

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КОЖНОГО АНАЛИЗАТОРА ЧЕЛОВЕКА

Д. С. МАТОЯН

Исследовалась дифференцированная и сравнительная возбудимость кожного анализатора человека, с использованием в качестве раздражителя воздушной струи и методики адекватометрии.

Анализ полученного материала и сопоставление параметров возбудимости различных участков позволили получить картину сравнительной возбудимости выделенных участков по статическим и динамическим параметрам рецепции.

Известно, что кожа, как и все другие органы чувств, многофункциональна. Это важное для жизнедеятельности организма свойство кожи, связанное со способностью живых систем воспринимать и анализировать различные адекватные раздражители, было предметом многочисленных исследований. Однако, несмотря на это, некоторые вопросы ее функционирования до сих пор не нашли своего решения. Это объясняется, в частности, тем, что выявление тех или иных сторон функционирования кожи зависит от методики и вида раздражителя. Так, наиболее распространенный до 30-х годов метод точечного раздражения с использованием завоевавшей широкую популярность волосковой методики Фрея [1] позволил исследователям провести точные количественные измерения абсолютных и различительных порогов осязания и выявить их зависимость от места, площади раздражения и количества стимулируемых рецепторов, установить связь между порогом осязания и плотностью рецепторов давления, составить топографическую карту точек давления на кожной поверхности, наконец, получить картину сравнительной чувствительности различных участков кожного покрова по статическому параметру возбудимости—пороговой силе раздражения. Но этот метод, будучи универсальным для измерения статических параметров кожной рецепции, в то же время оказался совершенно непригодным для определения динамических, и вопрос о роли фактора времени в возбудимости кожного анализатора остался открытым. Только использование в качестве раздражителя классического реагента общей физиологии—электрического тока—и методики хронаксиметрии [2] дало возможность определить наряду со статическими и динамические параметры возбудимости: хронаксию, лабильность, критическую частоту и интер-

вал слития, критический интервал дискретности и т. д. Однако, измеренные с помощью электрического тока, эти параметры оказались неадекватными и не могли считаться истинными характеристиками быстро протекающих процессов возбуждения в кожной системе. Возникла необходимость изыскать новые методы исследования с использованием адекватного раздражителя, дозируемого по интенсивности, длительности действия и площади раздражения. В решении проблемы благоприятную роль сыграло применение в качестве раздражителя воздушной струи [3—5].

Приступая к изучению закономерностей кожной тактильной рецепции и исследованию сравнительной чувствительности кожи различных участков, мы также обратились к методике воздушной стимуляции. В статье представлены основные результаты проделанной работы.

*Материал и методика.* В работе использовался кожный адекватометр [6], позволяющий регулировать давление, длительность и площадь воздушной струи. Давление струи на выходе измерялось микроманометром типа ЦАГИ, длительность определялась «искусственным ухом», площадь раздражения регулировалась пятью соплами, с диаметрами от 1 до 5 мм. Опыты проводились на коже следующих участков: нижней губы, роговицы, щеки, ладони, тыльной стороны кисти, внутренней стороны предплечья и плеча, надлопаточной части спины, средней линии живота, передней части бедра и голени и верхней стороны ступени.

Использовался метод адекватометрии Макарова [7]. Сначала строились кривые зависимости порогового давления струи от пороговой длительности ее действия, кривые давление—длительность ( $P-t$ ) на всех выделенных участках кожного покрова для 5-ти площадей раздражения: 0,785; 1,766; 3,14; 7,065 и 19,625 мм<sup>2</sup>. Затем по данным кривых ( $P-t$ ) устанавливалась связь между пороговым давлением и площадью раздражения, выводились кривые ( $P-S$ ), при определенных значениях длительности действия струи, и определялась зависимость основных параметров возбудимости—реобазы и хронакси—от места и площади раздражения. В дальнейшем на основании анализа данных и их сопоставления строилась картина сравнительной чувствительности выделенных участков по статическим и динамическим параметрам возбудимости кожного анализатора.

Исследования проводились на 4-х испытуемых 18—20 лет. Средние данные определялись из 10 идентичных опытов.

