날 수 있는데, 예를 들어 연설, 소화 등이 있다. 연설은 외부 자극, 뇌, 신경, 근육 등의 상호작용의 결과이다. 소화는 음식과 소화기관의 상호작용한 결과이다. 인체로 투입되는 것들은 음식, 공기, 빛, 소리 등이 되며 산출물로 이산화탄소, 배설물 등이 포함된다.

인체는 시스템을 잘 작동시켜야 한다. 시스템의 작동이 원활지 못하거나 작동하지 못한다면 인체의 생명 활동이 지속되지 못함을 의미한다. 인체는 이 시스템을 어떻게 통제하고 관리하고 있을까?

2) 피드백 조절(되먹임 조절)

인체의 체온은 약 37℃로 유지되고, 혈액과 세포 사이의 액체들은 pH 7.4에서 0.1 pH 범위로 유지된다. 이런 인체의 항상성은 피드백 조절에 의해 이루어진다.

피드백 조절은 우리가 늘 무언가를 유지하기 위하여 사용하는 방식 중 하나이다. 예를 들어, 컵에 일정한 높이로 물을 채울 때를 생각해 보자. 우선 우리는 눈으로 컵을 응시하고 컵 속의 공간을 확인하면서 물을 붓기 시작할 것이다. 그러다 어느 정도 물이 차오르면 주전자를 세워가면서 컵으로 들어가는 물의 양을 줄이게 된다. 너무 많은 양의 물이 들어가면 컵에서 적정량의 물을 버리기도 할 것이다. 이처럼 원하는 만큼의 물을 따르는 조절 방식이 바로 피드백 조절이다.

이런 피드백 조절의 방법은 주변에서 쉽게 그 예를 찾을 수 있다.

조사하기

생활 주변에서 피드백 조절의 예를 알아보자.

생활 주변에서 가장 쉽게 찾을 수 있는 피드백 조절의 예는 바로 실내 온도 조절 장치일 것이다. 우리는 늘 일정 온도를 설정해 놓고 원하는 온도에서 생활할 수 있다.

탐구 활동 2

실내 온도 조절과 피드백 조절

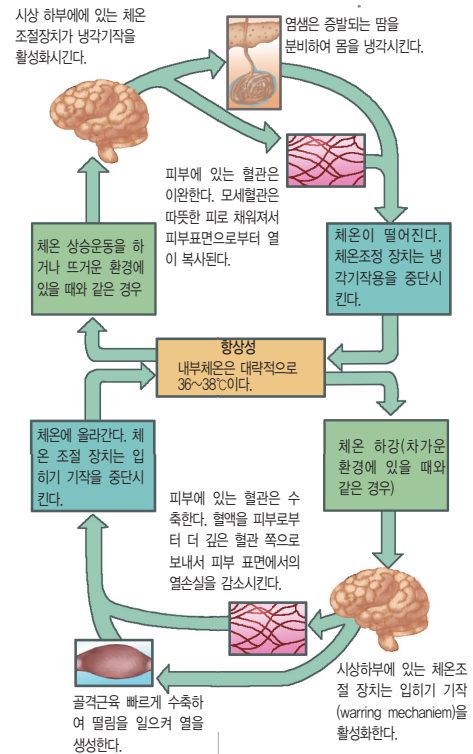
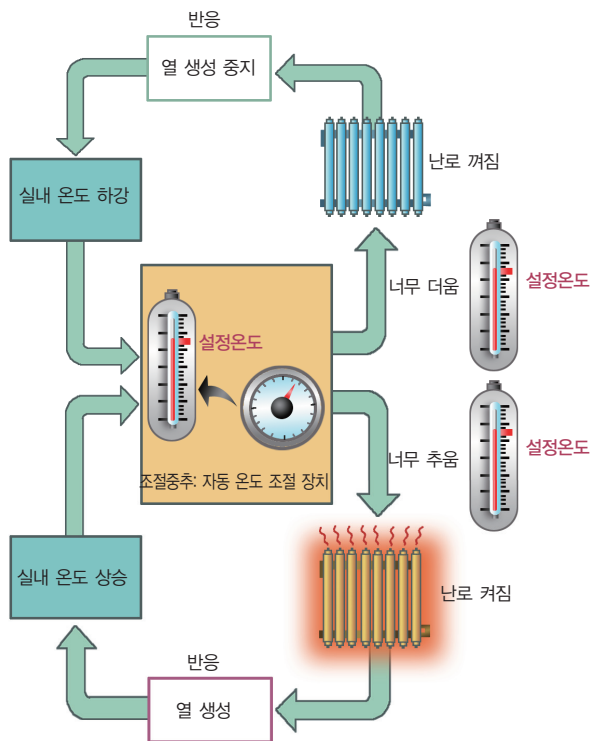
온도 조절기를 이용해 실내 온도를 일정하게 맞추어 두면, 일정한 온도가 유지된다. 이 조절 과정은 어떻게 일어나며, 이는 우리 인체의 조절 과정과 어떤 관련성이 있을까?

자료

- 실내 온도 조절 원리, 온도 조절 장치

해석 및 논의

그림은 실내 온도 조절 과정을 모식적으로 나타낸 것이다. 물음에 답하시오.



〈그림 IV-40〉 피드백에 의한 온도 조절

- (1) 실내 온도가 일정하게 유지되는 과정을 설명해 보자.
- (2) 온도를 일정하게 유지하는 데 필요한 정보는 무엇이며, 어떻게 인식되는지 설명해 보자.
- (3) 실내 온도 조절 과정의 각 요소들은 신체의 어떤 부분에 해당하는지 설명해 보자.
- (4) 체내의 온도 조절 과정과 실내 온도 조절 과정의 공통점과 차이점은 무엇인지 설명해 보자.

연구과제

- (1) 자동 온도 조절기를 분해하여 그 구조를 탐구해 보자.

실내 온도 조절에서, 실내 기온이 설정 온도보다 낮을 때 난로는 켜지고 실내 온도는 올라간다. 실내 기온이 설정 온도를 넘어서면 곧 난로 작동은 중단되며, 실내 온도는 천천히 하강한다. 이 과정이 반복되면 이윽고 실내 온도는 작은 폭에서 오르내리게 되며, 곧 실내 온도는 일정하게 유지된다. 난로의 온도는 큰 폭으로 변하지만, 실내 온도의 변화 폭은 크지 않다. 실내 온도를 조절하는 과정에서 난로는 온도 변화를 감지하여 그 변화를 최소화한다. 이를 음성 피드백 조절이라고 한다.



〈그림 IV-41〉 자동 온도 조절 장치(원하는 온도를 설정해 두면 주변 온도에 따라 바이메탈이 풀리거나 꼬여서 보일러는 조절한다.)

항상성은 일종의 역동적인 평형 상태를 의미한다. 예를 들어 난방기를 켜자마자 바로 실내 온도가 설정 온도에 도달하는 것은 아니다. 또 난방기의 작동 정도에 따라 설정 온도를 넘어도 열을 낼 수 있다. 그리고 시간이 지나 설정 온도 아래로 떨어져야 다시 온도를 높이는 과정을 시작한다. 결국 항상성은 내부 환경의 변화를 감소시키는 것이지 중단시키는 것은 아니다. 이는 인체 내 조절에서도 마찬가지이다. 그런데 난로의 경우는 전선을 통해 정보를 주고받을 수 있지만 인체는 무엇을 통해 어떻게 정보를 교류할 수 있는 것일까?

02

뉴런의 자극 전달

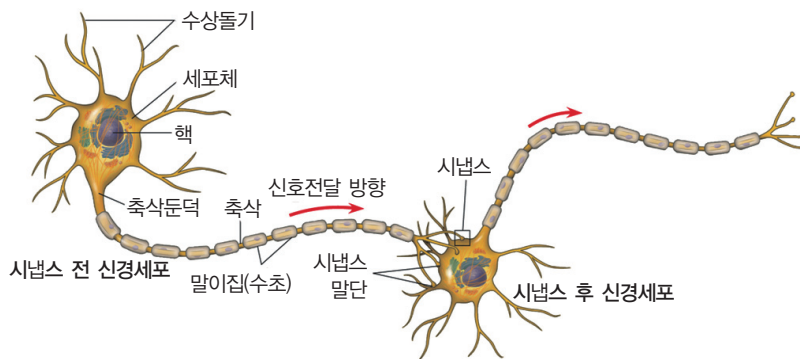
학·습·목·표

- 뉴런의 구조적 특징을 알 수 있다.
- 활동전위의 생성과 전달을 설명할 수 있다.
- 시냅스의 특징과 신호의 전달 과정을 설명할 수 있다.

1) 뉴런

체내의 환경을 적절히 조절하기 위해서는 외부 환경을 정확히 판단하는 것이 필요하다. 신경계는 각종 감각기와 연결되어 외부 환경에 대한 정보를 받아들이고 전달하며, 효과적인 판단을 내리고 이에 반응하도록 정보를 적절한 반응기에 전달한다. 이 과정은 신경계의 기본 단위인 뉴런에 의해 일어난다. 뉴런은 신경계의 구조적·기능적 기본 단위이다.

❖ 말이집 신경과 민말이 집 신경
유수신경과 무수신경이라고도 하며 말이집(수초)의 유무에 따라 구분한다.



〈그림 IV-42〉 뉴런의 구조와 신호전달

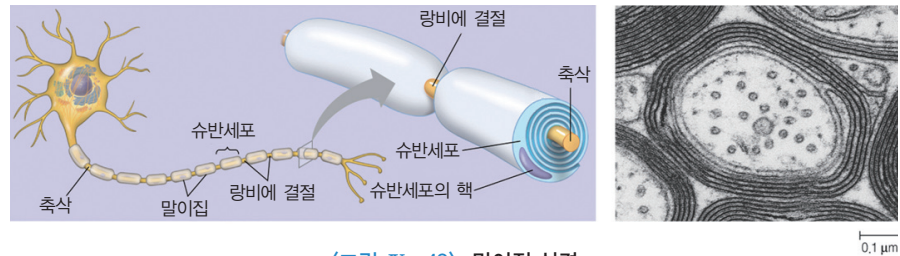
뉴런은 핵과 세포질로 이루어진 신경 세포체와 이것에서 뻗어 나온 돌기로 이루어져 있다. 이 돌기들 중 길게 뻗어 나온 것을 축삭 돌기라고 하며, 나머지 짧은 돌기를 수상돌기라고 한다.

축삭돌기는 말이집이라고 하는 것에 의해 싸여 있는 것이 있는데, 이를 말이집 신경이라고 한다. 말이집은 슈반세포가 여러 겹을 둘러싸고 있는 것을 일컫는 말이다. 슈반세포는 다시 슈반초라고 하는 막으로 싸여 있다. 이 슈반

초는 신경돌기를 싸서 축삭돌기를 보호할 뿐만 아니라 절연체의 역할을 한다. 그러나 말이집은 축삭돌기 전체를 감싸고 있는 것이 아니라, 축삭돌기를 약 $1\ \mu\text{m}$ 정도의 일정 간격으로 노출시켜 놓고 있다. 이 간격을 랑비에 결절이라고 한다.

