

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОЙ БЛЯШКИ

Березюк С.А., Скобцов Ю.А.

Донецкий национальный технический университет

Создание информационной организационно-технической системы, способной своевременно и достоверно установить диагноз больного и выбрать эффективную тактику лечения, является актуальной задачей информатизации.

Церебральная патология занимает одно из ведущих мест в структуре смертности и инвалидизации населения, что определяет ее как одну из важнейших медицинских и социальных проблем. Наиболее распространенным типом инсульта является ишемический инсульт, частота которого составляет 80%, в 4 раза реже встречается геморрагический.

В настоящее время при стенозе сонной артерии более 70% рекомендуется оперативное лечение. Но бляшки со стенозом менее 70% могут распадаться. Инсульты в таких случаях развиваются в результате артерио-артериальной эмболии из распадающейся атеросклеротической бляшки в устье внутренних сонных артерий. Соответственно актуальным вопросом является точная и своевременная диагностика источника таких эмболий - оценка состояния атеросклеротической бляшки (рис. 1).

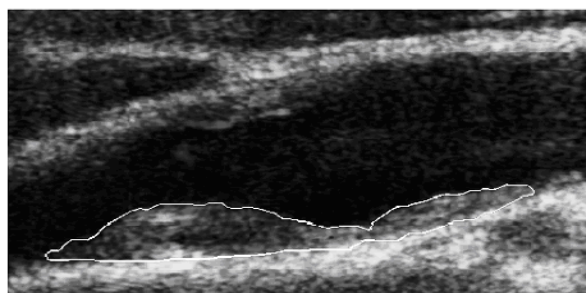


Рисунок 1 – Ультразвуковое изображение с выделением контура бляшки

В настоящее время ультразвукового исследования с использованием неинвазивной визуализации сосуда ультразвуковым сканером с оценкой степени стеноза оказаться не достаточным для уточнения диагноза и показаний к оперативному лечению у больных с ишемическим поражением головного мозга. Поэтому построение специализированной компьютерной системы для оценки эмбологенной опасности атеросклеротической бляшки на основании ультразвукового изображения является актуальной задачей

Задачи исследования:

- предварительная обработка изображений;
- разбиение оконтуренного врачом участка на области;
- расчет статистических и текстурных признаков для отдельных областей изображения;
- классификация атеросклеротической бляшки при помощи обученной нейронной сети.

Атеросклеротическая бляшка в своем развитии проходит следующие основные этапы:

- формирование интимального мышечного эластически-гиперпластического слоя (фиброзной покрышки), покрывающего заполненную липидами полость. На данном этапе атеросклеротическая бляшка имеет низкую ультразвуковую эхогенность (акустический импеданс) и на УЗ-снимках полость имеет темный цвет (низший диапазон шкалы яркости), также как и просвет сосуда, что объясняется тем, что плотность липидов приблизительно равна плотности крови;
- фиброз (появление в структуре бляшки соединительной ткани), акустический импеданс увеличивается на 20-30%, эхогенность увеличивается;
- увеличение степени фиброза; сопровождается дальнейшим увеличением плотности, яркость УЗ снимка смещается в средний диапазон шкалы, бляшка является равномерной по эхогенности и плотности;
- возникновение кальциноза. В случае частичного кальциноза гомогенность бляшки уменьшается, на УЗ снимке можно выделить зоны с различной яркостью. В случае тотального кальциноза гомогенность сохраняется, совокупная плотность бляшки увеличивается, соответственно яркость УЗ снимка смещается в высший диапазон шкалы;
- накопление липидов и возникновение деструкции (разрушения) атеросклеротической бляшки под воздействием растяжения стенки сосуда, что и обуславливает развитие разнообразных осложнений атеросклероза: эмболии, тромбоза, изъязвления, кровоизлияния, аневризмы, расслоения стенки сосуда, облитерации просвета.