*Результаты и обсуждение.* Кривые давление—длительность ( $P-t$ ) на всех участках кожи оказались гиперболоподобными и подчинялись уравнению  $P = a/t + b$  (1) (подобному уравнению Гоорвега и Вейсса для электрического тока,  $i = a/t + b$ ), где  $b$ —реобазы, т. е. пороговое давление при некоторой длительности  $t$ ,  $a$ —постоянная, равная  $bt$ , при  $P = 2b$ . На рис. 1 эти кривые представлены в виде зависимости  $P$  от  $t^{-1}$ . Трансформация гиперболоподобных кривых ( $P-t$ ) в прямые является достаточным доказательством справедливости выражения (1). Одинаковый характер закономерностей, полученных на разных участках кожи (представленных на рис. 1 в виде семейства прямых), указывает на сходство процессов возбуждения во всей кожной системе человека независимо от места раздражения. Различия же в наклоне прямых, по-видимому, свидетельствуют о неодинаковой чувстви-

тельности этих участков. Следовательно, по величине угла наклона прямых ( $P-t^{-1}$ ) можно судить о степени чувствительности тех или иных участков кожи. Нетрудно доказать, что угол наклона соответствует константе «а» уравнения (1), которая равна произведению реобазы и хронаксии, т. е. статического и динамического параметров возбудимости.

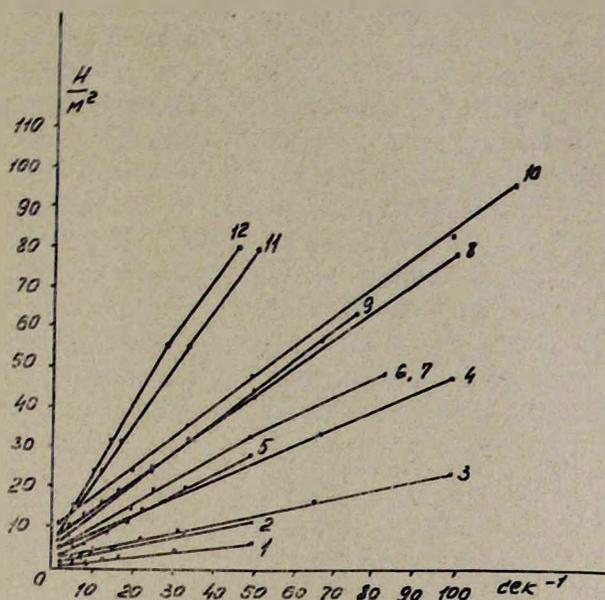


Рис. 1. Зависимость давление—обратная длительность ( $P-t^{-1}$ ) 12-ти участков кожи. Цифры соответствуют участкам кожи: губ (1), роговицы (2), щеки (3), ступни (4), кисти (5), ладони (6), предплечья (7), голени (8), плеча (9), живота (10), бедра (11), спины (12). Площадь раздражения—19,625 мм<sup>2</sup>. Абсцисса—обратная длительность, сек<sup>-1</sup>; ордината—пороговое давление, Н/м<sup>2</sup>.

Таким образом, для получения картины сравнительной чувствительности кожи, с учетом и статических и динамических параметров возбудимости, достаточно измерить реобазу и хронаксию и определить их произведение. Но, как показали результаты изучения кривых ( $P-t$ ), построенных для разных площадей раздражения, величина порогового давления, а следовательно и реобазы, является функцией площади раздражения, с увеличением которой пропорционально уменьшается величина порогового давления, необходимого для возникновения порогового возбуждения. В ранее опубликованной работе [8] был приведен подробный анализ кривых давление—площадь раздражения ( $P-S$ ), который показал, что на всех 12-ти участках кожи связь  $P=f(S)$  подчиняется уравнению  $PS=C$ , где  $P$ —пороговое давление,  $S$ —площадь раздражения,  $C$ —постоянная, равная силе струн— $F$  (величина, вполне определенная для данного участка кожи, но вместе с тем различная для разных участков кожи отдельных испытуе-