뉴런은 역할에 따라 크게 감각 뉴런, 연합 뉴런, 운동 뉴런으로 나눌 수 있다. 감각 뉴런은 감각기에서 받은 정보를 연합 뉴런이 있는 중추신경계로 전달한다. 중추신경계의 연합 뉴런은 받은 정보를 처리하여 반응기와 연결된 운동 뉴런에게 정보를 전달한다.

뉴런은 수상돌기에서 정보를 받아 축삭돌기 말단으로 보낼 수 있다. 정보를 주는 쪽의 뉴런과 받는 쪽의 뉴런이 있는데, 시냅스라고 하는 약 $20\ \text{nm}$ 의 특별한 틈을 통해 정보를 전달하게 된다.



〈그림 IV-43〉 말이집 신경

(1) 휴지막 전위

뉴런의 세포막에는 이온 펌프와 채널들이 휴지막전위와 활동전위를 만들어 낸다.

이온 펌프는 에너지를 이용해 이온의 불균등한 분포를 만들어 낸다. 대표적인 것이 Na^+-K^+ 펌프이다. 이 펌프는 Na^+ 을 세포 밖으로 K^+ 을 세포 안으로 역수송한다. 채널은 펌프와는 달리 에너지를 사용하지 않고 특정 이온을 이동시킬 수 있다. 뉴런의 세포막에는 많은 이온 채널들이 존재한다. 이 이온 채널 중에는 전압에 의해 개폐되는 전압개폐성 채널과 특정한 화학물질이 채널에 결합하여 개폐되는 화학개폐성 채널이 존재한다. 신경세포에서는 펌프와 채널이 세포 안팎의 이온 농도를 불균등하게 만든다.

K^+ 채널은 뉴런의 휴지 상태에서 가장 많이 열려 있다. 그로 인해 많은 양의 K^+ 은 세포 밖으로 빠져 나가려고 한다. 하지만 세포 밖의 Na^+ 과 세포 내의 음전하를 가진 단백질이 이들 K^+ 에게 정전기적 인력을 가해 일정한 평형 상태

❖ 역수송

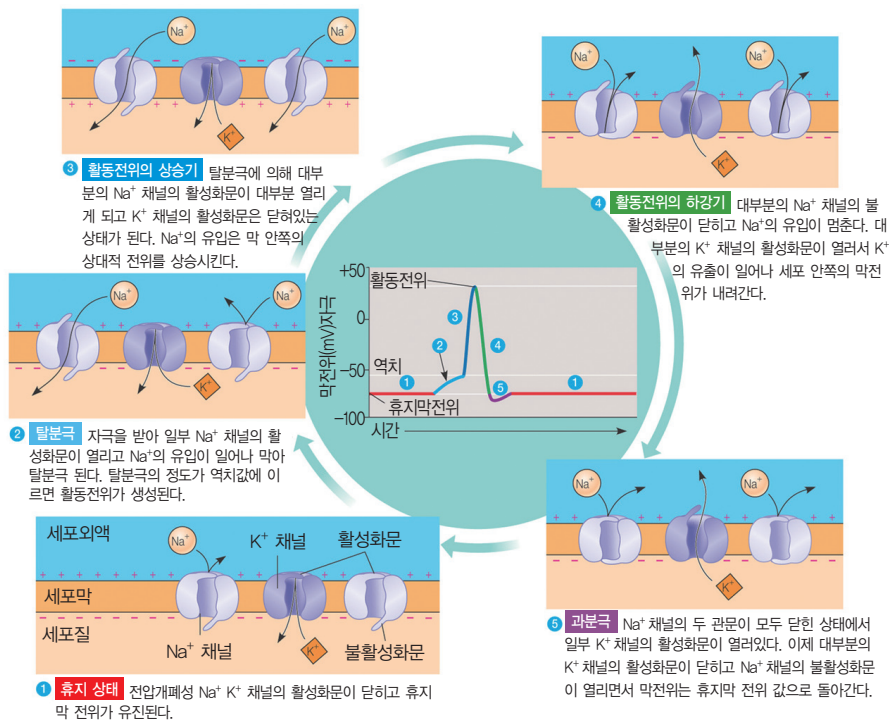
특정 이온을 세포 밖으로 수송시키면서 동시에 다른 특정 이온을 세포 내로 수송하는 방식

에 놓이게 된다. 이 때 휴지막은 약 -70 mV 의 전위를 가지게 된다. 이를 휴지막 전위라고 한다.

2) 활동전위

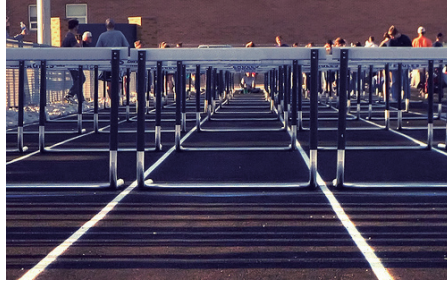
신경에 자극을 주면 불과 $1\sim 2\text{ msec}$ 사이에 갑작스럽게 전위가 변한다. -70mV 였던 휴지막 전위가 $+30\text{ mV}$ 까지 치솟은 후 다시 -60 mV 수준으로 떨어진다. 이를 활동전위라고 한다.

휴지상태에 있던 신경 세포막에 자극이 가해지면 Na^+ 채널의 활성화 문이 열리고 Na^+ 이 유입되면서 탈분극이 일어난다. 하지만 자극의 세기가 크기 않아 역치 수준을 넘지 못하면 자극은 사라진다. 자극이 역치 수준 이상이면 전압개폐성 채널을 포함한 대부분의 Na^+ 채널이 열리게 되고 많은 양의 Na^+ 이 내부로 유입되면서 세포는 활동전위를 만들게 된다. 양(+)전하의 활동전위는 전압 의존성 Na^+ 채널의 불활성화문을 닫고, 전압 의존성 K^+ 채널을 열어 다시 분극 상태를 유지한다. 이때 과량의 K^+ 이 유출되면 막전위가 더 낮아져 과분극 상태가 된다. 과분극은 모든 개폐성 채널을 닫게 되고, 전압 의존성 Na^+ 채널의 불활성화문을 열게 한다. 결국 막전위는 다시 휴지막 상태로 유지되게 된다.



〈그림 IV-44〉 활동전위의 발생

뉴런의 수상돌기나 세포체로 전달된 정보는 가공되고 합성되어 다음 뉴런으로 전달되는데, 이 활동전위는 축삭언덕에서 시작된다. 활동전위는 축삭을 따라 이동하게 되는데, 말이집의 유무에 따라 전달 속도가 달라진다.



〈그림 IV-45〉 허들이 10개 있는 경우와 5개 있는 경우 누가 더 빨리 결승점에 들어올까?

신경의 전달 속도는 말이집 신경이 민말이집 신경보다 훨씬 빠르다. 이는 말이집이 절연역할을 하면서 흥분을 도약 전도시키기 때문이다. 말이집 신경의 일반적 흥분 전도 속도는 120 m/s 정도이다.

생각하기

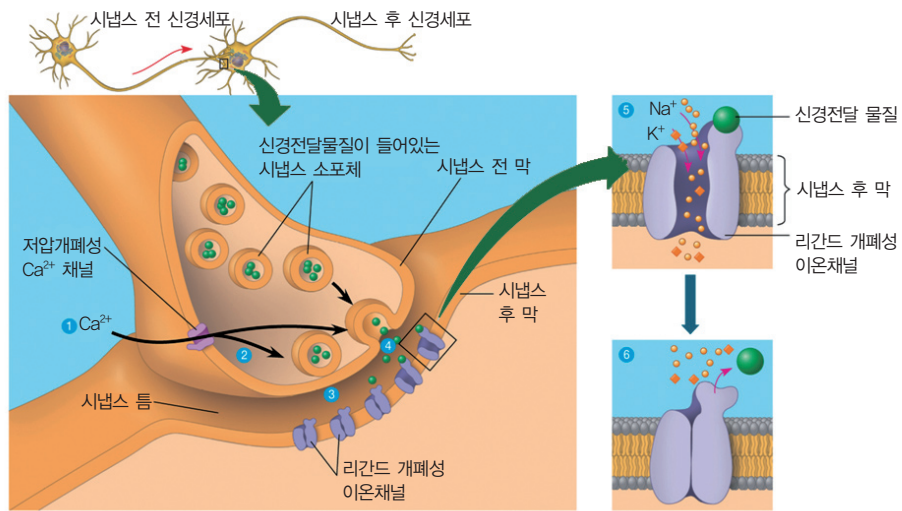
1. 신경의 전도는 한 방향으로 이루어진다. 전도가 한 방향으로 일어날 수 있도록 해 주는 것은 무엇인지 생각해 보자.
2. 신경의 전달 속도는 어떻게 측정할 수 있을지 생각해 보자.
3. 말이집 신경이 민말이집 신경보다 흥분 전도 속도가 빠른 이유를 생각해 보자.

2) 시냅스

활동전위가 신경 말단에 도달하면 시냅스를 통해 전위가 전달된다. 축삭말단은 부풀어 오른 구조를 하고 있고, 그 속에는 아세틸콜린과 같은 신경전달 물질이 들어 있는 분비소낭이 분포하고 있다. 이 분비소낭은 세포체에서 만들어져 미세소관을 따라 축삭을 내려와 시냅스 말단까지 운송된 것이다.

자극이 신경말단으로 전달되면, 활동전위는 Ca^{2+} 채널을 열어 Ca^{2+} 을 받아들인다. Ca^{2+} 은 분비소낭의 분비를 유도한다. 분비소낭은 시냅스막과 융합되면서 세포외배출작용(exocytosis)으로 시냅스 틈으로 분비된다.

분비된 아세틸콜린은 시냅스 후 뉴런의 아세틸콜린 수용체와 결합하게 되어 흥분을 전달한 후 아세틸콜린에스테라아제의 작용에 의해 아세틸기와 콜린으로 분해되어 시냅스전 뉴런으로 흡수되어 재활용된다.



〈그림 IV-46〉 화학 시냅스 ①활동전위가 시냅스말단으로 전달된다. ②활동전위는 전압의존성 Ca^{2+} 채널을 열어 Ca^{2+} 를 유입시킨다. ③칼슘 농도가 증가하여 분비 소낭이 시냅스 전 막에 융합된다. ④시냅스 틈으로 신경전달 물질이 방출된다. ⑤신경전달 물질이 시냅스 후 막에 존재하는 수용체에 결합하여 막전위를 변화시킨다. ⑥신경전달 물질은 수용체에서 떨어지고 다시 분해되어 재활용된다.

조사하기

1. 신경 신호를 전달하는 방식에는 화학적 방식과 전기적 방식이 있다. 이 두 방식의 장점과 단점을 조사해 보자.
2. 신경전달 물질에는 어떤 것이 있는지 조사해 보자.
3. 식품첨가제인 MSG의 사용을 줄여야하는 이유에 대해 조사해 보자.

03

신경계의 구조와 기능

학·습·목·표

- 신경계의 구조와 기능을 설명할 수 있다.
- 신경계의 항상성 조절 기작을 설명할 수 있다.

