

ПРЕСС-РЕЛИЗ
7 ДЕКАБРЯ 2020

Ученые проследили, как нервные клетки справляются с опасными воздействиями

*Группа российских ученых, в которую вошли сотрудники Сеченовского университета, исследовала, как нервные клетки адаптируются к опасным для них условиям: изменению концентрации веществ в окружающей среде, избытку нейромедиаторов и нарушению формирования цитоскелета. Исследование поможет лучше понять патологические процессы, меняющие свойства нейронов. Статья с результатами работы [опубликована](#) в *Biophysical Journal*.*

Нарушения мозгового кровообращения при инсульте и травмах головы ежегодно уносят множество человеческих жизней и являются одной из основных причин инвалидности. Для эффективного оказания помощи и уменьшения тяжести последствий важно разобраться с процессами, протекающими на клеточном уровне в нервной ткани, – в частности, установить параметры, влияющие на способность нейронов к выживанию при подобных патологических процессах.

При нарушении кровообращения и локальном повреждении клеток происходит изменение состава внеклеточной среды, а также неконтролируемое высвобождение нейромедиаторов (в том числе глутамата). Изменение состава внеклеточной среды, например снижение концентрации растворенных веществ (солей, белков и т. д.), ведет к осмотическим эффектам. За счет диффузии больше воды проникает в клетку, чем выходит из нее, и клетка увеличивается в размере – это явление называется осмотическим стрессом и может приводить к повреждению и разрыву клеточной мембраны. А избыточное высвобождение нейромедиаторов приводит к гибели нейронов в ходе процесса, известного как эксайтотоксичность (от англ. to excite – «возбуждать, активировать» и «токсичность»).

Многие физиологические и патологические процессы связаны с изменением механических свойств клеток, в том числе размеров, упругости, вязкоупругих параметров. Нейроны значительно мягче большинства типов клеток, и это осложняет их изучение. При этом в некоторых условиях нейроны ведут себя не так, как клетки других типов, и требуют отдельных экспериментов. Лишь несколько лет назад метод атомно-силовой микроскопии, используемый для измерения механических свойств биологических образцов, стал пригоден для изучения таких клеток.

В экспериментах авторы работы использовали нейроны коры головного мозга крыс и, для сравнения, их же фибробласты – клетки соединительной ткани. С помощью атомно-силового микроскопа ученые измеряли, насколько легко деформируются клетки и как быстро они восстанавливают свойства в ситуациях, моделирующих патологические процессы в

нервной ткани, – в условиях гипо- и гиперосмотического стресса, эксайтотоксичности, а также при разрушении цитоскелета, ответственного за жесткость клеток.

На осмотический стресс нейроны реагировали быстро, сильно, но и восстанавливались почти полностью за 5-10 минут; фибробласты на него реагировали немного слабее. В обоих случаях было показано, что механические свойства клеток (модуль упругости) изменяются сильнее, чем их объем, и, по-видимому, эти параметры связаны между собой. Увеличение объема клеток при гипоосмотическом стрессе вело к падению их жесткости, при гиперосмотическом стрессе наблюдались обратные эффекты. В то же время нейроны оказались более устойчивы к разрушению цитоскелета, чем фибробласты. Избыток нейромедиаторов приводил к увеличению объема нервных клеток, связанных со входом в клетку ионов натрия, кальция и воды, и уменьшению их упругости, причем после такого воздействия в нормальное состояние нейроны уже не возвращались. Таким образом, эксайтотоксичность имела эффект, подобный гипоосмотическому стрессу, но необратимый.

Авторы представили схему, связывающую механические свойства клетки, ее объем и структуру цитоскелета, и способную объяснить наблюдаемые зависимости. Уменьшение жесткости нейронов в ходе эксайтотоксичности может выступать дополнительным побочным эффектом, повышающим степень повреждения клеток при патологии.

«Патологические процессы при инсульте и травмах головного мозга вызывают различные изменения на клеточном уровне. В нашей работе на модельной системе, нейронах коры головного мозга крыс, мы показали, что такие изменения происходят и в механических свойствах нейронов. К нашему удивлению, такие изменения были очень существенными, и в некоторых случаях сильнее, чем в других типах клеток. Мы описали модель, которая предсказывает изменение механических свойств нейронов в различных условиях, и надеемся, что она будет полезной при разработке терапии, направленной на лечение патологий», – рассказал **первый автор статьи, ведущий научный сотрудник отдела современных биоматериалов Сеченовского университета Юрий Ефремов.**

В работе приняли участие ученые из Сеченовского университета, Научно-исследовательского института общей патологии и патофизиологии, Национального медицинского исследовательского центра здоровья детей и Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» РАН. Работа поддержана Российским научным фондом (РНФ), [грант](#) №19-79-00354.

