

Вегетативная нервная система человека и ее связь с электрическими явлениями

Чтобы тема была не очень скучная, мы решили преподнести ее в виде беседы ученика и двух учителей биологии и физики.

"Учитель биологии:

Карл Густав Юнг ввел понятие кожно-гальванической реакции (КГР). Теперь этот термин получил наименование ЭАК (электрическая активность кожи). ЭАК связывает психические процессы в организме с электрическими явлениями.

Пишет задание на доске.

"Представьте мысленно такую ситуацию: перед вами появляется инопланетянин, чей образ Вам неприятен и даже вызывает у Вас страх. Он видит Вашу реакцию и утверждает, что в этот момент электрическая активность Вашей кожи станет гораздо большей, чем до его появления. Более того, каждый раз, задавая вопросы для выполнения этого задания, сопротивление кожи Вашего организма будет уменьшаться, а ее проводимость будет возрастать. Ответьте на вопрос: "Почему"?"

Ключевые слова:

УПрК (уровень проводимости кожи), РПрК (реакция проводимости кожи), симпатический и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы, норадреналин, ацетилхолин, апокринные, эккринные потовые железы, электрическое сопротивление, электрическая проводимость, потенциал, разность потенциалов.

Давайте выясним проблему при помощи ваших вопросов.

Ученик: Что такое ацетилхолин?

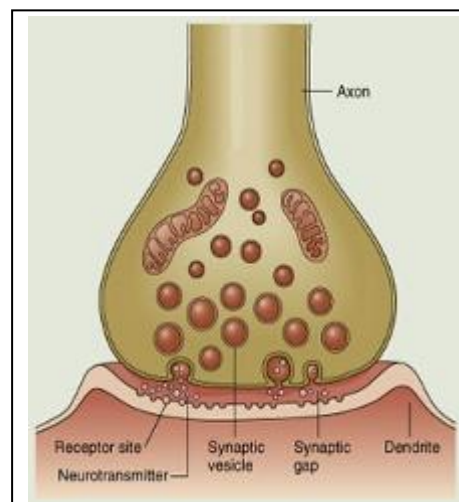
Это гормон, который появляется в так называемых синапсах - местах передачи возбуждения - парасимпатической нервной системы. Поэтому очень часто это вещество называют медиатором, то есть посредником при передаче электрического импульса по нервному волокну. Он усиливает или ослабляет этот сигнал.

Что такое норадреналин?

Это тоже медиатор, но уже в симпатической нервной системе.