체내의 항상성을 조절하기 위해서는 신체 각 부분에서 필요한 정보를 정확히 받아 이를 적절히 판단하여, 신체 각 부분의 활동을 적절히 조절하고 통제해야 한다. 인체에서 이러한 조절의 가장 중추적인 역할을 담당하고 있는 것은 무엇일까?

1) 중추신경계

응급 환자의 상태를 파악하는 과정에서 가장 우선적으로 수행하는 것이 심장과 폐의 이상 유무이다. 심폐가 제대로 작동하지 않으면 곧 바로 심폐소생술을 실시해야 한다. 이처럼 심장과 폐는 생명 현상 유지에 가장 필수적인 장기이다. 심장박동의 정지와 호흡의 중단은 죽음과 직결된다. 이런 이유로 심폐기능의 정지는 죽음의 중요한 판단 기준으로 받아들여져 왔다.

생각하기

1. 뇌가 죽었다고 해도 심장은 박동한다. 그 이유에 대해 생각해 보자.

과학과 의학의 발전으로 인해 죽음의 판단 기준에 심폐기능 외에 새로운 기준이 생겨나게 되었다. 그것이 바로 온몸의 생명 활동을 조절하는 뇌의 기능 정지이다. 심장과 폐의 운동을 조절하는 뇌가 죽게 되면 곧 심장과 폐의 죽음과 같은 것이기 때문이다. 그런데 뇌가 죽었다는 것은 어떻게 알 수 있는 것일까?

탐구 활동 3

뇌사 판정

뇌사의 판정은 한 사람의 생사를 가늠하는 일이다. 뇌사자의 뇌는 죽었지만 각 신체의 장기들은 일정 기간 살아있다. 이는 다른 고귀한 생명을 살릴 수 있는 기회가 될 수 있다. 뇌사 상태와 식물인간 상태를 어떻게 확인할 수 있는 것일까?

자료

- 장기 등 이식에 관한 법률, 뇌사 판정 기준 자료

해석 및 논의

- (1) 인터넷으로 국회법률지식정보시스템에 접속하여 ‘장기 등 이식에 관한 법률’을 검색하여 자료를 얻거나, 국립 장기 이식 관리센터에 접속하여 정보를 찾아보자.
- (2) 다음의 내용은 뇌사 판정 기준의 일부분이다. 각 판정 기준은 인체의 어떤 부분의 이상 유무를 검사하는 것인지 각종 자료를 조사해 설명해 보자.

- ① 외부자극에 전혀 반응이 없는 깊은 혼수 상태일 것
- ② 자발호흡이 되살아날 수 없는 상태로 소실되었을 것
- ③ 두 눈의 동공이 확대 · 고정되어 있을 것
- ④ 뇌간반사가 완전히 소실되어 있을 것 : 다음에 해당하는 반사가 모두 소실된 것을 말한다.
 - (가) 광반사(light reflex)
 - (나) 각막반사(corneal reflex)
 - (다) 안구두부반사(oculo-cephalic reflex)
 - (라) 전정안구반사(vestibular-ocular reflex)
 - (마) 모양체척수반사(cilio-spinal reflex)
 - (바) 구역반사(gag reflex)
 - (사) 기침반사(cough reflex)
- ⑤ 자발운동 · 제뇌강직 · 제피질강직 및 경련 등이 나타나지 아니할 것.
- ⑥ 무호흡검사 결과 자발호흡이 유발되지 아니하여 자발호흡이 되살아날 수 없다고 판정될 것.
- ⑦ 재확인 : ① 내지 ⑥에 의한 판정 결과를 6시간간 경과한 후에 재확인하여도 그 결과가 동일할 것.
- ⑧ 뇌파검사 : ⑦에 의한 재확인 후 뇌파검사를 실시하여 평탄뇌파가 30분 이상 지속될 것.
- ⑨ 기타 필요하다고 인정되는 대통령령이 정하는 검사에 적합할 것.

❖ 무호흡검사

자발호흡이 소실된 후 자발호흡의 회복가능 여부를 판정하는 임상검사로 그 검사 방법은 다음과 같다.
 - 100% 산소(O_2) 또는 95% 산소(O_2)와 5% 이산화탄소(CO_2)를 10분 동안 인공호흡기로 흡입시킨 후 인공호흡기를 제거한 상태에서 1분당 100% 산소(O_2) 6 L를 기관 내관을 통하여 공급하면서, 10분 이내에 혈압을 관찰하여 혈액의 이산화탄소분압이 50torr이상으로 상승함을 확인하였음에도 불구하고 자발호흡이 유발되지 않으면 자발호흡이 되살아날 수 없다고 판정하고, 검사가 불충분하거나 중단된 경우에는 혈류검사로 추가 확인하여야 한다.

(3) 뇌사 판정이 철저히 관리되어야 하는 이유를 설명해 보자.

(4) 뇌사 판정을 통해 뇌사자의 장기는 적출되어 이식될 수 있다. 그 이유를 설명해 보자.

조사하기

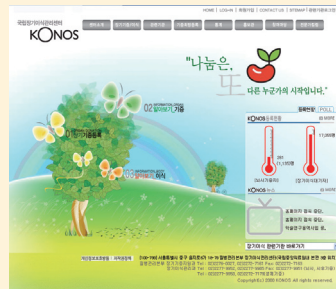
뇌사는 어떻게 관리되고 있는지 조사해 보자.

• 장기 이식과 관련된 법률검색



<http://likms.assembly.go.kr/law/jsp/main.jsp>

• 국립 장기 이식 관리센터



<http://www.konos.go.kr/>

연구과제

(1) 국가의 법률적인 죽음의 기준과 문화적인 죽음의 기준은 무엇인지 조사해 보고, 그 판정 기준이 가지는 의미를 알아보자.

(2) 우리 몸에서 반사 과정으로 조절되는 것에는 어떤 것들이 있는지 알아보자.

희망의 씨앗은?

장기·인체조직·조혈모세포·혈액 등
생명나눔을 뜻하는 **통합브랜드(B)**입니다.



희망의 씨앗

씨앗에서 새로운 핵이 들어나는 모습을 형상화하여 장기, 인체조직, 조혈모세포, 혈액 등 생명자원의 기증을 통하여 새로운 생명의 희망이 싹트는 것을 표현하고 있습니다.
두 갈래의 새싹이 들어나는 모습은 기증하는 사람의 사랑과 받는 사람의 희망이 결합되어서 새로운 생명이 탄생하는 형상을 이미지화한 것입니다.
Red(빨리)는 끊임없는 사랑, 따뜻한 정, 아낌없이 주는 마음을 의미하고,
Green(빨리)는 새로운 생명, 희망, 의력, 가능성을 의미합니다.

〈그림 IV-47〉 희망의 씨앗

신경계는 중추신경계와 말초신경계로 되어 있다. 중추신경계는 뇌와 척수로 이루어져 있다. 뇌와 척수는 말초신경계를 이용해 우리 몸을 통제 조절하는 역할을 한다. 말초신경계는 체성신경계와 자율신경계로 이루어져 있다. 신경계는 어떤 특징을 가지고 어떤 역할을 수행하고 있을까?

(1) 뇌

뇌는 두개골이 보호되고 있다는 점에서도 알 수 있듯 신체에서 가장 민감하고 중요한 일을 담당하고 있다.

뇌세포들은 모두 신경간세포에서 분화된다. 일반적으로 임신 5주에서 20주까지 증식하고, 이후 뇌의 신경세포들은 증식하지 않는다고 알려져 있다. 뇌는 1개월 된 배의 발생 단계에서 앞, 중간, 뒤 부분으로 구분되는데, 앞뇌는 대뇌와 간뇌로 분화되고, 중뇌는 뇌간의 일부로 분화되며, 뒤쪽의 후뇌는 뇌간, 소뇌, 연수로 분화되게 된다.

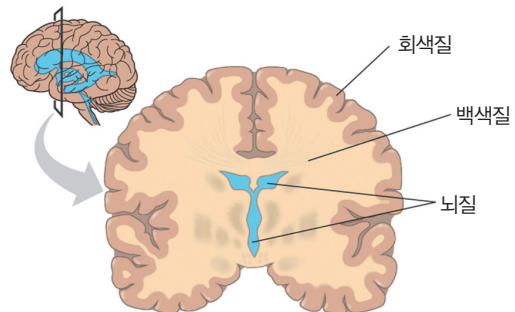
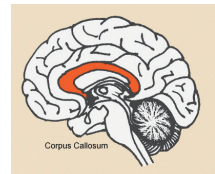
대뇌는 뇌의 여러 부분 중에서 가장 크고 복잡한데, 좌우의 대뇌반구로 분리되어 있다. 그리고 뇌들보(뇌량)가 분리된 두 반구를 연결하고 있다.

앞뇌에서 유래된 간뇌는 시상, 시상하부, 뇌하수체 후엽, 송과체 등이 있다. 시상은 대뇌로 가는 감각정보를 적절히 조절하는 역할을 담당한다. 시상하부는 호르몬의 분비를 조절하며, 체온, 혈압, 공복, 갈증, 성적 충동, 방어 반응 등을 조절하며, 분노와 즐거움과 같은 감정을 느낄 수 있게 해준다. 또 시상하부의 일부는 생체시계의 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

후뇌의 일부인 소뇌는 대뇌에 비해 크기가 10분의 1에 불과하지만, 표면적은 대뇌의 절반 정도이고 뉴런의 수는 대뇌가 140억 개 정도인데 비해 거의 1000억 개 정도에 달한다. 소뇌는 청각기와 시각기를 통해 들어오는 정보뿐만 아니라 몸에서 오는 정보를 종합하여 몸이 평형을 유지할 수 있도록 한다. 또한 대뇌로부터 오는 운

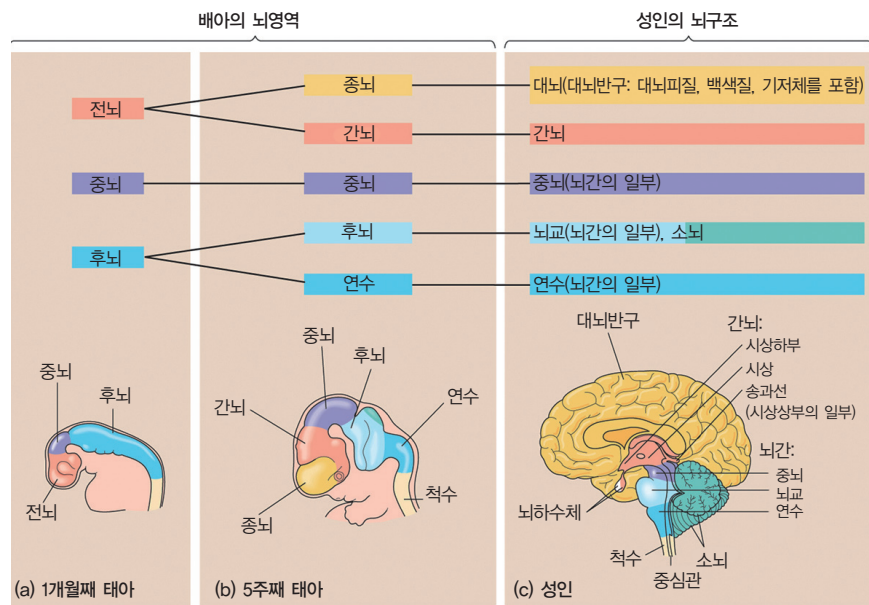


〈그림 IV-48〉 뇌들보 집의 들보 (교량 모양으로 양쪽을 연결하며 휘어진 나무)의 형태와 비슷하여 지어진 이름이다. 이 뇌들보의 아래 부분이 퇴화되면 파킨슨병이 발생한다.



