

К. П. ИВАНОВ, Л. М. МЕЛЕСОВА

О РАЗЛИЧИЯХ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМОРЕЦЕПТОРОВ КОЖИ К ЛУЧИСТОМУ И КОНВЕКТИВНОМУ ТЕПЛОВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

(Представлено академиком В. Н. Черниговским 18 II 1975)

Известно, что инфракрасная радиация при действии на организм может вызвать явления перегревания даже при сравнительно прохладном окружающем воздухе. Это происходит вследствие недостаточно сильной реакции теплоотдачи в ответ на такой вид теплового воздействия. Выяснение механизмов указанного феномена составляет важную теоретическую и практическую задачу современной физиологии терморегуляции. Имеющиеся в литературе некоторые экспериментальные данные позволяют предполагать, что одной из причин недостаточной интенсивности терморегуляторных реакций при лучистом тепловом воздействии является низкая чувствительность терморецепторов кожи к инфракрасным лучам (², ⁴).

В настоящей работе сделана попытка провести количественный анализ сравнительной чувствительности кожных терморецепторов к лучистому и конвективному тепловому воздействию электрофизиологическим методом с помощью отведения и анализа биопотенциалов от кожных нервов.

Опыты проводились на кроликах-самцах. Вес животных от 2,5 до 3,5 кг. Исследовались терморецепторы кожи спинки носа. Под наркозом (барбитал 100 мг на 1 кг веса внутривенно) отпрепаровывались веточки нижнеглазничного нерва, иннервирующие эту часть кожи. Под слоем вазелинового масла непосредственно в ране веточки разволокнялись на отдельные пучки нервных волокон общей толщиной 100–200 мкм. После перерезки периферические части пучков укладывались на тонкие платиновые электроды под слой вазелинового масла в миниатюрные камеры из плексигласа. Камеры погружались в рану. Кожа над раной зашивалась. Голова животного фиксировалась в специальном станке. Животное со станком помещалось в термокамеру. Усиление биопотенциалов производилось с помощью усилителя типа УВПП-01 со специальным выносным каскадом предварительного усиления. Регистрация импульсной активности пучков нервных волокон производилась двояким способом. Во-первых, с помощью специального порогового устройства, формирователя импульсов, интенсиметра и самопишущего потенциометра ЭПП-09М. Потенциометр отмечал каждые 15 сек. на бумажной ленте суммарную частоту импульсов нерва в соответствующем масштабе. Такая запись велась непрерывно в течение всего опыта, т. е. 2–3 часа и более. Во-вторых, производилась периодическая съемка биопотенциалов нерва с помощью осциллографа и фотоприставки (ФОР-1). При этом благодаря подсчетам отдельных импульсных последовательностей с одинаковой амплитудой (± 3 – 5 мкВ) оказывалось возможным анализировать изменения частоты импульсов отдельных нервных волокон. Конвективное нагревание производилось благодаря повышению температуры воздуха в термокамере. Стенки термокамеры экранировались пенопластом. Кроме того экран из пенопластовых пластинок укреплялся непосредственно у носа, чтобы уменьшить механическое воздействие на кожу конвекционных токов воздуха. Обогрев термокамеры производился специальными батареями, в которых циркулировала подогретая вода. Для лучистого теплового воздей-

ствия использовалось специальное металлическое зеркало диаметром 10 см с нагревателем. Зеркало устанавливалось непосредственно над спинкой носа животного на расстоянии 4–5 см. Температура металла повышалась до 100–120°, что обеспечивало инфракрасное излучение с максимальной длиной волны в диапазоне 7,8–7,4 мкм. Волосистый покров кожи удалялся за несколько часов до опыта с помощью депилятора. Температура поверхности кожи измерялась с помощью тонкой медно-константановой термопары, расположенной непосредственно на коже. Э.д.с. термопары усиливалась и регистрировалась на ЭПП-09М с помощью разработанной в лаборатории схемы ⁽¹⁾. Порядок опыта был следующий. После операции в течение примерно 1 часа регистрировалась фоновая суммарная электрическая активность пучка нервных волокон при температурах в камере

