

К. ТРЕПТОВ, К. ХЕХТ, М. ПЕШЕЛЬ

## ПОЯВЛЕНИЕ МОНОТОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В УСЛОВНО-РЕФЛЕКТОРНЫХ СТЕРЕОТИПАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗНЫХ СООТНОШЕНИЙ СМЕШИВАНИЯ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СИГНАЛЬНЫМ ЗНАЧЕНИЕМ

В предыдущих исследованиях было показано [2—5], что при анализе и синтезе в центральной нервной системе важную роль играет неопределенность отношения раздражителей, т. е. относительная частота, с которой раздражители **различного** качества, но с **одинаковым** сигнальным значением в пределах одного стереотипа или одной серии, воздействуют на организм. Если в пределах одного стереотипа при постоянном числе раздражителей один из них преобладал и другой был соответственно меньше, то активность центральной нервной системы белых крыс оказывалась выше, чем при одинаковом воздействии обоих раздражителей.

Дальнейшие систематические исследования по проблеме сигнал-обработка в центральной нервной системе породили задачу найти, какое значение имеет в условнорефлекторной деятельности неопределенность соотношения раздражителей в стереотипах, в которых применялись раздражители разного качества и одинаковой сигнальной ценности.

**Методика и результаты.** Мы выработали двигательный рефлекс избегания и соответствующее дифференцировочное торможение на зрительные и звуковые раздражители. Возбуждение и торможение в опытах регулярно чередовались друг с другом, и следовало ожидать, что наряду с влиянием неопределенности будет играть роль также и индукция. После стабилизации условного двигательного рефлекса избегания и дифференцировочного торможения мы применяли раздражители, вызывающие эти ответы в стереотипах, с различным соотношением смешивания.

Исследование проводилось в трех экспериментальных группах, которые отличались друг от друга общим количеством раздражителей в соответствующем стереотипе. Как показано на табл. 1, в этих экспериментальных группах применялись раздражители общей суммой 20, 16 и 12. В различных вариантах эксперимента мы проверяли различные соотношения раздражителей, где количество вызывающих положительные ответы раздражителей последовательно уменьшалось, а количество

раздражителей, вызывающих тормозные ответы, нарастало в той же мере. Порядок этих опытов выбирался случайно в экспериментальных группах с общей суммой раздражителей 20 и 16. В группе с общей суммой раздражителей 12 порядок соответствовал последовательному уменьшению сигналов, имеющих положительное значение.

По рис. 1 видно, что во всех 3-х экспериментальных группах с общей суммой раздражителей 20, 16 и 12 доля успеха (правильного выполнения) условного рефлекса и дифференцировочные ответы дают монотонную линию, если указанные данные нанести на график в порядке уменьшения количества положительных сигналов и нарастания числа отрицательных сигналов. Монотонная природа линий выражается соответствием отмеченных величин с линиями регрессии.

Сложение упомянутых выше долей успеха (правильного выполнения) условного рефлекса дает симметричную У-кривую, которая показывает наименьшее число, если количество стимулов положительного сигнального и тормозного сигнального значений одинаково. Нарастание одного из 2-х различных типов стимулов в соотношении смещений имеет результатом линейное нарастание в доле удач независимо от

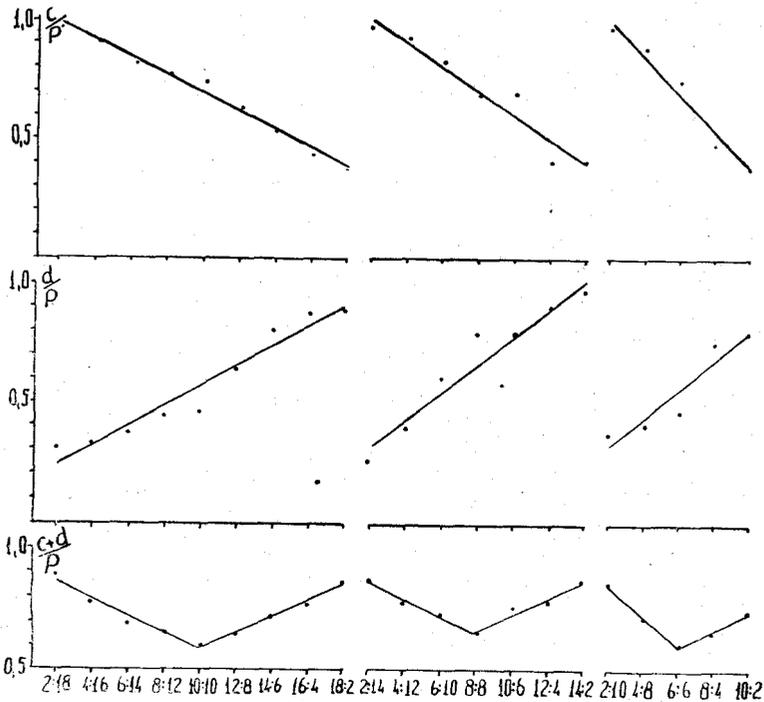


Рис. 1. Изображение чисел правильных ответов из экспериментов с последовательным изменением долей условных (верхний ряд) и дифференцировочных раздражителей (средний ряд). Нижний ряд показывает результаты после сложения чисел правильных ответов. Экспериментальные данные показаны точками. Регрессионные прямые занесены.