〈그림 IV-49〉 뇌의 겉질은 회색질, 속질은 백색질로 되어 있다. 회색질은 연합뉴런이 분포하고 있는 곳이다.

동 정보를 통합하여 운동과 균형을 이루도록 해 준다. 소뇌는 대뇌와는 달리 여러 신경경로들 중에서 특정 운동과 관련된 신경만을 남기고 다른 연결망들을 소거시키는 방법으로 정보를 기억하는 것으로 알려지고 있다. 즉 누군가 자전거 타기를 학습한다고 하면, 소뇌와 연결된 다양한 신경통로들 중에서 쓸데없는 움직임을 제공하는 시냅스 회로를 사라지게 하는 방법으로 운동에 대한 정보를 기억한다. 만약 이 소뇌를 손상 받게 되면 가만히 앉아 있는 것도 어려워진다. 소뇌는 온몸의 근육을 조화롭게 조절하는 오케스트라 지휘자의 역할을 담당하는 것이다.



〈그림 IV-50〉 뇌의 발생과 구조

조사하기

1. 뇌 연구의 역사와 일화에 대해 조사해 보자.
2. 뇌의 기능과 관련된 질병에 대해 조사해 보자.

(2) 척수

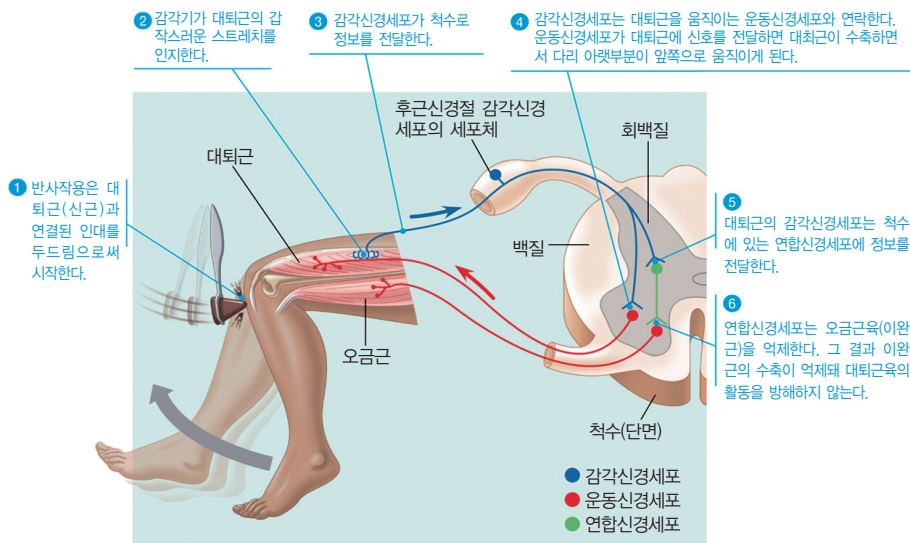
척수는 척추로 보호받고 있다. 척수에서는 좌우로 31쌍의 신경이 나오며 몸의 말단으로 연결되어 있다. 척수의 마디마다 앞쪽으로는 운동 신경 다발이 좌우로 한 개씩 나와 전근을 이룬다. 뒤쪽으로는 감각 신경 다발이 좌우로 한 개

씩 나와 후근을 이룬다.

척수는 뇌와 감각기관 및 운동기관을 연결해 주는 통로의 역할과 함께 척수 반사의 중추이기도 한다. 척수반사는 대뇌의 의지와는 관계없이 일어난다.

무릎반사의 경우 망치로 무릎과 연결된 힘줄을 때릴 때 허벅지에 근육이 늘어난 정도를 알아내는 신장 수용기가 반응을 통해 정보를 후근을 통해 척수로 보낸다. 이것은 바로 전근을 통해 신경이 나오는 운동신경으로 근육을 자극하여 다리를 움직일 수 있도록 한다.

척수가 담당하는 대표적인 반사에는 무릎반사 이외에도 젖분비, 땀분비, 배뇨반사 등이 있다.



〈그림 IV-51〉 무릎반사

뇌와 척수의 반사작용은 급박한 자극에 즉각적으로 작용해 생명을 유지하는데 중요한 역할을 하고 있다.

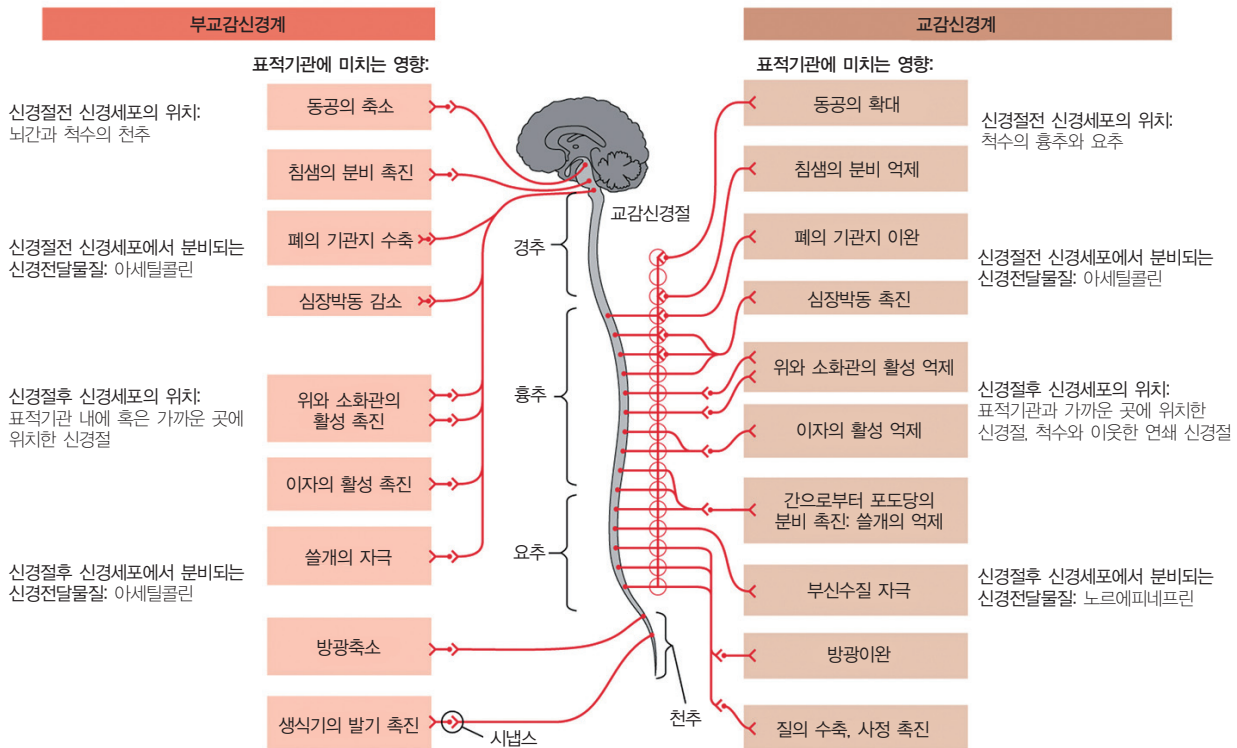
2) 말초신경계

말초신경계는 정보전달의 방향성에 따라 중추신경계로 정보를 전달하는 구심성, 중추신경계에서 정보를 전달받는 원심성으로 나눌 수 있다. 감각신경은 신경의 중심인 중추신경계로 정보를 전달하는 구심성 신경이다. 이 정보들 중에는 시각, 청각, 통각 등과 같이 우리가 자각할 수 있는 것뿐 아니라 혈압, 체온 등과 같이 우리가 느끼고 인식할 수 없는 것도 있다. 원심성 신경계는 중추신

경계의 명령을 근육이나 분비샘 등에 전달하는 기능을 담당한다. 이 신경계에는 뛰거나 공을 잡는 것과 같은 의식적 행동을 지배하는 경로인 체성신경계의 운동신경과 소화액이 분비되거나 심장이 빨리 뛰는 것과 같은 비의도적인 행동을 지배하는 경로인 자율신경계로 나눌 수 있다. 체성신경계에는 12쌍의 뇌신경과 31쌍의 척수신경으로 이루어져 있다.

자율신경계의 경우 교감신경계와 부교감신경계가 있다. 이 두 신경계는 일반적으로 길항작용을 통해 신체기관의 기능을 조절한다. 교감신경계의 활성화는 각성과 에너지 생성을 유발한다. 부교감신경의 활성화는 교감신경과는 반대로 정적이며 에너지 생성을 억제하는 방향의 신체 반응을 일으킨다. 체성신경계와 자율신경계는 항상성 유지를 위해 서로 협동하고 있다.

자율신경계는 어떻게 항상성 유지에 관여하고 있는 것일까?



〈그림 IV-52〉 자율신경계의 교감신경계와 부교감신경계

탐구 활동 4

심박수와 호흡수의 조절

자율신경계는 우리가 의도하지 않아도 자율적으로 작동한다. 운동 시에는 근육이 급격하게 에너지를 소모하고 생산하면서 항상성에 변화가 일어난다. 그 변화는 어디에서 감지되는 것일까? 또 그 변화는 어떤 과정을 통해 조절되는 것일까?

실험 기구 및 재료

- 기구: 심박수 측정기, 초시계, 컴퓨터, 러닝머신 등 운동기구(체력단련실을 활용)

실험 방법

- (1) 사용할 심박수 측정기의 사용법을 확인한다.
- (2) 몸에 심박수 측정기를 착용하고, 잘 작동하는지 점검한다.
- (3) 3명이 한 조가 되어 실험한다. 한 사람은 운동을 하고, 다른 한 사람은 심박수 측정계를 조작하며, 다른 한 사람은 호흡수를 측정한다.
- (4) 호흡률은 30초 동안의 호흡수를 측정하고, 이 값을 2배하여 분당 호흡수를 구한다.
- (5) 먼저 2분 정도 가만히 있다.
- (6) 1분 동안 제자리에서 걷기를 하면서 심박수와 호흡률을 측정하기
 - ① 시작 전 30초 심박수와 호흡률을 측정한다.
 - ② 시작 후 30초 동안의 2회 총 1분간 심박수와 호흡률을 측정한다.
 - ③ 운동이 끝난 후 30초 단위로 정상 상태로 돌아오기까지 심박수와 호흡률을 측정한다.
- (7) 1분 동안 달리면서 심박수와 호흡률을 측정한다.
 - ① 시작 전 30초 심박수와 호흡률을 측정한다.
 - ② 시작 후 30초 동안의 2회 총 1분간 심박수와 호흡률을 측정한다.
 - ③ 운동이 끝난 후 30초 단위로 정상 상태로 돌아오기까지 심박수와 호흡률을 측정한다.
- (8) 모둠에서 역할을 바꾸어 실시한다.