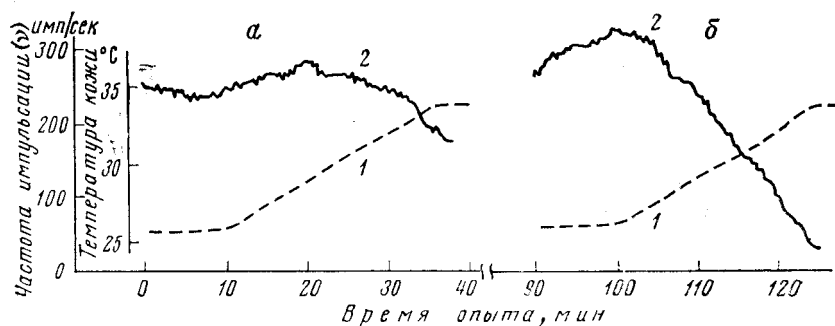


Рис. 1. Изменения суммарной импульсации пучка нервных волокон нижнеглазничного нерва при повышении температуры кожи спинки носа в результате лучистого (а) и конвективного (б) тепловых воздействий. 1 — температура поверхности кожи спинки носа, 2 — суммарная импульсация пучков нервных волокон

10–15° и температуре кожи приблизительно 26–27°. Затем температура воздуха в камере медленно повышалась с тем, чтобы обеспечить постепенное повышение температуры кожи спинки носа животного со скоростью 0,25–0,35° в 1 мин. Температура кожи повышалась до 34–37°, после чего температура воздуха и кожи возвращалась к исходным уровням. Через 30–40 мин. производилось повторное нагревание кожи с помощью металлического зеркала, испускающего инфракрасные лучи, при неизменной температуре воздуха в камере (10–15°). Скорость нагревания кожи и пределы нагревания оставались теми же. Очередность воздействий в разных опытах менялась.

Всего на 11 кроликах обследовано 18 пучков нервных волокон нижнеглазничного нерва, в которых было подвергнуто анализу импульсации 70 отдельных нервных волокон.

Суммарная частота импульсации различных пучков нервных волокон в целом различалась в зависимости от числа активных нервных волокон в пучке. В случае отведения от одного активного нервного волокна частота импульсов при температуре кожи 26–27° находилась в пределах 10–19 имп/сек. Однако в большинстве пучков отведение осуществлялось одновременно от 6–10 активных волокон и более. Общая частота импульсации в этом случае при тех же условиях достигала до 230 имп/сек. Амплитуда отдельных потенциалов находилась в пределах от 18 до 130 мкв. Следует отметить, что при отведении от одиночных активных нервных волокон амплитуда потенциалов была одинаковой и они следовали довольно регулярно.

Исследования показали, что при повышении температуры кожи носа путем конвекции (нагревание воздуха) у 11 пучков нервных волокон из 18 наблюдается отчетливое понижение суммарной импульсации, которая при температуре поверхности кожи 34–37° достигала 50% от исходной.

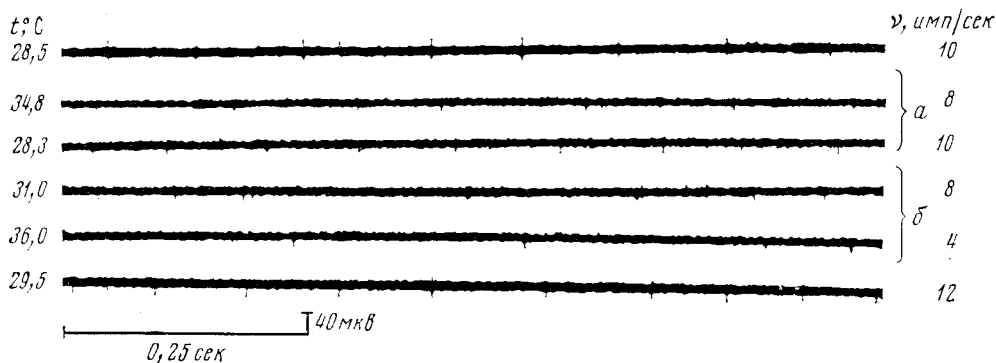


Рис. 2. Различие в реакции одиночного холодowego терморецептора кожи на лучистое (а) и на конвективное (б) тепловые воздействия

Лучистый обогрев поверхности кожи до той же температуры не вызывал четких изменений импульсации в тех же пучках (рис. 1). Остальные 7 пучков нервных волокон нижнеглазничного нерва не обнаружили какой-либо видимой реакции как на конвективное, так и на лучистое тепловое воздействие.

Эти данные подтверждают вывод, сделанный в нашей лаборатории ранее ⁽³⁾, о том, что в коже спинки носа кролика преобладают терморецепторы холодowego типа, которые вызывают явление понижения импульсации при нагревании кожи выше 30°. Кроме того, приведенные факты позволяют предполагать, что холодовые терморецепторы кожи действительно менее чувствительны к лучистому тепловому воздействию по сравнению с конвективным.