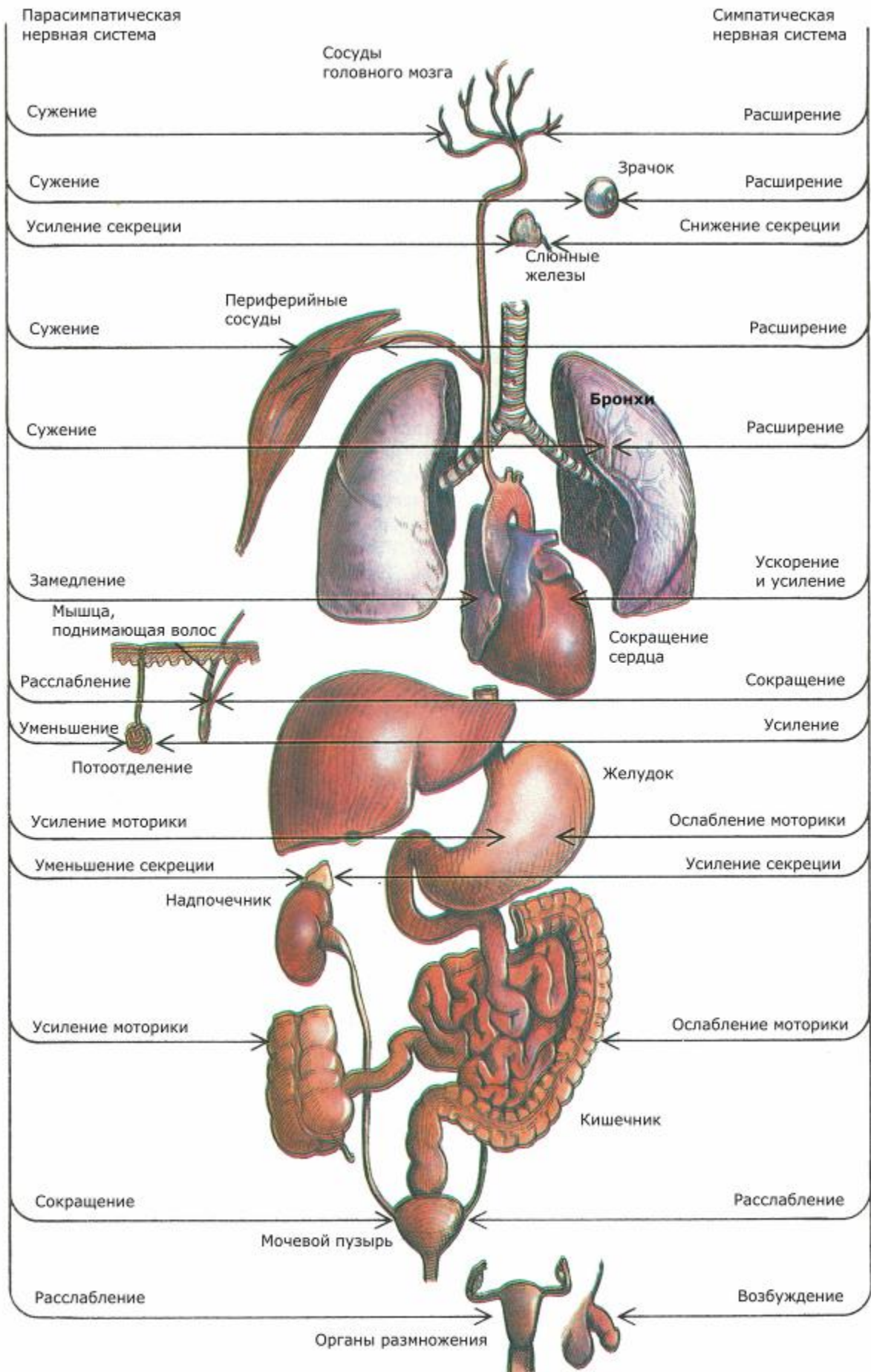
Что такое симпатический и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы?

Симпатический отдел по своим основным свойствам является трофическим, то есть питательным. Он осуществляет усиление окислительных процессов, потребление питательных веществ, усиление дыхания, учащение деятельности сердца, увеличение поступления кислорода в кровь к мышцам. Роль парасимпатического отдела охраняющая: сужение зрачка при сильном свете, торможение сердечной деятельности, опорожнение по-



Основной элемент мозга — синапс. Возбуждение одного нейрона высвобождает молекулы нейромедиатора (красные шарики), которые пересекают синаптическую щель и связываются с рецепторами (ямки), что изменяет состояние мембраны второго нейрона (изображение с сайта www.ashingtonhigh.northumberland.sch.uk)

лостных органов. Мочевой пузырь получает в основном парасимпатическую иннервацию, симпатическую иннервацию получают потовые железы, селезенка, надпочечники.



Можно ли утверждать, что в стрессовой ситуации в крови человека уровень норадреналина выше, чем ацетилхолина?

Да.

Сужается или расширяется сосуды при этом?

Сосуды сужаются.

Если в стрессовой ситуации сосуды сужены, то значит ли это, что потовые железы работают более интенсивно?

Вопрос некорректен, так как просвет сосудов напрямую не влияет на интенсивность работы потовых желез.

Вопрос учителю физики:

Пот является проводником электрического тока?

Да, так как представляет собой раствор электролита за счет содержащихся в нем солей.

Вопросы учителю биологии:

Что из себя представляют потовые железы и как они устроены?

На этом занятии мы не будем рассматривать строение потовых желез: цель нашего занятия рассмотреть влияние эмоций на электрическую активность кожи человека. Вкратце, относительно потовых желез можно сказать следующее: потовая железа способна выводить на поверхность человеческого тела "шлаки" в виде солей.

Все ли потовые железы в организме человека одинаковы?