〈그림 IV-53〉 학교 체력단련실을 각종 운동기구를 탐구에 활용해 보자.



〈그림 IV-54〉 심박수 측정기를 착용하고 체력테스트를 하는 선수들

❖ 운동성 서맥

운동 선수에게서 나타나는 심박수 감소를 "운동성 서맥"이라고 한다. 이는 장기간의 강도 있는 훈련에 의해 심폐능력이 일반인보다 더 우수하다는 것을 나타낸다. 심박수 감소는 부교감신경 자극의 증가와 교감신경 자극의 감소와 같은 생리적인 변화로 인해 일어나는 것이다.

결과 및 논의

(1) 실험 결과를 표에 기록해 보자.

• 제자리에서 걷기

구분	운동전	운동 중		운동 후			
		30초	60초	30초	60초	90초	120초
심박수(수/분)							
호흡률(수/분)							

• 달리기

구분	운동전	운동 중		운동 후			
		30초	60초	30초	60초	90초	120초
심박수(수/분)							
호흡률(수/분)							

(2) 2가지 운동의 결과를 하나의 그래프에 나타내 보자.

(3) 휴식시의 맥박수와 호흡률을 같은 모둠의 다른 사람들과 비교해 보자. 개인차가 나타나는 이유는 무엇인지 생각해 보자.

(4) 실험 결과를 통해 심박수와 호흡률의 변화를 설명해 보자.

(5) 심박수와 호흡률의 변화가 나타나는 이유를 설명해 보자.

(6) 학급 전체의 평균을 내어보고, 자신의 자료와 비교해 보자.

연구 과제

(1) 운동 선수와 일반인의 심박수와 호흡률의 차이는 어떻게 나타나는지 연구해 보자.

(2) 운동 이외 어떤 자극들이 심박수와 호흡률을 변화시키며, 운동 시 변화와 어떤 차이점이 있는지 연구해 보자.

(1) 호흡과 맥박의 조절

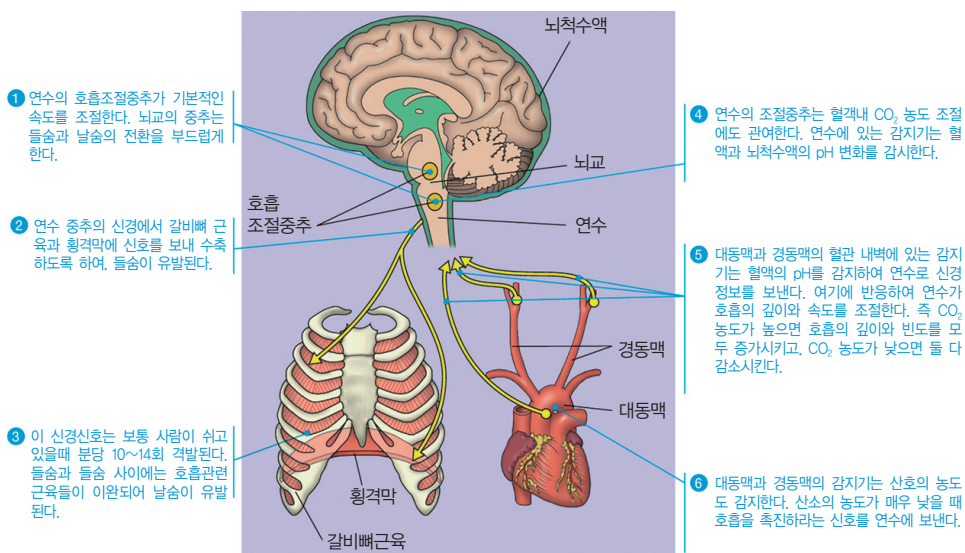
호흡은 의식적으로 통제할 수 있다. 노래를 부르거나 연설을 할 때, 음식을

먹으면서도 호흡은 적절히 조절되어야 한다. 호흡률도 체내의 대사에 맞도록 조절된다.

운동을 한 후에는 숨을 헐떡이게 되는데, 이것은 평소의 호흡보다 훨씬 빠르고 깊은 숨이다. 이것은 인체가 산소의 공급과 이산화탄소 제거의 필요성에 따라 호흡의 깊이와 빈도를 조절하기 때문에 일어나는 현상이다. 이 조절의 중추는 척수 바로 위에 위치하고 있는 뇌간의 연수이다. 만일 그 곳에 손상을 입으면 비주기적인 호흡 양상이 그대로 존속하게 될 것이다.

연수는 횡격막의 운동을 조절할 수 있는데, 횡격막의 수축과 이완에 맞추어 조절하게 된다. 연수보다 위에 있는 뇌 부분은 연설, 음식 섭취, 기침, 감정 상태들에 맞도록 호흡을 순응시키는 역할을 한다.

운동을 하게 되면 산소와 이산화탄소의 분압이 변하게 된다. 이 변화는 연수에 자극을 주게 되고 연수는 호흡의 리듬을 변화시킨다.



〈그림 IV-55〉 호흡과 맥박의 조절

심장의 경동맥과 대동맥은 많은 양의 혈액을 공급받는 곳이다. 이곳에는 혈액의 가스분압을 인지하는 소체가 존재한다. 이 혈관을 따라 이동하는 혈액 내의 산소분압이나 혈압이 변화하면 이 화학수용기가 작동하여 호흡의 중추인 연수에 정보를 제공하게 된다.

조사하기

교감신경계와 부교감신경계의 특성에 대해 알아보자.

04

내분비계

학·습·목·표

- 내분비계의 특징을 알 수 있다.
- 인체 내분비계 지도를 그릴 수 있다.
- 호르몬의 종류와 기능을 설명할 수 있다.

호르몬은 비교적 분자량이 작은 물질로 되어 있으며, 내분비샘에서 혈액으로 분비되어 표적세포에 작용한다. 호르몬은 항원으로 작용하지 않는 특징이 있어, 중의 특성이 없다. 과거 인슐린을 얻기 위해 돼지, 고래와 같은 동물의 이자를 사용하기도 하였다. 적은 양으로도 대사 조절에 영향을 주는 호르몬은 너무 많아도 병이 되고, 너무 적어도 병이 된다.

인체의 조절에 가장 중요한 역할을 담당하는 호르몬은 어디에서 분비되고 어떤 역할을 담당하는 것일까?

탐구 활동 5

인체 내분비계 지도 그리기

우리 몸에서 호르몬은 어디에서 분비되는 것일까? 그리고 그것들의 역할은 무엇일까? 분비샘에서 작용하는 세포들까지 어떻게 이동하며 정보를 주고받는 것일까?

실험 기구 및 재료

- 기구: 인터넷이 가능한 컴퓨터, 프린터기
- 재료: 호르몬 관련 서적, 전지, 각종 필기 도구, 크레용, 포스트 잇 등

실험 방법

- (1) 조별로 호르몬 관련 서적과 인터넷을 통해 관련 자료를 수집한다.
- (2) 한 명이 전지 위에 놓고, 다른 사람이 인체의 모양을 그린다.
- (3) 인체 모양이 만들어지면 그 모양에 어떤 방식으로 분비샘과 그것의 기능을 표현할 것인지 토의하자.
- (4) 전지의 인체 모양에 내분비계 지도를 그려보자.

결과 및 논의

- (1) 우리 몸의 호르몬 분비샘은 어디에 분포하고 있는지 말해보자.
- (2) 호르몬의 분비샘과 표적세포는 얼마나 멀리 떨어져 있는지 말해 보자.
- (3) 호르몬이 분비되는 과정에 대해 설명해 보자.

연구 과제

- (1) 내분비계 지도에 항상성 조절 과정을 가능한 한 많이 표현해 보자.
- (2) 신경계와 호르몬계의 항상성 조절 과정을 인체 모양에 가능한 한 많이 표현해 보자.

1) 호르몬의 종류

호르몬은 구조와 합성경로에 기초하여 펩티드, 아민 그리고 스테로이드 호르몬 3종류로 나눌 수 있다. 아민은 아미노산의 유도체를 가리킨다. 인슐린은 펩티드 호르몬의 일종이고, 티록신은 아민계 호르몬, 성 호르몬은 스테로이드 호르몬이다.

대부분의 호르몬은 펩티드 또는 단백질이다. 이런 호르몬은 수용성이므로 혈액을 통해 쉽게 운반되지만 지질 성분인 세포막을 통과할 수 없다. 반면 지질 성분으로 이루어진 스테로이드 호르몬의 경우는 세포막을 쉽게 통과할 수 있다.

생각하기

펩티드 호르몬과 스테로이드 호르몬의 분비 과정에는 어떤 차이점이 있을지 생각해 보자.

펩티드 호르몬의 경우 세포막을 통과하지 못하기 때문에 특별한 수용체가 필요하다. 수용체의 종류에 따라 세포 내의 반응도 달라진다.

2) 뇌하수체

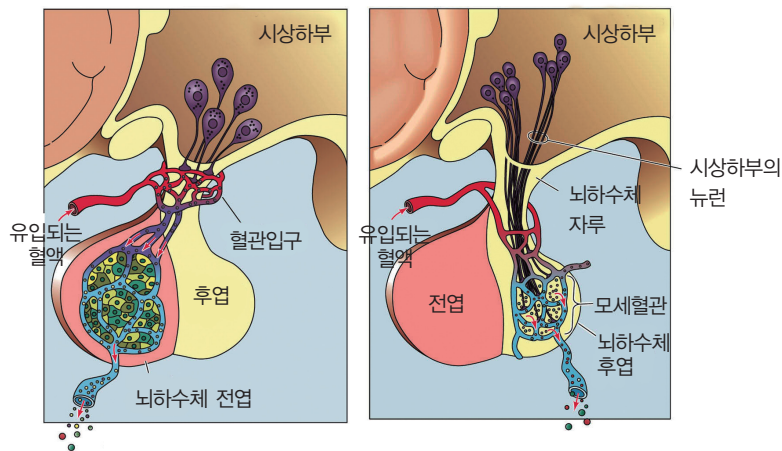
뇌하수체는 입천장 바로 뒤 두개골 하부의 움푹 파인 곳에 위치한다. 완두콩만한 크기의 뇌하수체는 전엽, 중엽, 후엽으로 나뉘지만 사람의 경우에는 중엽은 흔적으로만 남아 있다.

뇌하수체 전엽과 후엽은 기능도 다르며 발생의 기원도 다르다. 전엽은 구강이 발생 중 밖으로 성장하며 생성되었고, 후엽은 뇌가 성장하면서 만들어졌다.

(1) 뇌하수체 후엽 호르몬

후엽에서 항이뇨 호르몬(ADH)과 옥시토신이 분비된다. 이 호르몬들은 시상하부의 세포체에서 만들어지자마자 소포로 포장되어 축삭을 따라 내려와 신경말단에 저장된다.

항이뇨 호르몬은 신장에서 물의 재흡수를 조절하며, 옥시토신은 출산 시 자궁 수축과 젖분비와 관련이 있다.