сигнальной значимости стимула (в вопросе). Эти числа правильных опытов независимы от порядка применяемого соотношения стимулов, что отчетливо видно из табл. 1, частично в случайном и отчасти альтер-

нирующем выборе при паритетном отношении раздражителей. Они также независимы от последовательности положительных и тормозных стимулов в стереотипе с постоянным соотношением смещений. Более того, они независимы от абсолютного количества раздражителей в стереотипе. Последнее приводит к предположению, что они подвергаются реципрокной индукции в незначительной степени.

Таблица 1  
Последовательность изменений в соотношениях условных (с, +)  
и дифференцировочных (d, -) раздражителей

Проба	(-):с (+)	С т и м у л																		
		5	10	15	20															
8	2:18	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
2	4:16	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+
4	6:14	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
6	8:12	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
3	10:10	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
1	12: 8	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
5	14: 6	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
7	16: 4	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-
9	18: 2	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-

Проба	(-):с (+)	С т и м у л														
		5	10	15												
4	2:14	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
6	4:12	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
1	6:10	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
5	8: 8	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+
3	10: 6	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
2	12: 4	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-
7	14: 2	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-

Сочетание	(-):с (+)	С т и м у л										
		5	10									
1	2:10	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+
2	4: 8	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+
3	6: 6	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
4	8: 4	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+
5	10: 2	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+

Примечание: Общее число раздражителей в стереотипах трех экспериментальных вариантов—20, 16 и 12, левые столбики обозначают стохастическую или систематическую последовательность.

**Попытка теоретического моделирования результатов.** Мы хотели бы представить здесь теоретическое описание законов, которые существуют в соотношениях различных смещений условных раздражителей с дифференцировочными в стереотипе. Опыт состоит из последовательности  $n$  стимулов, из коих  $m$ —условные раздражители, а  $n-m$ —диф-

ференцировочные раздражители;  $f_c$  представляет количество правильных ответов на условный раздражитель, а  $f_d$  — количество правильных ответов на дифференцировочные раздражители. Доля удачных ответов, следовательно,  $f_c/m$ , а дифференцировочных ответов —  $f_d/(n-m)$ . Вывод, который мы сделали из опытов с  $n=20, 16$  или  $12$  и  $m=m!=2, 3, 4 \dots, n-2$ , предполагает, что доля правильных ответов несущественно зависит от конкретно выбранной последовательности стимулов. Стало очевидным, что основную роль играли число  $n$  всех стимулов и число  $m$  или  $n-m$  условных или дифференцировочных стимулов соответственно.

Математически этот общий вывод означает, что, не учитывая случайных влияний, должны быть 2 функции —  $c(n, m)$  и  $d(n, m)$ , полученные следующим образом:

$$\frac{f_c}{m} = c(n, m), \quad \frac{f_d}{n-m} = d(n, m).$$

Наши опыты дают объяснение природы этих функций. Составляя график доли удачных ответов с  $n=20, 16$  или  $12$  в данных пределах  $n$  или  $n-m$  соответственно, получаем следующие результаты.

1.  $f_c/m$  отмеченного выше  $m$  и  $f_d/(n-m)$  указанного выше  $n-m$  дают почти прямую линию, которая обосновывает следующее теоретическое положение:

$$f_c/m = A(n) + B(n)(m - m_0)$$

и

$$f_d/(n-m) = C(n) + D(n)(n-m - m_0),$$

где функции  $A(n), B(n), C(n)$  и  $D(n)$ , которые исключительно зависят от  $n$ , нужно определить.

2. Функции  $A(n)$  и  $C(n)$  в основном постоянны, т. е. они не зависят от  $n$ . Функции  $B(n)$  и  $D(n)$  имеют форму  $B(n) = B/n$  и  $D(n) = D/n$  с постоянным значением  $B$  и  $D$ , которые независимы от  $n$ .

В соответствии с нашими экспериментальными данными наши модели принимают следующую форму, большей частью ограниченную и представленную монотонной линией на графике:

$$f_c/m = A + B/n(m - m_0)$$

и

$$f_d/(n-m) = C + D/n(n-m - m_0).$$

Отсюда следует, что доли правильных ответов не зависят больше от абсолютной частоты стимулов  $n$  или  $m$ , а лишь от относительной частоты  $p = m/n$  или  $p_0 = m_0/n$  соответственно.

Эти относительные частоты, которые грубо можно рассматривать как вероятности, являются, однако, характерными величинами, определяющими стереотип, характеризующийся соответствующим соотношением смещения  $p = m/n$ .

Необходимо отметить, что 2 модели, данные для  $f_c/m$  и  $f_d/(n-m)$ , вовсе не должны подразумеваться независимо друг от друга, поскольку

обе описывают сложное поведение организма при действующем стереотипе.