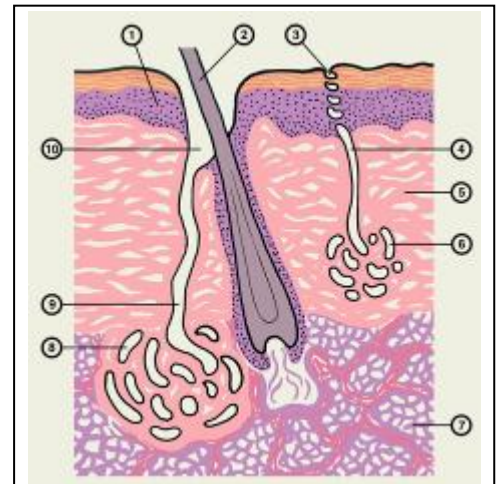
Существует два типа потовых желез. Менее распространенные апокринные железы развиваются из волосяных фолликулов (узелков) и находятся главным образом под мышками и в области половых органов. Считается, что эти железы исключительно и определяют запах тела. Они реагируют в первую очередь на раздражители, вызывающие стресс, и не играют почти или совсем никакой роли в регуляции температуры тела, хотя в этих же участках есть и железы, чувствительные к температуре.

Апокринные железы начинают функционировать приблизительно с наступлением половой зрелости. Их секрет несколько отличается от того солевого раствора, каким является пот. Они секретируют часть содержимого клетки.

Эккринные железы реагируют не столько на изменения температуры, сколько на внешние раздражители и стресс. Эти потовые железы сосредоточены на ладонях и подошвах, а также, в меньшей степени, на лбу и под мышками. Подразделение желез имеет не абсолютный, а относительный характер. В условиях сильной жары "эмоциональные" железы могут на нее реагировать, а в условиях крайнего стресса на него могут отвечать и терморегуляторные железы.

Сколько на поверхности кожи располагается потовых желез?

У человека имеется 2-3 миллиона потовых желез, расположенных по всей поверхности тела. Количество их в разных участках тела сильно варьирует. На подошвах и ладонях - 400 на см², на лбу - 200 на см², на спине - 60 на 1 см².



Схематическое изображение поперечного среза кожи с волосом, эккринными и апокринными потовыми железами: 1 — эпидермис; 2 — волос; 3 — потовая пора эккринной потовой железы; 4 — потовый проток эккринной потовой железы; 5 — дерма; 6 — концевая часть эккринной потовой железы; 7 — подкожная клетчатка; 8 — концевая часть апокринной потовой железы; 9 — потовый проток апокринной потовой железы; 10 — место впадения потового протока апокринной потовой железы в воронку фолликула

Вопросы учителю физики:

Что мы понимаем под уровнем потенциала кожи, уровнем проводимости кожи, реакцией проводимости кожи?

Эти характеристики и составляют электрическую активность кожи. Данные характеристики приведены в таблице 1. Уровень потенциала при этом означает отклонение или изменение потенциала кожи при изменении ее электрической активности. Термином "реакция" обозначают время изменения проводимости или сопротивления кожи. На рисунке 5 показана одновременная запись проводимости кожи (ПрК) и кожного потенциала (ПК). В период отдыха записи ПрК и ПК могут выглядеть как прямые линии. РПрК - отклонение пера вверх, означающее увеличение проводимости (связанное с усиленным потоотделением), тогда как РПК обычно выглядит как отклонение вниз от нулевой линии.

Таблица 1.

Виды электрической активности кожи

(ЭАК) УПК (SPL)	Уровень потенциала кожи (skin potential level)
РПК (SPR)	Реакция потенциала кожи (skin potential response)
УСК (SRL)	Уровень сопротивления кожи (skin resistance level)
РСК (SRR)	Реакция сопротивления кожи (skin resistance response)
УПрК (SCL)	Уровень проводимости кожи (skin conductance level)
РПрК (SCR)	Реакция проводимости кожи (skin conductance response)