〈그림 IV-56〉 뇌하수체의 전엽과 후엽의 호르몬 분비

(2) 뇌하수체 전엽 호르몬

뇌하수체 전엽에서는 펩티드와 단백질로 되어 있는 갑상샘자극 호르몬(TSH), 부신피질자극 호르몬(ACTH), 황체형성 호르몬(LH), 여포자극 호르몬(FSH)이 분비된다. 이들은 다른 내분비선의 활성을 조절하는 샘자극 호르몬이다.

또한 뇌하수체 전엽에서는 성장 호르몬(GH) 및 프로락틴(PRL)과 같은 단백질 호르몬이 분비된다. 성장 호르몬은 다양한 조직에 직간접적으로 작용하여

생장을 촉진한다. 이런 성장 호르몬이 성장기에 충분히 공급되지 못하면 난쟁이가 되고, 과다하게 공급되면 거인이 된다. 프로락틴은 가슴의 발달과 젖의 생성 및 분비를 자극한다.

뇌하수체 전엽은 분비샘이다. 전엽의 호르몬 분비를 위해서는 시상하부에 있는 세포가 만드는 적은 양의 신경 호르몬이 문맥혈관 시스템을 통해 뇌하수체 전엽으로 운반되어야 한다. 시상하부가 분비하는 방출 및 방출억제 호르몬이 뇌하수체 전엽의 호르몬 분비를 조절한다.

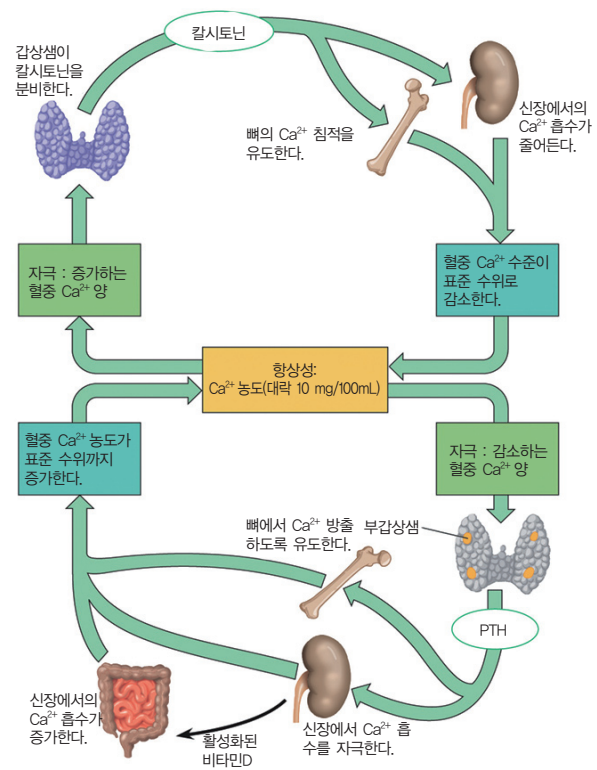
3) 갑상샘과 부갑상샘

갑상샘은 성대 바로 아래쪽 기관의 연골에 나비 모양으로 붙어 있는 내분비샘으로 티록신과 칼시토닌을 분비한다.

티록신은 두 개의 티로신 분자로부터 합성되고, 다시 네 개의 아이오딘 원자가 화학적으로 결합된다. 그래서 티록신 분자는 T4라고 불린다. 티록신은 대부분 체세포의 유전자 전사를 자극하여 세포대사를 조절하는 역할을 한다. 티록신의 분비 증가는 신진대사를 증가시키고, 반대로 티록신의 분비 저하는 신진대사를 저하시킨다. 티록신의 과다 분비는 바제도병, 부족하면 크레틴병을 일으킨다.

갑상샘에서 분비되는 또 다른 호르몬인 칼시토닌은 파라토르몬, 비타민 D와 함께 혈액 내의 칼슘 이온의 농도를 조절한다. 파라토르몬은 부갑상샘이 분비하는 호르몬이다. 부갑상샘은 갑상샘의 뒤쪽에 있는 두 쌍의 콩알 만한 크기로 존재한다.

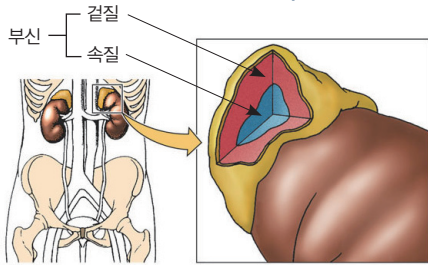
칼시토닌은 혈액의 칼슘 농도를 낮추는 작용을 한다. 파골세포는 뼈를 파괴하여 혈액으로 칼슘을 방출시킨다. 반면 조골세포는 혈액 내 칼슘을 이용하여 뼈 조직을 생성한다. 칼시토닌은 뼈의 칼슘 축적을 유도하고, 신장에서 칼슘 흡수를 억제해 혈액 내의 칼슘 농도를 낮춘다. 성인에게는 뼈의 생성이 잘 일어나지 않아 칼시토닌이 칼슘의 항상성에 중요한 역할을 하지 않는다. 전반적으로 칼슘 농도는 칼시토닌보다 파라토르몬에



〈그림 IV-57〉 칼슘 이온의 항상성 조절

더 큰 영향을 받는다. 파라토르몬은 조골세포를 활성화하여 뼈의 전환을 향상시키고, 한편으로 파골세포를 활성화하게 하는 사이토카인을 분비한다. 그 결과 뼈의 손실 없이 혈중 칼슘의 농도를 높이게 된다. 또 파라토르몬은 비타민D의 활성을 자극하고, 이 비타민D는 소화관에 작용하여 음식물 안에 칼슘의 흡수를 높인다. 비타민D는 파라토르몬과 함께 작용하여 신장에서 칼슘이 소변으로 빠져 나가는 것을 억제한다.

4) 부신



〈그림 IV-58〉 부신 겉질과 속질

부신은 신장 위에 모자처럼 놓여 있다. 부신은 겉질과 속질이 서로 구분되며, 이 둘은 각각 다른 호르몬을 분비한다.

부신의 겉질은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 부신 겉질 자극 호르몬의 자극을 받아 호르몬을 분비한다. 부신 겉질에서 분비되는 호르몬을 코르티코 스테로이드라고 통칭하는데, 당질 코르티코이드, 무기질 코르티코이드, 성 스테로이드가 있다.

당질 코르티코이드는 혈당 농도에 영향을 주며, 다른 한편으로 지방, 단백질 및 탄수화물 대사에도 영향을 준다. 무기질 코르티코이드는 알도스테론이라고 하며, 신장을 자극하여 나트륨을 재흡수하고, 칼륨은 배출하도록 한다. 부신 피질에서 생성되는 성 스테로이드는 무시될 정도의 소량이 분비된다.

부신 속질에서 분비되는 호르몬은 에피네프린(아드레날린)과 노르에피네프린이 있다. 속질에서 만들어지는 호르몬 중 80% 정도가 에피네프린이고 20% 정도가 노르에피네프린이다. 에피네프린과 노르에피네프린은 심장박동과 혈압을 증가시키고, 혈액의 흐름을 근육으로 유도한다. 싸움-도망 반응과 같은 육체적인 위협은 물론, 수업 시간에 갑작스럽게 질문을 받거나 시험을 칠 경우와 같이 정신적인 스트레스에 의해서도 분비된다.

5) 생식샘

정소와 난소는 정자와 난자를 생산하는 것 뿐만 아니라 성 호르몬을 생성하는 분비샘으로서의 역할도 수행한다.

남성의 생식샘에서 분비되는 테스토스테론은 정자의 생산을 촉진하고 근육을 발달시키며, 성징을 발현시킨다. 여성의 난소에서는 에스트로겐과 프로게스테론이 분비된다. 여성의 성 호르몬은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 여포 자극 호르몬과 황체 형성 호르몬에 의해 조절된다.

05

인체의 항상성 유지

학·습·목·표

- 혈당량 유지 과정을 설명할 수 있다.
- 혈당량 측정 실험을 통해 자신의 항상성 조절 과정을 알 수 있다.
- 체내 삼투 조절 과정을 설명할 수 있다.

인체는 내부 환경을 유지하기 위해 신경계와 내분비계를 활용한다. 대표적인 인체의 항상성 조절로는 혈당량, 체온, 삼투압 조절이 있다. 그 중 혈당량과 삼투압 조절 방법에 대하여 자세히 알아보자.

1) 혈당량 조절

혈당은 인체의 건강 상태를 점검하는 가장 중요한 지표 중 하나이다. 혈당의 양을 조절하지 못하여 지나치게 많아지면 병이 된다. 이것이 바로 당뇨병이다. 우리나라의 당뇨병 환자 수는 꾸준히 증가하고 있다. 2005년 한국의 당뇨병 심포지엄에서는 지금의 추세라면 2030년 당뇨병 환자가 722만명(인구의 14.4%)에 이를 것이라며 정부 차원의 대책 마련이 시급하다고 경고하고 나서기도 했다.

미국에서는 더욱 심각하다. 정부는 당뇨병과 비만으로 부터 어린 학생을 보호하기 위해 학교 내에서 탄산음료는 물론 설탕이 가미된 음료들의 판매 및 자판기의 설치를 금지하고 있다.

탄산음료를 마시면 우리 몸속의 혈당은 어떻게 변하는 것일까?



〈그림 IV-59〉 뉴욕시 탄산음료 공익 광고



〈그림 IV-60〉 혈당계를 이용해 손쉽게 혈당을 측정할 수 있다.

탐구 활동 6

탄산음료와 혈당의 변화

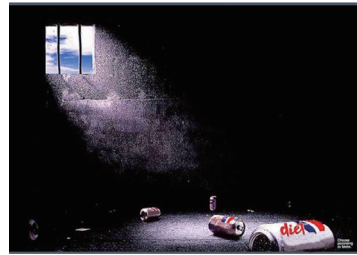
우리 몸속의 혈당 조절은 대표적인 항상성 조절 작용이다. 탄산음료를 마시게 되면 우리 몸속의 혈당은 얼마나 높아질까? 탄산음료의 당은 얼마나 빨리 흡수되는 것일까? 이런 변화는 우리 몸의 건강과 어떤 관련이 있을까?

실험 기구 및 재료

- 기구: 혈당계, 혈당측정용 스트립, 채혈침
- 재료: 혈액, 솜, 소독용 알코올, 고무 밴드, 탄산음료(일반 음료와 다이어트 음료), 물, 컵

실험 방법

- (1) 사용할 혈당계의 사용법과 스트립의 유효기간을 확인한다.
- (2) 손가락을 고무 밴드로 묶고, 채혈할 손가락 끝을 소독용 알코올을 묻힌 솜으로 깨끗이 소독한다.
- (3) 채혈침으로 손가락을 찌러 혈액이 나오도록 한다.
- (4) 스트립을 이용해 혈당을 측정한다.
- (5) 10분 간격으로 3회를 실시한다.
- (6) 실험구와 대조구로 나뉘어 각각 탄산음료, 다이어트 탄산음료, 물을 500 mL씩 마신다.
- (7) 10분 간격으로 혈당의 변화를 측정하여 기록한다.



〈그림 IV-61〉 죄수가 창살을 빠져 나갈 만큼 다이어트 탄산음료는 다이어트에 효과가 있을까?