ных). Анализ кривых зависимости порогового давления струи от площади раздражения, с одной стороны, показал, что за параметр, характеризующий степень чувствительности кожных рецепторов, следует принимать не пороговое давление струи, а ее пороговую силу. С другой стороны, изменение реобазы в зависимости от площади раздражения на всех участках одинаковое, и, следовательно, константа «а», вычисленная для всех участков кожи при одной и той же площади раздражения, может быть принята за параметр, характеризующий чувствительность этих участков и по статическому и по динамическому показателям возбудимости. Исследование зависимости порогов рецепции от площади раздражения показало также, что от площади раздражения не зависит и величина хронаксии: значение ее постоянно для данного участка, однако меняется в зависимости от места раздражения и испытуемого в пределах 50—200 мсек. Это обстоятельство позволяет принять величину хронаксии за параметр, характеризующий динамические процессы возбуждения различных участков кожи. Сравнение этой величины разных участков кожи 4-х испытуемых позволило получить картину сравнительной возбудимости 12-ти участков по динамическому параметру (рис. 2). Из рис. 2 вид-

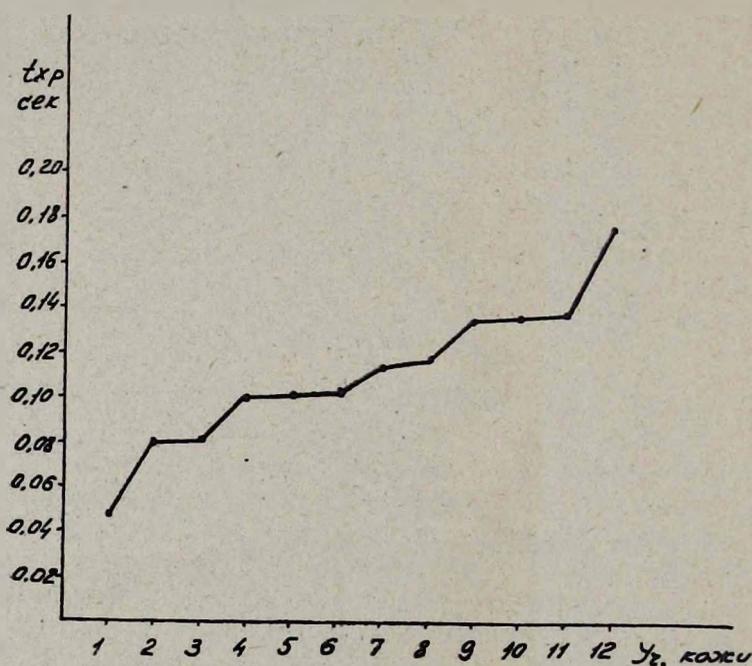


Рис. 2. Величина хронаксии для разных участков кожи. Абсцисса—участки кожи: живота (1), ступни (2), голени (3), щеки (4), ладони (5), предплечья (6), кисти (7), плеча (8), бедра (9), губ (10), роговицы (11), спины (12). Ордината—хронаксия, сек.

но, что наименьшая величина хронаксии получена на коже живота, ступни и голени (50—80 мсек), наибольшая—на коже бедра, губ и спи-

ны (130—200 мсек), на остальных же участках она варьирует в пределах 90—120 мсек. Следует отметить, что строгое распределение этих участков по степени возрастания хронаксии невозможно ввиду разных значений ее у разных испытуемых. Эти различия указывают на различную скорость процесса возбуждения: процесс возбуждения протекает тем быстрее, чем короче хронаксия и наоборот. Сравнение значений статического параметра возбуждения—силы струи  $F$ , характеризующего местные процессы возбуждения в рецепторах разных участков, выявило определенную закономерность, которая носит примерно такой характер, какой графически изображен на рис. 3. Анализ графика позволяет утверждать, что высокой чувствительностью обладают участки кожи губ, роговицы и щеки, низкой—кожи бедра, живота и голени, средней—кожи остальных участков.