Употребляя вышеприведенные сокращения для относительных частот, мы, следовательно, определяем долю успешного ответа на условный и дифференцировочный раздражители:

$$f = \frac{f_c + f_d}{n} = p[A + B(p - p_0)] + (1 - p)[C + D(1 - p - p_0)].$$

Очевидно, что  $f$  выше  $m$  дает законченную симметричную V-образную кривую, как видно на графике. Низшая точка находится приблизительно посередине, около  $p = 1/2$ .

Определяя минимальную точку  $f$  из данной модели вообще, мы обнаруживаем следующие отношения путем дифференциации  $f(p)$  относительно  $P$  и приведения производных к 0:

$$[A + B(p - p_0)] + Bp - [C + D(1 - p - p_0)] - D(1 - p) = 0$$

или

$$(A - Bp_0) - (C - Dp_0) + 2Bp - 2D(1 - p) = 0,$$

где  $B > 0$  и  $D > 0$ . Это фактически является минимумом. Предыдущий случай,  $p = 1/2$ , приводит к следующему отношению между постоянными величинами модели:

$$A + B(1 - p_0) = C + D(1 - p_0).$$

Опыты при  $n = 20, 16$  или  $12$  дали следующие величины модельных констант:

	A	B	C	D
20	0,976	-0,740	0,236	+0,830
16	0,997	-0,808	0,803	+0,952
12	1,000	-0,996	0,324	+0,720

### В ы в о д ы

Аналогично ранее представленным данным, которые относились к ответам белых крыс на различные соотношения акустических и оптических стимулов одной и той же сигнальной значимости, результаты и соответствующие теоретические концепции наших настоящих исследований со стимулами различной сигнальной значимости показывают, что доля успешных ответов условного рефлекса и дифференцировочного торможения имеет линейную зависимость от относительной частоты их появления в стереотипе. Животное, по-видимому, выбирает на основании своего опыта путь ответа на первый раздражитель стереотипа, который соответствует его ответам на раздражения, применявшиеся с наибольшей частотой. Эта форма ответа может быть интерпретирована с

учетом принципа опережающего возбуждения Анохина, принципа, который благодаря универсальной обоснованности акцептора действия представляет механизм предсказания будущих событий.

Институт кортиковисцеральной патологии  
и терапии, Берлин

Поступило 22.I 1969 г.

Կ. ՏՐԵՊՏՈՎ, Կ. ՀԵԽՏ, Մ. ՊԵՇԵԼ

**ՄԻԱՊԱՂԱՂ ԿԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆՎԵԼԸ ՊԱՅՄԱՆԱԿԱՆ-ՌԵՖԼԵԿՏՈՐ  
ԱՏԵՐԵՈՏԻՊԵՐՈՒՄ ԴՐԱԿԱՆ ԵՎ ԲԱՅԱՍԱԿԱՆ ԱԶԳԱՆՇԱՆԱՅԻՆ  
ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ԳՐԳՈՒԶՆԵՐԻ ՄԻԱԿՑՄԱՆ ՏԱՐԲԵՐ  
ՀԱՐԱՔԵՐԱԿՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԵՎԱՆՔՈՎ**

**Ա մ փ ո փ ու մ**

Սպիտակ առնետների մոտ պայմանական շարժողական պաշպանողական  
ռեֆլեքսների ուսումնասիրություններով հաջողվել է ցույց տալ պայմանական  
ռեֆլեքսների ճիշտ պատասխանների ու դիֆերենցիոլ արգելական դժային  
կախումը դիֆերենցիոլ ռեակցիաների քանակի աստիճանաբար մեծացումից  
և պայմանական ռեֆլեքսների քանակի աստիճանական փոքրացումից կայուն  
քանակի զրգոխչներով մեկ ստերեոտիպի սահմաններում:

Դրական և բացասական ազդանշանային նշանակությունների ճիշտ  
պատասխանների տեսակետից առավել վատ արդյունքներ նկատվել են 1 : 1  
հարաբերության դեպքում: Առավել լավ արդյունքներ են ստացվել, երբ զրգոխչ-  
ներից մեկը կիրառվել է սակավ փոխադարձ ինդուկցիայի ազդեցությունը հա-  
ջողվել է վերացնել մեծ շափով:

Առաջարկվում է մաթեմատիկական մոդելացում, որը նկարագրում է կենտ-  
րոնական նյարդային համակարգում ազդանշանների մշակման օրինաչափու-  
թյունները:

**Л И Т Е Р А Т У Р А**

Anochin P. K. Brain and Behaviour Research, Monograph [Series, Vol. 1 VEB  
Gustav Fischer Verlag, Jena, GDR, 1967. #  
Hecht K. and P[es]chel M. Acta biol. med. german. 13, 513, 1964.  
Hecht K. and P[es]chel M. Acta biol. med. german. 13, 734, 1964.  
Hecht K. and P[es]chel M. Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissen-  
schaften zu Berlin, Klasse für Medizin, V. 2, p. 403, 1966.  
Hecht K. and P[es]chel M. Verhandl. Deutsch. Gesellsch. Medizin 20, 196, 1967.