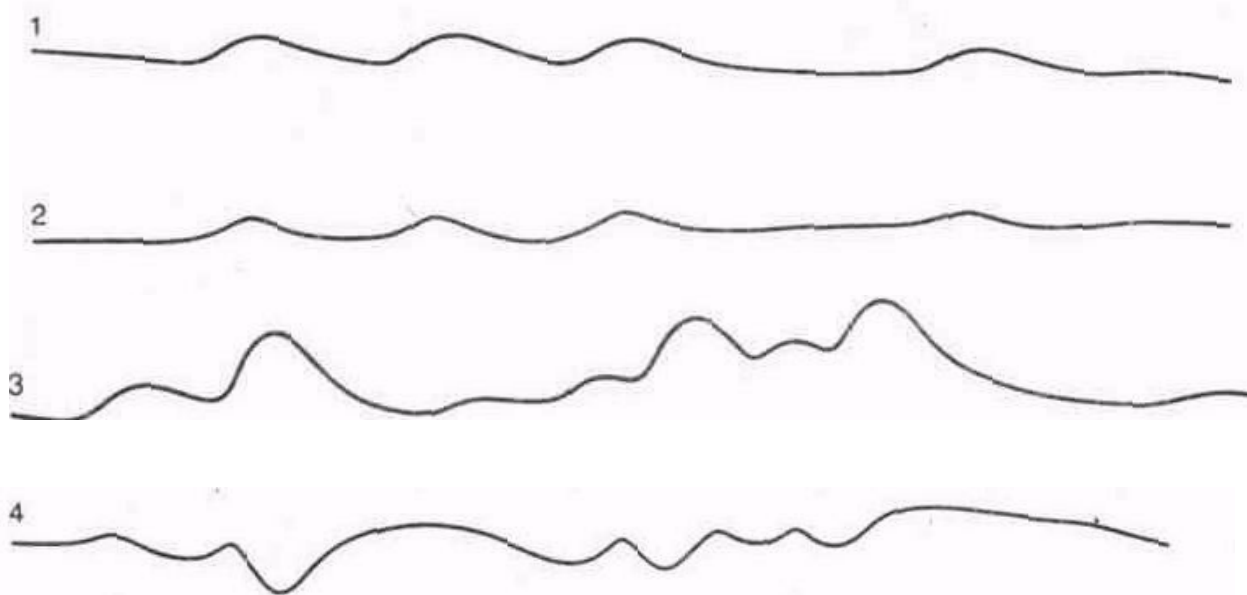


Рис.5.

На рис.5 представлена одновременная запись проводимости кожи и кожного потенциала 1 и 3 - ПК, запись с левой ладони и предплечья, 2 и 4 - ПрК, запись с правой ладони. Записи 1 и 2 были получены во время спокойной беседы, а 3 и 4 - спустя несколько минут после первых двух.

В чем разница между уровнем и реакцией проводимостей кожи?

Следует говорить об уровне, когда речь идет о показателях, относящихся к достаточно долгому периоду времени (тоническая активность), и употреблять слово реакция в случае изменений малой длительности, вызываемых определенным раздражителем (фазиче-

ская активность, занимающая всего несколько, секунд). Реакции, возникновение которых нелегко связать с каким-либо внешним стимулом, называются спонтанными.

Что такое ЭАК?

Для всех этих явлений вводится один общий термин "электрическая активность кожи" (ЭАК).

Связана ли ЭАК с эмоциями человека?

Электрическая активность кожи (ЭАК) обычно оказывается показателем "эмоционального" потоотделения. Ее обыкновенно регистрируют с кончиков пальцев или ладони, хотя ее можно измерять и на ногах, а также, возможно, на лбу и под мышками.

Вопросы учителю биологии:

Означает ли термин периферическая нервная система, что реакции потовых желез не зависят от действия ЦНС?

Активность потовых желез отражает определенные события, происходящие в головном мозгу. Реакции потовых желез и другие показатели функции вегетативной нервной системы часто называют "периферическими", как будто они совсем отделены от функций ЦНС. Это совершенно неверно. Реакция на такие слова, как "неоплаченный счет", явно включает в себя сложные процессы мышления. Бернштейн, Тейлор и Уэйнстайн разработали экспериментальную методику, в которой физически идентичные раздражители получают совершенно разный смысл. Ключевым элементом для предсказания реакции потовых желез оказалась "психологическая значимость" - сложный конструкт вроде тех, какие встречаются в социологических исследованиях. Исследуя реакцию потовых желез, специалист не обходит сложности человеческих переживаний, а, наоборот, сталкивается с ними лицом к лицу.