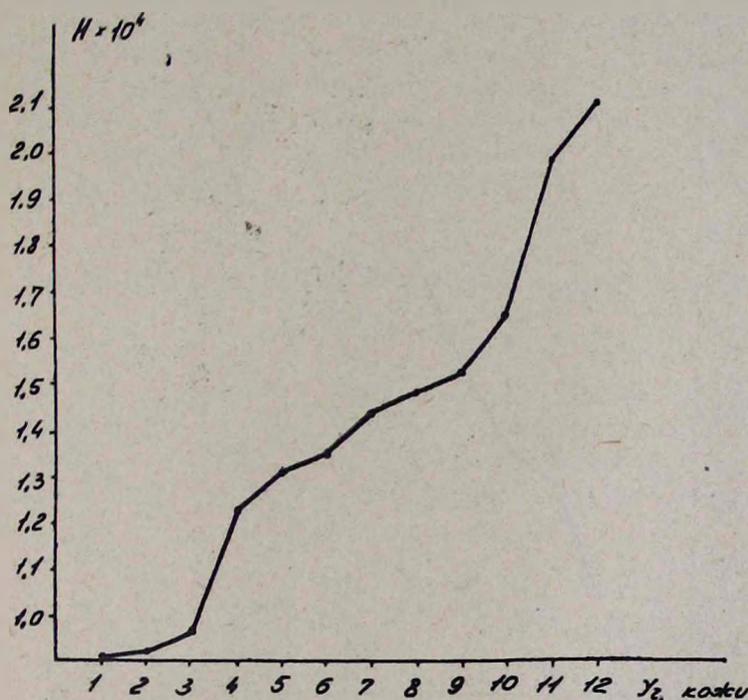


Рис. 3. Сравнительная возбудимость кожи по статическому параметру—сила струи  $F$ . Абсцисса—участки кожи: губ (1), роговицы (2), щеки (3), живота (4), ступни (5), предплечья (6), ладони (7), кисти (8), плеча (9), голени (10), бедра (11), спины (12). Ордината—величина силы струи  $F$ ,  $H$ .

Из литературы известно [9], что чувствительность различных участков кожного покрова зависит от плотности чувствительных точек. По Штругхолду [9], наименьшие пороги соответствуют участкам с большей плотностью чувствительных точек давления (100 на 1 см<sup>2</sup>—кожа лица, ладони), наибольшие—участкам с минимальной плотностью (8—13 на 1 см<sup>2</sup>—кожа бедра, живота, голени). Легко заметить согласованность наших результатов с данными Штругхолда. Это яв-

ляется еще одним подтверждением того, что различная величина порогов рецепции обусловлена различным количеством стимулируемых рецепторов. Этим же, по-видимому, объясняется и уменьшение порогового давления с увеличением площади раздражения.

Несколько иную картину сравнительной чувствительности выявляет сопоставление констант «а», полученных для разных участков из кривых (P—t), при одной и той же площади раздражения. График на рис. 4 иллюстрирует сравнительную чувствительность с учетом как статических, так и динамических параметров. Сравнивая рис. 4 с рис. 3,

