

Прав ли Рауль Юссон?

Вот уже семнадцать лет прошло со времени первых опытов Юссона, послуживших основанием к выдвижению новых взглядов на природу человеческого голоса. Его многочисленные сотрудники и последователи (А. Мулонге, А. Сулерак, Г. Портман, П. Лаже, И. Робен, Р. Роленс, Ф. Фабр и многие другие) продолжают находить все новые и новые доказательства справедливости его новой теории, но старая теория «голосовой борьбы» вовсе и не желает сдаваться. Наоборот, миоэластическая теория находит немало сторонников в лице довольно авторитетных специалистов из различных стран. Можно ли здесь заподозрить просто косность человеческого мышления, или есть причины посерьезнее?

Одним из главных аргументов, выдвигаемых противниками Юссона, является хорошо известный в физиологии факт, что частота проведения импульсов по нерву является ограниченной. Нерв может передавать сигналы с частотой не более 400—500 гц. Для выяснения этой особенности нервов много сделали физиологи Ленинградского университета Н. Е. Введенский, А. А. Ухтомский, П. О. Макаров (1947), Н. В. Голиков, М. И. Виноградов (1952), Л. Л. Васильев и их ученики. В чем же заключается причина ограниченных возможностей живых нервов?

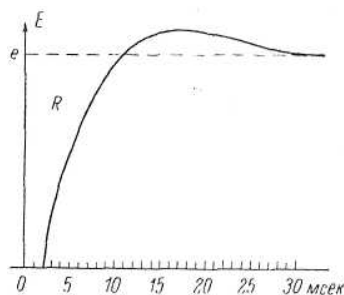


Рис. 15. Кривая восстановления возбудимости нерва после раздражения (по А. А. Ухтомскому). По вертикали — уровень возбудимости нерва (E), по горизонтали — время от начала раздражения нерва в миллисекундах; e — уровень нормальной возбудимости нерва; R — рефрактерная фаза нерва.

Оказалось, что при проведении импульсов биотоков в нерве происходят сложнейшие биохимические процессы. Нерв «работает» и, как всякая живая система, нуждается в отдыхе для восстановления своих энергетических ресурсов. Этот отдых нерв «желает» получать сразу же после проведения очередного импульса возбуждения. Итак, вслед за возбуждением нерва наступает фаза его полного безразличия к раздражению (так называемая рефрактерная фаза) (рис. 15). Во время этой паузы, длящейся для самых «высокочастотных» нервов около 0.002—0.0015 сек., а для других нервов еще более длительный срок, нерв заторможен, он совершенно не реагирует на адресованные ему раздражения, т. е. «отдыхает». Легко подсчитать, что если рефрактерная фаза длится 0.002 сек., то нерв сможет провести не более 500 импульсов в секунду. Это максимальное число импульсов, способных передаваться по нерву, Н. Е. Введенский назвал лабильностью нерва, или его функциональной подвижностью.

Как известно, им пульсы, бегущие по нерву, нерв обязан передать работающей мышце, а та должна на каждый из них отреагировать отдельными сокращениями. Опыты показали, что лабильность системы нерв—мышца оказывается еще более низкой, чем лабильность нерва.

Между тем мы знаем, что при пении самых высоких нот голосовые связки тенора (например, на верхнем do второй октавы) колеблются с частотой 523 гц, у сопрано (на do третьей октавы) совершают 1047 колебаний в секунду, а у Имы Сумак могут колебаться с частотой более 2000 гц. Зная наперед это возражение, Юссон находит ему объяснение. Он считает, что при передаче импульсов из центров головного мозга к голосовым связкам двигательный нерв, содержащий много отдельных самостоятельных волокон, может как бы делиться на отдельные части (пучки), каждая из которых работает в своем ритме. Так, например, если частота колебаний голосовых связок менее 500, то все волокна двигательного нерва работают вместе. Если необходимо передать частоту от 500 до 1000 гц, нерв делится на две части, каждая из которых работает в ритме 500 (или менее), но по одной из частей импульсы передаются с опозданием на полпериода, так что к голосовой мышце импульсы приходят с частотой в два раза большей, т. е. 1000 гц (или менее). Если необходимо передать частоту еще большую, например 1200, то нерв

функционально делится на три части, каждая из которых несет к голосовым связкам ритм 400 гц. Основываясь на экспериментальных данных, Юссон допускает, что рекуррентный нерв способен делиться функционально даже на 4 части, что обеспечивает возможность передачи импульсов с частотой до 2000 гц (рис. 16).

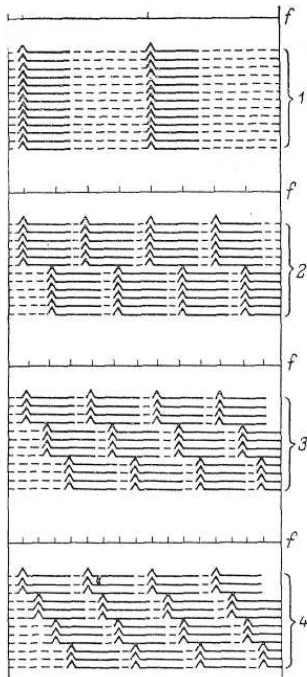


Рис. 16.

Функциональная многофазность нерва, обеспечивающая передачу по нерву раздражения большой частоты (по Р. Юссону, 1962).

1 — однофазный режим работы нерва — все волокна нерва возбуждаются одновременно,

2 — двухфазный режим — нерв делится функционально на две части, одна из которых передает возбуждение с опозданием на полпериода относительно другой;

3 — трехфазный режим — деление нерва на три части с опозданием передачи возбуждения по каждой части на одну треть периода;

4 — четырехфазный режим, обеспечивающий самую высокую частоту передачи возбуждения; f — число нервных импульсов, передаваемых по нерву в единицу времени на каждом из режимов его работы.

Следует сказать, что такой механизм передачи импульсов высокой частоты в физиологии уже известен для слухового нерва. Ведь слуховой нерв также не является исключением и не может проводить более 500 гц, но звуки мы слышим с частотой до 15 000—20 000 гц. Полагают, что это обеспечивается функциональной многофазностью слухового нерва.

Многофазностью работы двигательного нерва голосовых связок Юссон объясняет один из секретов певческого мастерства — регистровое строение голоса. Он считает, что при переходе от грудного регистра к головному (у мужчин это происходит на нотах ге—501, т. е. на частотах примерно 300—390 гц) как раз и происходит смена регистра, приводящая к изменению тембра голоса у неопытных певцов и совершенно незаметная у мастеров пения.

К сожалению, здесь не представляется возможности обсудить все «за» и «против» теории Юссона, поскольку дискуссия среди ученых длится уже 17 лет и каждый год приносит все новые и новые доводы с обеих сторон. Однако в интересах справедливости, выслушав доводы «за», стоит выслушать и некоторые доводы «против».

Известный шведский акустик Г. Фант (1964) на основании математических расчетов, опытов на людях и анализов рентгенокинограмм речевого аппарата в действии приходит к заключению, что все многообразие форм колебания голосовых связок можно получить исходя только из учета их миоэластических свойств и аэродинамического эффекта Бернулли, возникающего при движении воздуха между связками. Советские исследователи В. И. Медведев, Л. Н. Савина, Н. Б. Суханова (1959) и ряд других в опытах на животных обнаружили, что синхронизм раздражающей частоты и ответов голосовых связок наблюдается приблизительно лишь до 100 гц, а при более высокой частоте раздражения голосовая связка животного впадает в состояние сплошного натяжения, так называемого тетануса.