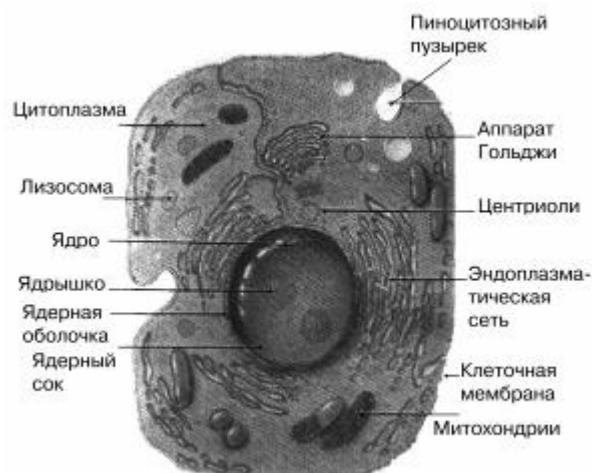
Значит ли это, что величина реакции потовых желез закономерным образом связана с интенсивностью осознаваемых переживаний?

Рассмотрим следующий ряд слов: кафедра, парта, цветок, какое-нибудь ругательное слово, пепельница, карандаш. Наверняка реакция ваших потовых желез будет наибольшей в ответ на неожиданное неприличное слово. Данные об усиленном потоотделении в ответ на эмоционально окрашенные стимулы весьма однозначны и убедительны.

За счет чего образуется импульс в организме человека?

Учитель физики:

Для ответа на этот очень важный для всего дальнейшего понимания материала вопрос необходимо рассмотреть самый элементарный "орган" нашего организма - клетку. Она состоит из цитоплазмы, окруженной полупроницаемой оболочкой - мембраной. Мембрана устроена так, что она неодинаково пропускает различные ионы в различные моменты времени. А раз существует такая "несправедливая" проводимость, то это означает, что по обе ее стороны скапливаются ионы разных знаков и концентраций, что приводит к появлению разности потенциалов.



Учитель биологии:

При возбуждении, вызванном сигналом-импульсом из головного мозга, клетка изменяет свои размеры, а, значит, и проницаемость. Это ведет к появлению тока. Кроме того, в разных отделах вегетативной нервной системы возникают так называемые медиаторы, или посредники, которые так же изменяют проницаемость мембран, но уже химическим

образом. Таким образом, за счет импульса из головного мозга при воздействии на организм раздражителя, ионная проницаемость клеточных мембран изменяется, что приводит к изменению потенциалов.

Какова разность потенциалов по обе стороны биологической мембраны в состоянии покоя и на сколько она может измениться при возбуждении?

Учитель физики:

Очень хороший вопрос. В среднем для клеточных мембран этот потенциал находится в пределах от нуля до ста милливольт! А если учесть, что клеток огромное множество, то можно утверждать, что организм пронизан электрическими токами, правда, небольшими.

Можем ли мы утверждать, что организм также пронизан и магнитными полями?

Безусловно, так изменяющееся во времени электрическое поле порождает изменяющееся во времени магнитное поле, о чем мы уже знаем из физики электромагнетизма.

Значит, мы можем влиять на электрический ток внутри организма с помощью внешних электрических и магнитных полей?

В определенной степени да.

Как конкретно показать такое влияние? В чем оно будет заключаться?

В изменении проницаемости клеточных мембран и, как следствие, изменении ионных потоков. А это, в свою очередь, влечет за собой изменение обмена веществ и процессов метаболизма. Существует в медицине такое понятие, как разность метаболических потенциалов, обусловленная разностью ионных потоков.

Влияет ли электрическая активность кожи на процессы внутри организма человека?

Имеешь ли ты ввиду, что существует некая обратная связь между показателями электрической активности кожных покровов и физиологическими процессами внутри организма? - (встречный вопрос учителя)

Да.

Интересный вопрос. Такая связь действительно существует. Представьте, что мы каким-либо образом с помощью специальных электрических приборов свели к нулю ЭАК. Будет ли это означать, что прекратится функционирование потовых желез?

Да.

Правильно, так как их активность в большой степени обуславливает кожно-гальванические потенциалы. А если "не работают" наши потовые железы, можно ли утверждать, что это приведет к нарушению функционирования всех систем и внутренних органов?

Конечно.

Вот и ответ на вопрос: обратная связь между электрической активностью кожи и функционированием внутренних органов действительно существует.

Почему она существует? А как передаются сигналы от головного мозга (различных его отделов) к внутренним органам? С помощью каких проводящих путей?