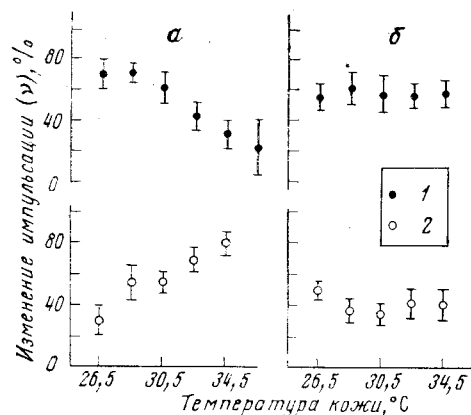


Рис. 3. Особенности реакции на конвективное тепловое воздействие (а) и на лучистое тепловое воздействие (б) холодowych (1) и тепловых (2) терморецепторов кожи. Вертикальные линии — доверительный интервал

между 10 и 19, а у вторых между 3—9 импульсами в 1 сек. 12 волокон с амплитудой от 50 до 130 мкВ не отвечали на температурные изменения, но повышали частоту в ответ на легкое механическое раздражение кожи. Еще 12 волокон с амплитудой импульсов от 20 до 50 мкВ не отвечали ни на температуру, ни на механическое раздражение.

Анализ показал, что как холодовые, так и тепловые терморецепторы достаточно отчетливо реагируют лишь на конвективное тепловое воздействие. Лучистый нагрев кожи в тех же температурных пределах давал лишь очень слабую реакцию или вообще не вызывал какого-либо заметного ответа. На рис. 2 в качестве иллюстрации представлена нейрограмма

работы одиночного холодового терморесептора. Как видно из рисунка, рецептор практически не изменяет частоту импульсации в ответ на лучистое нагревание кожи, но обнаруживает отчетливое понижение частоты при конвективном обогреве кожи. На рис. 3 представлены статистически обработанные результаты по всем волокнам, отвечающим на температурное раздражение. Так как разброс исходных частот по разным волокнам был довольно большой, соответствующие отклонения изображены в процентах. За 100% принималась наивысшая частота импульсации данного волокна в данном опыте. Поскольку максимумы частот для отдельных волокон несколько варьируют по температуре кожи, то в среднем наивысшая частота для холодовых ресепторов, так же как и для тепловых, оказывается ниже 100% при соответствующих наиболее низкой и наиболее высокой температурах кожи. Из рисунка видно, что как холодовые, так и тепловые рецепторы достаточно четко отвечают на конвективное тепловое воздействие, в то время как лучистый обогрев практически не вызывает их реакции.

Приведенные факты позволяют сделать вывод, что недостаточное развитие терморегуляторных реакций при лучистом тепловом воздействии обусловлено в основном низкой чувствительностью кожных терморесепторов к инфракрасной радиации. Механизм этого феномена остается пока неясным. Можно лишь сделать некоторые предположения. Одно из таких предположений сводится к тому, что при лучистом тепловом воздействии терморесепторы, расположенные в 70—100 мкм от поверхности кожи (⁵, ⁶), не получают достаточного теплового раздражения, так как инфракрасные лучи поглощаются в основном глубокими слоями кожи. При конвективном тепловом воздействии ткани нагреваются более равномерно. Термопара, расположенная на поверхности кожи, не позволяет обнаружить эти тонкие различия в температурных градиентах кожи. Она фиксирует лишь средний эффект температурного воздействия на ткань.

Институт физиологии им. И. П. Павлова
Академии наук СССР
Ленинград

Поступило
11 I 1975

Институт общей и коммунальной гигиены
им. А. Н. Сысина
Академии медицинских наук СССР
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. М. Бахилина, Физиол. журн. СССР, т. 53, № 1, 119 (1967). ² Н. И. Жуков, Уч. зап. Петрозаводск. ун-та, т. 14, в. 9, 197 (1967). ³ Н. А. Маловичко, В. А. Константинов, К. П. Иванов, Физиол. журн. СССР, т. 60, № 3, 427 (1974). ⁴ О. П. Минут-Сорохтина, Физиология терморесепции, М., «Медицина», 1972. ⁵ H. Hensel, In: Hand-book of Sensory Physiology, Heidelberg, v. 2, 1972, p. 79. ⁶ H. Hensel, Physiol. Rev., v. 53, № 4, 948 (1973).