실험 결과 및 논의

- (1) 혈당의 변화를 그래프로 나타내시오.
- (2) 혈당이 어떤 기작을 통해 변화하는지 설명해 보시오.
- (3) 일반 탄산음료와 달리 다이어트 탄산음료를 마시면 혈당이 높아지지 않는다. 그 이유를 알아보자.

연구 과제

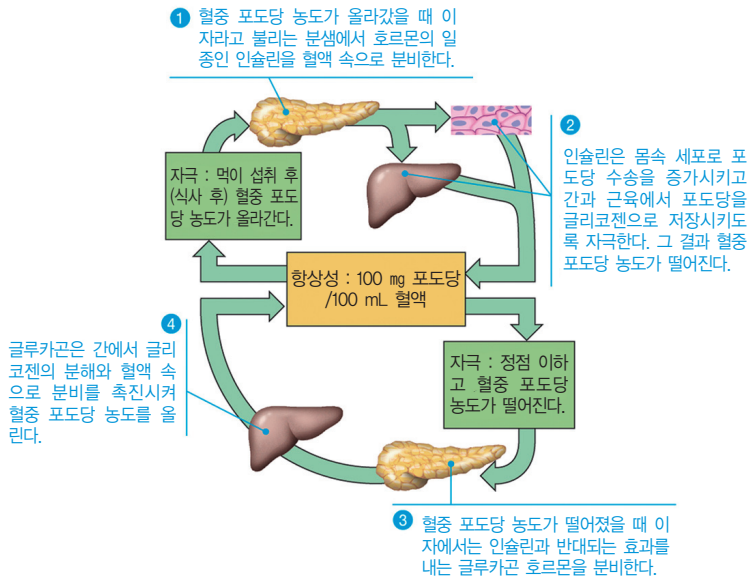
- (1) 나의 몸 속 혈당은 하루 동안 어떻게 변하고 있을까?
- (2) 섭취하는 음식물의 종류에 따라 혈당량의 변화속도는 어떻게 달라 질까?
- (3) 학교 내에서 탄산음료의 판매를 금지하는 것이 타당한 것인지 논의해 보자.
- (4) 혈당계의 측정 원리에 대해 조사해 보자.



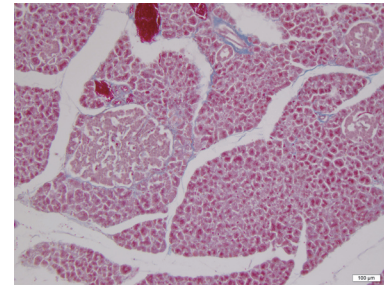
ARE YOU POURING ON THE POUNDS?

Drink	Number of Calories	Teaspoons of Sugar
Iced White Chocolate Mocha (16 oz)	340	14
Cola (20 oz)	250	10
Lemon Lime Soda (20 oz)	240	10
Orange Delight Drink (16 oz)	225	8
100% Apple Juice (16 oz)	220	8
Lemon Flavored Iced Tea (20 oz)	210	8
Café Latte (16 oz)	190	6
Sports Drink (20 oz)	120	4
Water, Seltzer (20 oz)	0	0

〈그림 IV-62〉 음료에 따라 많은 양의 당이 들어 있다.



〈그림 IV-63〉 몸속 연료인 포도당의 항상성 조절

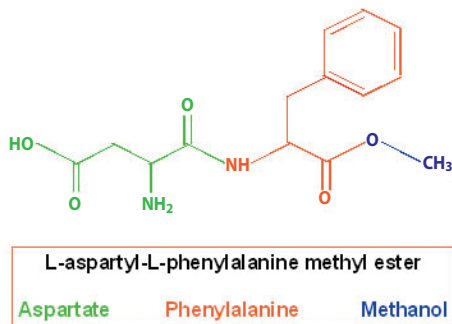


〈그림 IV-64〉 사람의 이자 조직 이자에서는 외분비조직과 내분비조직이 같이 존재한다.

세포의 에너지원으로 가장 많이 사용되는 영양소인 포도당은 음식물을 통해서 얻을 수 있다. 우리가 섭취한 음식물 중 탄수화물은 포도당으로 분해되어 소장의 모세혈관으로 흡수되므로 혈당량을 증가시킨다. 하지만 체내에서 상황에 따라 포도당을 사용하게 되므로 혈당량은 지속적으로 변하게 된다. 정상인의 혈당량은 100 mL의 혈액에 100 mg의 포도당이 들어 있는 정도이며, 일정한 농도(0.1%)로 유지된다.

우리가 탄산음료를 마시게 되면 음료 속의 당이 신속히 흡수되어 혈당이 높아진다. 혈당을 낮추기 위해 이자에서 인슐린이 분비되고 당은 대사의 에너지 원으로 사용되고, 글리코젠이나 지질로도 합성되어 혈당은 떨어진다. 반대로 물을 마시거나 에너지를 소모하는 각종 활동으로 혈당이 떨어지면 이자는 글루카곤을 분비하여 합성했던 글리코젠을 분해하여 다시 혈당을 높이게 된다. 이와 같은 방식으로 혈당량은 일정하게 유지될 수 있다.

(1) 인공 감미료



〈그림 IV-65〉 아스파탐의 구조

다이어트 음료에는 단 맛을 내기 위해 인공감미료가 들어 있다. 인공감미료로는 시클라메이트, 아스파탐, 사카린, 수크라로오스 등이 있는데, 설탕에 비해 각각 30배, 150배, 450배, 600배 정도가 더 달다. 하지만 이런 물질은 몸에 들어가서 당으로 작용하지 않는다. 이런 인공감미료가 더 강한 단맛을 내는 이유는 혀의 단맛을 느끼는 수용체에 아주 강하게 결합하기 때문이다. 인공감미료는 단맛의 수용체뿐만 아니라 쓴맛을 느끼는 수용체와 결합하게 되는데, 그런 이유로 뒷맛이 쓰게 느껴지기도 한다. 약

품의 경우 맛이 굉장히 쓰기 때문에 인공감미료를 많이 첨가하고 있다.

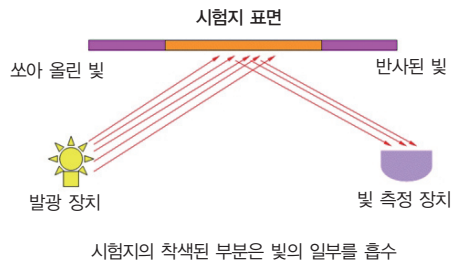
(2) 혈당 측정기

혈당 측정기는 혈액 속에 들어 있는 포도당의 양을 재는 기구이다. 이 포도당의 양을 측정하는 원리에는 두 가지가 있다. 하나는 광도측정법이고, 다른 하나는 전기화학법이다.

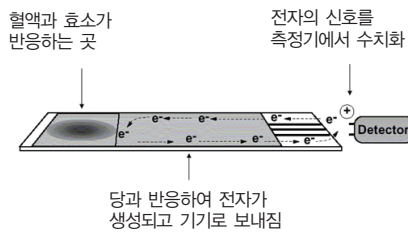
광도측정법은 시험지에 빛을 쏘아 올린 후 반사된 빛의 양을 분석하여 혈당을 측정하는 방식이다. 시험지에 혈액이 묻게 되면, 혈액과 시험지에 있는 효소가 반응하여 착색이 되게 된다. 이 때 발광장치에서 착색된 부분에 빛을 쏘아 올리면 그 착색의 정도에 따라 빛을 흡수하는 정도가 달라져 이를 이용해 측정하는 방식이다.

전기화학법은 혈액 속 포도당이 시험지의 효소와 반응하여 전자를 생성하도록 한 후, 생성된 전자의 양을 혈당 수치로 바꾸어서 보여주는 방식이다. 시험지에 묻은 혈액 속에 포도당이 많이 포함되어 있으면 그 포도당들이 시험지의

효소와 더 많이 반응해서 많은 양의 전자를 만들어 내게 되고, 그 전자의 양만큼 혈당 수치도 높게 나오게 된다.



〈그림 IV-66〉 광도측정법의 원리



〈그림 IV-67〉 전기화학법의 원리

조사하기

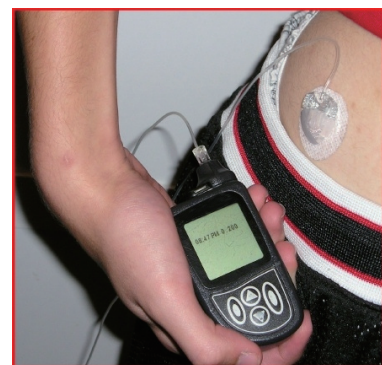
혈당계의 원리에 따라 어떤 장단점이 있는지 조사해 보자.

(3) 당뇨병

2002년 발표된 통계청의 사망원인통계를 보면 인구 10만명 당 암이 123.5명으로 1위, 뇌혈관질환이 73.8명으로 2위, 심장질환이 34.2명으로 3위, 당뇨병이 23.8명으로 4위였다. 사망원인 순위로 볼 때 지난 10년 동안 암 다음으로 많이 증가한 질환이 바로 당뇨병이다. 이 수치는 OECD 국가 중에서 가장 높은 수준이다. 미국의 경우 CDC(질병통제예방센터)는 2004년 미국인 중 4천 100만명 정도가 당뇨병으로 발병할 수 있는 준당뇨병이라고 밝히고 있다. 이처럼 당뇨병은 흔한 내분비계 질환이다.

당뇨병은 체세포가 혈액 속의 포도당을 제대로 흡수하지 못해 일어나는 내분비계 질환이다. 이 병은 혈액 내에 인슐린의 양이 부족하거나 체세포가 인슐린과 정상적으로 반응하지 못해서 일어난다. 이와 관련되어 당뇨병을 두 가지 형태로 나눌 수 있다. 하나는 인슐린의 존성 당뇨병이고 다른 하나는 인슐린비의존성 당뇨병이다.

제 I 형 당뇨병인 인슐린의존성 당뇨병은 백혈구가 이자의 내분비샘을 일부 파괴하는 자가면역질환이다. 이 결과 이자는 인슐린을 충분히 만들지 못하고 세포는 인슐린의 명령을 전달받지 못해 혈액 속의 포도당을 에너지원으로 사용하지 못한다. 이 병은 15세 이전의 어린이들에게서도 나타난다. 정기적으로 인슐린을 투여하면 정상적으로 활동할 수 있다.



〈그림 IV-68〉 인슐린 펌프는 혈당 변화에 따라 인슐린을 체내로 자동적으로 주입한다.

제Ⅱ형 당뇨병인 인슐린비의존성 당뇨병은 이자샘이 정상적으로 인슐린을 생산한다. 하지만 체세포가 인슐린에 적절하게 반응하지 못해 나타나는 병이다. 미국의 당뇨병 환자 중 90%가 이 경우이다. 이 병은 비만과 관련이 많은 것으로 생각되며 대부분 40대 이후에 발병하는 성인병이다.

조사하기

1. 당뇨병은 왜 위험한 병인지 조사해 보자.
2. 당뇨병은 어떻게 치료할 수 있는지 조사해 보자.

