

## Применение Эффекта Доплера в медицине

Этот эффект широко применяется в акушерстве, так как звуки, идущие от матки легко регистрируются. На ранней стадии беременности звук проходит через мочевого пузырь. Когда матка наполняется жидкостью, она сама начинает проводить звук. Положение плаценты определяется по звукам протекающей через нее крови, а через 9 - 10 недель с момента образования плода прослушивается биение его сердца. С помощью ультразвуковых устройств количество зародышей или констатировать смерть плода.

На его же принципе основана диагностика показателей кровотока практически в любом сосуде, что очень важно для выявления патологии поражающей сердечнососудистую систему и контроля ее лечения. При исследовании кровотока пациента посредством ультразвукового исследования фиксируют изменение частоты ультразвукового сигнала при отражении его от движущихся частиц крови, основную массу которых составляют эритроциты.

Для регистрации эффекта Доплера используют ультразвук, посылаемый в направлении исследуемого сосуда. Отражаясь от движущихся эритроцитов, ультразвук, принимаемый устройством, соответственно меняет частоту. Это позволяет получить информацию о скорости движения крови по исследуемому участку сосудистого русла, направлении движения крови, объеме кровяной массы, движущейся с определенными скоростями, и, исходя из этих параметров, обосновывать суждение о нарушении кровотока, состоянии сосудистой стенки, наличии атеросклеротического стеноза или закупорке сосудов, а также оценить коллатеральное кровообращение.

Трение внутри потока крови обуславливает распределение скоростей в нормальном сосуде так, что в пристеночных слоях скорость близка к нулю, а по оси сосуда достигает максимума. Спектр доплеровского сигнала вследствие этого близок к сплошному, и поле между нулевой линией и огибающей спектра (максимальная частота, соответствующая максимальной скорости движения в данный момент времени) в норме оказывается достаточно равномерно заполненным, за исключением небольшого просвета под систолическим пиком. В зависимости от сосуда спектрограмма имеет характерный вид. Например, в мозговых сосудах циркуляторное сопротивление низкое, в результате чего движение крови имеет однонаправленный характер во все фазы сердечного цикла, так что систолическая и диастолическая фазы доплеросонограммы лежат выше нулевой линии, а диастолическая скорость достаточно велика.

При стенозе скорость движения в стенозированном участке возрастает пропорционально степени стеноза. Визуально это выражается в резком увеличении амплитуды систолического пика, сразу по выходе из стенозированного участка возникают турбулентности с частичным обратным

кровотоком, это выглядит как появление спектральных составляющих ниже нулевой линии, а расширение диапазона варьирования скоростей движения крови приводит к расширению спектра частот доплеровского сигнала.

### Применение ультразвука в терапии и хирургии

Ультразвук, применяемый в медицине, может быть условно разделен на ультразвук низких и высоких интенсивностей. Основная задача применения ультразвука низких интенсивностей (0,125 - 3,0 Вт/см<sup>2</sup>) - неповреждающий нагрев или какие-либо нетепловые эффекты, а также стимуляция и ускорение нормальных физиологических реакций при лечении повреждений. При более высоких интенсивностях (> 5 Вт/см<sup>2</sup>) основная цель - вызвать управляемое избирательное разрушение в тканях. Первое направление включает в себя большинство применений ультразвука в физиотерапии и некоторые виды терапии рака, второе - ультразвуковую хирургию.

### Применение ультразвука в хирургии.

Существуют две основные области применения ультразвука в хирургии. В первой из них используется способность сильно фокусированного пучка ультразвука вызывать локальные разрушения в тканях, а во второй механические колебания ультразвуковой частоты накладываются на хирургические инструменты типа лезвий, пил, механических наконечников.