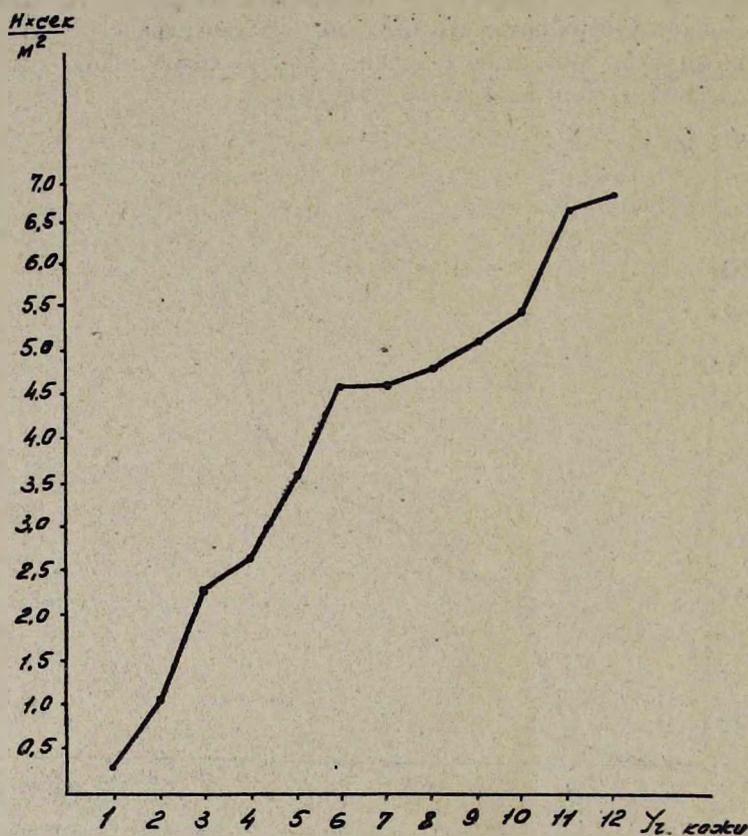


Рис. 4. Сравнительная возбудимость кожи по параметру «а». Площадь раздражения—3,14 мм<sup>2</sup>. Абсцисса—участки кожи: губ (1), роговицы (2), щеки (3), живота (4), ступни (5), предплечья (6), ладони (7), кисти (8), плеча (9), голени (10), бедра (11), спины (12). Ордината—константа «а», Н·сек/м<sup>2</sup>.

нетрудно заметить, что участки с малой хронаксией (живот) значительно чувствительнее участков с большой хронаксией (спина). Обнаруженное различие указывает на то, что при определении степени чувствительности различных участков кожи необходимо учитывать и фактор времени в процессе возбуждения, поскольку функционирова-

ние той или иной системы определяется не только силой раздражения, но и его длительностью.

Армянский педагогический институт им. Х. Абовяна,  
проблемная лаборатория психологии

Поступило 5.XII 1977 г.

## ԵԱՐԴՈՒ ՄԱՇԿԱՅԻՆ ԱՆԱԼԻԶԱՏՈՐԻ ՀԱՄԵՄԱՏԱԿԱՆ ԳՐԳՈՒԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ձ. Ս. ՄԱՏՅԱՆ

Ուսումնասիրվել է մարդու մաշկային անալիզատորի դիֆերենցված և համեմատական զրգովածությունը, որպես զրգուիչ օգտագործելով օդային հոսքը: Հոդվածում ներկայացված են զգայունականության կախվածության օրինաչափությունները զրգուիչի տեղականությունից և զրգովածության օջախի մակերևաի մեծությունից: Փորձերը կատարվել են մաշկի 12 կետերի վրա, որոնց արդյունքների վերլուծությունը և տարբեր կետերից ստացված շեմքային զրգոականության մեծությունների համեմատությունը հնարավորություն ընձեռեցին ստանալու ընտրված կետերի զրգոականության համեմատական պատկերը՝ զրգոականության ստատիկ և դինամիկ պարամետրերով:

## COMPARATIVE SENSITIVENESS OF HUMAN SKIN

D. S. MATOIAN

Differential and comparative sensitiveness of human skin system has been investigated. The analysis of the obtained data and comparison of the parameters of reception of different regions enabled us to get a picture of comparative reception of the singled out regions according to the statical and dynamical parameters of reception.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Frey V. M. Abh. d. Mth-Phys. Ges. d. Wiss., 23, 175, 1896.
2. Уфлянд Ю. М. Теория и практика хроноаксиметрии. Л., 1941.
3. Jalavisto E., Orma E. and Tawast M. Acta Phys. Scand., 23, 224, 1951.
4. Goldbeg L. Acta Phys. Scand., 5, 38, 1943.
5. Allen F. and Hollenberg A. Quart Journ. of. Exper. Phys., 14, 351, 1924.
6. Матоян Д. С. Сб. Нервная система. 5, 123, ЛГУ, 1964.
7. Макаров П. О. Сб. Адекватометрия. 36, Л., 1958.
8. Макаров П. О., Матоян Д. С. Биофизика, 13, 4, 662, 1968.
9. Strughold H. Ztschr. f. Biol., 80, 387, 1924.