2) 삼투 조절

인체는 수분과 염류의 균형, 그리고 요소 생성량에 따라 오줌의 부피와 삼투 농도를 모두 조절할 수 있다. 우리가 아주 짠 음식을 먹거나 물을 적게 먹으면 고농도의 오줌을 생산하여 물의 손실을 최소화할 수 있고, 반대로 물을 많이 마실 경우 오줌을 통해 과량의 물을 배설할 수 있다. 평소 우리는 체내 삼투 농도가 약 300 mOsm/L인데, 과량의 체액을 배설할 때는 오줌을 약 70 mOsm/L 까지 희석할 수 있다. 인체는 어떤 과정을 통해 삼투를 조절할 수 있을까?

탐구 활동 7

삼투 조절

체내의 삼투 농도는 계속해서 변한다. 삼투 농도는 세포들의 대사과정 및 생존에 가장 중요한 요인이 된다. 이런 삼투 농도를 조절하기 위한 과정은 어떻게 일어나는 것일까?

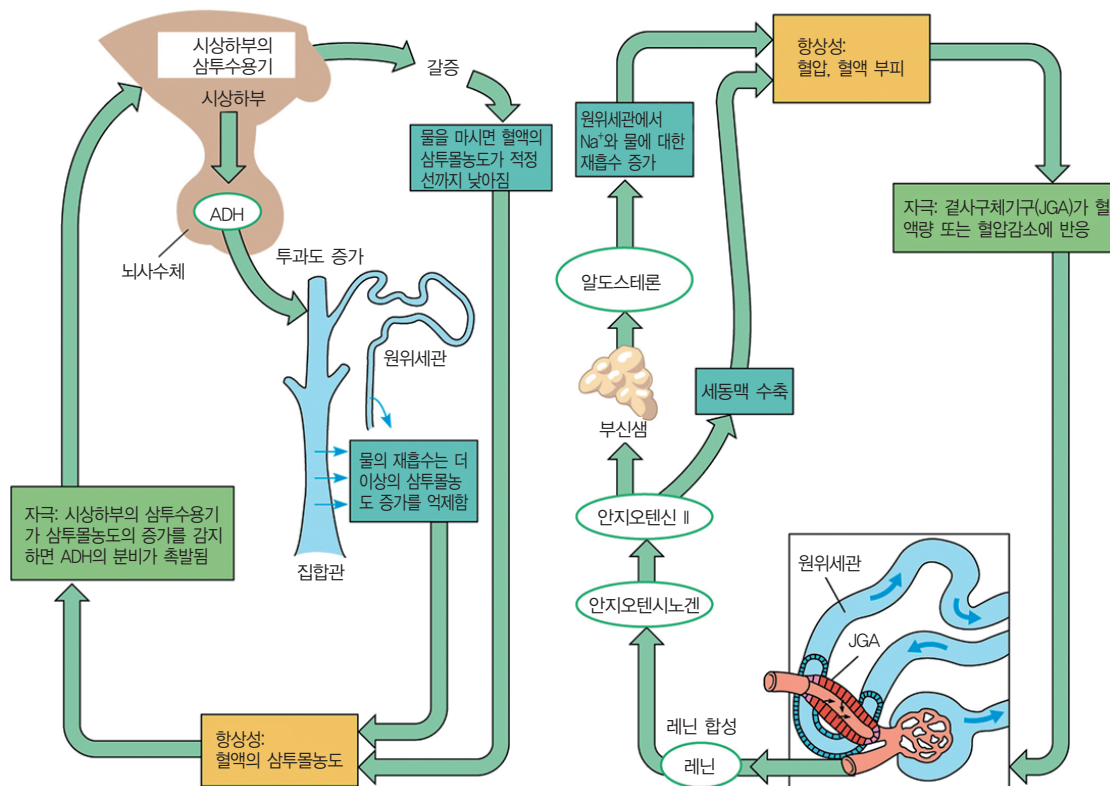
자료

- 삼투 조절 과정 자료

해석 및 논의

다음은 인체의 삼투 조절 과정을 모식적으로 나타낸 것이다.

- (1) 짠 음식을 먹거나 땀을 많이 흘려 체액의 농도가 300 mOsm/L 이상으로 높아지면 어떻게 되는지 설명해 보자.



(a) 항이뇨호르몬(ADH)은 물의 재흡수를 도와 수분의 손실을 막는다.

(b) 레닌-안지오텐신-알도스테론(RAAS)계는 혈액량을 늘리고 혈압을 높인다.

〈그림 IV-69〉 체내 삼투 조절 과정

(2) 출혈이나 염류의 섭취가 부족할 경우 체내에는 어떤 일이 벌어지는지 설명해 보자.

연구 과제

(1) 짧은 시간 동안 과도한 양의 물을 마시면 매우 위험하다. 그 이유를 알아보자.

(2) 삼투 조절 과정과 관련된 질병의 원인과 특성을 조사해 보자.

(1) 항이뇨 호르몬에 의한 조절

인체의 삼투 조절에 가장 중요한 역할을 하는 것이 항이뇨 호르몬(antidiuretic hormone, ADH)이다. ADH는 시상하부에서 합성되어 뇌하수체 후엽에 저장된 후 자극에 따라 분비된다. 시상하부의 삼투수용기는 혈액의 삼투압을 측정하고 뇌하수체 후엽의 ADH 분비량을 조절한다.

ADH는 혈액의 삼투가 높아지는 상황에서 분비된다. ADH는 신장의 원위세뇨관과 집합관에 주로 작용한다. ADH는 집합관의 물에 대한 투과성을 높여 물의 재흡수량을 증가시킨다. 그 결과 오줌의 양은 줄어들어 체액의 삼투 농도를 낮추게 되고, ADH의 분비도 줄어들게 된다.

혈액의 삼투 농도가 낮아지면 반대의 과정이 진행된다. ADH의 분비는 거의 일어나지 않고, 그로 인해 집합관에서 물의 재흡수가 줄어들고 과량의 오줌이 만들어지는 것이다.

(2) 레닌-안지오텐신-알도스테론의 조절

체액 삼투 농도의 항상성을 돕는 조절기구에는 레닌-안지오텐신-알도스테론계(RAAS)가 있다. RAAS에는 사구체로 혈액을 보내는 수입소동맥에 붙어 있는 특수한 조직인 결사구체기구(JGA)가 관여한다. 혈압이 떨어지면 JGA에서 레닌이라는 효소를 분비하고, 레닌은 혈액 내의 안지오텐시노젠이라는 단백질을 변형시켜 호르몬으로 작용하는 안지오텐신Ⅱ라는 작은 펩티드를 만든다.

안지오텐신Ⅱ는 소동맥을 수축시켜 혈압을 높이고, NaCl의 재흡수를 도와준다. 또 부신피질을 자극하여 호르몬인 알도스테론의 합성을 증가시킨다. 알도스테론은 원위세뇨관에 작용하여 Na^+ 과 물의 재흡수를 증가시키고, 그 결과 혈압은 높아지게 된다.

ADH와 RAAS는 물의 재흡수를 증가시키기는 하지만 ADH는 지나친 탈수나 수분섭취의 부족에 의해 혈액의 삼투 농도가 증가하면 자극을 받는다. 반면에 염류와 물의 손실이 한 번에 일어날 경우에는 RAAS가 작동하게 된다.

❖ 레닌-안지오텐신-알도스테론계
RAAS
(Renin-angiotensin-aldosterone-system)

❖ 결사구체기구
JGA
(Juxtaglomerular apparatus)

조사하기

1. 삼투 조절과 혈압약과의 관계에 대해 조사해 보자.

항상성 조절

- 인체는 하나의 계(System)이다. 이 계가 잘 작동하기 위해서는 조절이 필요하다.
- 계에는 4가지 특성인 ①요소, ②경계, ③상호작용, ④투입과 산출물을 가지고 있다.
- 인체의 항상성은 신경계나 내분비계에 의해 조절되며, 피드백 조절은 대표적인 조절 방식이다.

뉴런의 자극 전달

- 뉴런은 역할에 따라 운동뉴런, 감각뉴런, 연합뉴런으로 나눌 수 있다.
- 뉴런은 휴지막 전위를 유지하고 역치 이상의 자극에 대해 활동전위를 만들어 자극을 전달한다.
- 뉴런과 뉴런은 시냅스라는 미세한 간격을 두고 인접해 있으며, 신경전달 물질을 통해 자극을 전달한다.

신경계와 내분비계

- 신경계는 중추신경계와 말초신경계로 나눌 수 있으며, 중추신경계는 뇌와 척수, 말초신경계에는 체성신경계와 자율신경계로 구분된다. 체성신경계는 운동신경과 감각신경이, 자율신경계에는 교감신경계와 부교감신경계가 있다.
- 인체의 중요한 조절은 대부분 반사적으로 조절되고 있으며, 반사적인 조절은 즉각적으로 반응하여 신체의 항상성 조절에 중요한 역할을 담당한다.
- 내분비계는 분비샘에서 혈액으로 분비되어 각 표적기관의 활동을 조절하여 항상성 조절에 관여한다.
- 신경계와 내분비계는 서로 상호작용하며 인체의 항상성 조절에 관여한다.

인체의 항상성 조절

- 혈당 조절 과정에는 이자에서 분비되는 호르몬인 인슐린과 글루카곤에 의해 조절된다.
- 신체의 삼투 조절 과정에는 뇌하수체에서 분비되는 항이뇨 호르몬(ADH)과 삼투 조절을 돕는 조절기구인 레닌-안지오텐신-알도스테론계(RAAS)가 관여한다.

논술 및 토의

1. 공학자들은 인간을 닮은 로봇을 만들기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 인간처럼 두발로 서고 뛰는 로봇을 만드는 것은 생각처럼 그렇게 쉽지 않다.

1) 로봇이 인간처럼 행동하기 위해 어떤 요소들이 필요할지 토의해 보자.

2) 인체의 시스템 조절 방법 중 로봇의 제어시스템에 적용할 수 있는 것은 무엇이 있을지 토의해 보자.

2. 다음을 읽고 물음에 답하시오.

혈압과 호흡 등 생체반응을 이용, 피의자 진술의 진위성을 판별하는 장치인 거짓말 탐지기가 요즘에는 상반된 진술과 이해관계가 얽혀있는 교통사고 피의자 진술의 진위성을 판별하는 데 활용되고 있다고 한다. 강력사건은 증거관계가 명확하지만 교통사고의 경우에는 당사자들간 진술이 상반되고 이해관계가 첨예하게 대립할 뿐 아니라 피의자 판단에 어려움이 많아 거짓말 탐지기 검사 의뢰가 증가하고 있다.

1) 거짓말 탐지기의 결과는 법정에서 중요한 증거로 사용된다. 거짓말 탐지기의 결과는 얼마나 신뢰할 수 있는 것인지 과학적 근거를 들어 설명하시오.

2) MBL을 이용한 거짓말 탐지기를 설계하고, 실험을 수행할 수 있는 계획을 세워보시오.

3. 일반 청량음료, 다이어트 청량음료, 물을 마신 후 혈당의 변화를 측정한 결과이다. 물음에 답하시오.



- 1) 위 결과를 통해 알 수 있는 사실들을 가능한 많이 나열해 보자.
- 2) 각 음료에 대해 시간의 경과에 따라 체내에 어떤 변화가 일어났는지 설명해 보자.