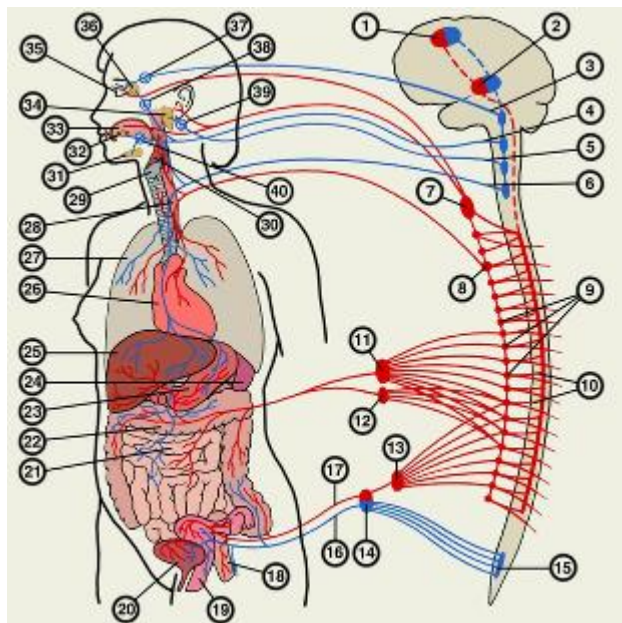
По нервным волокнам.



Совершенно верно. Мы сегодня не будем рассматривать механизм проведения возбуждения - это очень сложный процесс, но для себя отметим, что раз существует проводник электрических импульсов, то, значит, по нему может распространяться сигнал в любом направлении, в том числе и обратном.

Зависит ли количество выделяемого пота от температуры окружающего воздуха?

Безусловно. Организм человека представляет собой термодинамическую систему, причем открытую, поскольку клетки такого организма обмениваются с межклеточной жидкостью ионами. В течение дня мы в обычных условиях теряем около полулитра жидкости с потом. Это та самая неощутимая перспирация, которую впервые обнаружил Санкториус Санкторио. При температуре воздуха около 30°C пот начинает появляться на теле в виде мелких капелек. При исключительно сильной жаре потеря жидкости может достигать около 3,5 литров в час и 14 литров в день. При испарении этой жидкости происходит потеря тепла. Количество пота, которое может испариться, зависит также от влажности, т. е. количества влаги в воздухе. Таким образом, наша вялость в жаркие влажные дни, может быть, служит инстинктивным способом поддержания постоянной температуры тела.



Учитель биологии:

Всеми этими реакциями управляет рефлекторный центр, который находится в гипоталамусе и реагирует на температуру крови. Рефлекторное потоотделение происходит автоматически, прежде чем организм начнет подвергаться риску перегрева.

Как распространяется сигнал от головного мозга к потовым железам?

Анатомически от мозга к потовым железам идут два пути: один от коры больших полушарий, а другой от глубоких структур головного мозга - гипоталамуса и ретикулярной формации.

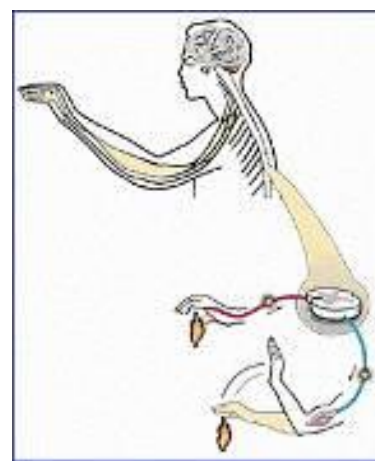
Вопрос учителю физики:

Как измерить сопротивление электрическому току потовых желез?

Потовая железа представляет собой проводник с током. Общее их количество представляет собой схему проводников, соединенных параллельно. Значит, измерив общее электрическое сопротивление, а лучше - проводимость, можно измерить проводимость потовых желез:

Таким образом, мы с вами выстроили следующую цепочку рассуждения:

Эмоция, сигнал из гипоталамуса, усиление симпатической активности, норадреналин, усиление секреции потовых желез, повышение проводимости кожи и ее электрической активности".



Прибор, измеряющий ЭАК - индикатор психоэмоциональных реакций ИПЭР-1К

<http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1193170&uri=page3.html>