### Хирургия с помощью фокусированного ультразвука.

Хирургическая техника должна обеспечивать управляемость разрушения тканей, воздействовать только на четко ограниченную область, быть быстродействующей, вызывать минимальные потери крови. Мощный фокусированный ультразвук обладает большинством из этих качеств. Возможность использования фокусированного ультразвука для создания зон поражения в глубине органа без разрушения вышележащих тканей изучено в основном в операциях на мозге. Позже операции проводились на печени, спинном мозге, почках и глазе. эффект доплера медицина физиотерапия

### Применение ультразвука в физиотерапии

#### Ускорение регенерации тканей.

Одно из наиболее распространенных применений ультразвука в физиотерапии - это ускорение регенерации тканей и заживления ран. Восстановление тканей можно описать с помощью трех перекрывающихся фаз. В течение воспалительной фазы фагоцитарная активность макрофагов и полиморфнонуклеарных лейкоцитов ведет к удалению клеточных фрагментов и патогенных частиц. Переработка этого материала происходит главным образом при помощи лизосомальных ферментов макрофагов. Известно, что

ультразвук терапевтических интенсивностей может вызвать изменения в лизосомальных мембранах, тем самым ускоряя прохождение этой фазы. Вторая фаза в заживлении ран -пролиферация или фаза разрастания.

Клетки мигрируют в область поражения и начинают делиться. Фибробласты начинают синтезировать коллаген. Интенсивность заживления начинает увеличиваться, и специальные клетки, миофибробласты, заставляют рану стягиваться. Показано, что ультразвук значительно ускоряет синтез коллагенафибробластами как *in vitro*, так и *in vivo*. Если диплоидные фибробласты человека облучить ультразвуком частотой 3 МГц и интенсивностью 0,5 Вт/см<sup>2</sup> *in vitro*, то количество синтезированного белка увеличится. Исследование таких клеток в электронном микроскопе показало, что по сравнению с контрольными клетками в них содержится больше свободных рибосом, шероховатой эндоплазматической сети. Третья фаза - восстановление.

Эластичность нормальной соединительной ткани обусловлена упорядоченной структурой коллагеновой сетки, позволяющей ткани напрягаться и расслабляться без особых деформаций. В рубцовой ткани волокна часто располагаются нерегулярно и запутанно, что не позволяет ей растягиваться без разрывов. Рубцовая ткань, формировавшаяся при воздействии ультразвука, прочнее и эластичнее по сравнению с "нормальной" рубцовой тканью.

Лечение трофических язв.

При облучении хронических варикозных язв на ногах ультразвуком частотой 3 МГц и интенсивностью 1 Вт/см<sup>2</sup> в импульсном режиме 2 мс : 8 мс были получены следующие результаты: после 12 сеансов лечения средняя площадь язв составляла примерно 66,4% от их первоначальной площади, в то время как площадь контрольных язв уменьшилась всего до 91,6%. Ультразвук может также способствовать приживлению пересаженных лоскутов кожи на края трофических язв.

Ускорение рассасывания отеков.

Ультразвук может ускорить рассасывание отеков, вызванных повреждениями мягких тканей, что скорее всего обусловлено увеличением кровотока или местными изменениями в тканях под действием акустических микропотоков.

Заживление переломов.

При экспериментальном исследовании переломов малой берцовой кости у крыс было обнаружено, что ультразвуковое облучение во время воспалительной и ранней пролиферативной фаз ускоряет и улучшает

выздоровление. Костная мозоль у таких животных содержала больше костной ткани и меньше хрящей. Однако в поздней пролиферативной фазе приводило к негативным эффектам - усиливался рост хрящей и задерживалось образование костной ткани.

Выход информации осуществляется двояко:

1) на измерительный прибор, шкала которого проградуирована в относительных единицах скорости, 2) на громкоговоритель для слухового восприятия. Изменение тона слышимого звука, который издает прибор при исследованиях, говорит об изменении скорости движения кровяных телец (что обычно свидетельствует о сужении сосудов, образовании тромба или слабостивенозного канала). В модельном варианте это можно продемонстрировать с помощью установки, представленной на рисунке (где 1 -- сосуд с жидкостью, 2 -- датчик ДПК-15, 3 -- модель частицы крови, 4 -- прокладка из поролон).