Применение методики ультразвукового дуплексного сканирования дает возможность не только выявить поражение сосуда стенозом, но и установить морфологический субстрат изменений, проходящих в бляшке, что позволяет судить о степени прогрессирования атеросклеротического процесса в церебральных сосудах.

Так, «мягкие» АБ имеют эхогенность, равную эхогенности крови, поэтому визуализируются только при использовании режимов цветного доплера и тканевой гармоник. Морфологическим субстратом таких бляшек являются молодые соединительнотканые элементы, липиды и клетки крови. При неблагоприятном состоянии реологических особенностей крови такие бляшки способны быстро расти, способствуя значительному сужению и полной окклюзии сосуда.

Плотные АБ – это соединительнотканые элементы и соли кальция. Их гомогенная структура и ровная поверхность свидетельствуют об отсутствии или медленном прогрессировании атеросклеротического процесса. Гетерогенные бляшки содержат компоненты мягких и плотных АБ и являются отображением прогрессирующего течения атеросклеротического процесса.

К визуальным ультразвуковым критериям стабильности бляшки относятся: 1) неровность поверхности бляшки с дефектом прокрашивания при цветовом доплеровском картировании, 2) наличие дефекта покрышки бляшки с гипоэхогенными структурами в этой области с образованием "немых" зон при цветовом доплеровском картировании, 3) бляшки, в составе которых имеется гипоэхогенный компонент, 4) "затекание" цвета при цветовом доплеровском картировании в толщу бляшки с турбулентным потоком, 5) гипоэхогенная мягкая бляшка с дефектом прокрашивания в режиме цветового доплеровского картирования, 6) дефект интимы с образованием "немых" зон в этой области.

Степень гетерогенности атеросклеротической бляшки легко определяется по гистограмме изображения. Чем «шире» гистограмма, тем гетерогенность выше. Степень разброса значений на гистограмме определяют такие статистические параметры как среднеквадратическое отклонение (СКО), однородность, а также общая энтропия .

Степень эхогенности атеросклеротической бляшки можно определить по среднему значению яркости выделенного контура. Высокой эхогенности соответствует среднее значение яркости, смещенное вправо на гистограмме, в зону белого цвета; соответственно, низкой эхогенности – среднее значение яркости, смещенное влево на гистограмме, в зону черного цвета. Также степень эхогенности непосредственно связана с особенностями состава бляшки: наличие липидов – низкая эхогенность, наличие кальциноза – высокая эхогенность.

Наличие в составе бляшки фиброзной ткани определить труднее, так как фиброзная ткань отличается определенной упорядоченной структурой, или текстурой. Для определения фиброзной ткани логично применить текстурные описатели на основе матрицы пространственной зависимости уровней серого или на основе гистограммы разностей уровней серого.

Наличие кровоизлияний, тромба, деструкции и связанных с ней «острых» краев бляшки трудно сопоставить с математическими величинами, которые описывают изображение.

Поиск методов для определения состава и структуры атеросклеротической бляшки, а также изучение закономерностей и критериев для выявления опасных, склонных к разрушению бляшек является задачей многих исследований, которые затрагивают тематику ультразвукового обследования церебральных сосудов, что объясняется большой практической ценностью искомой информации. Исследования показывают возможность применения количественных статистических и текстурных признаков ультразвукового изображения для классификации атеросклеротических бляшек по стабильности.

Задача диагностики типа атеросклеротической бляшки отличается значительной сложностью объекта наблюдения. Подходящим решением для данного типа задач является использование концепции «черного ящика». При использовании аппарата нейронных сетей, которые реализуют концепцию «черного ящика», задача диагностики типа атеросклеротической бляшки может быть сведена к задаче классификации образов. Выделены 3 класса атеросклеротических бляшек по эмбологенной опасности: класс низкой опасности, класс средней и класс высокой опасности.

В качестве образа может выступать оконтуренное ультразвуковое изображение продольного среза атеросклеротической бляшки. В качестве признаков образа - рассчитанные для оконтуренного участка статистические и текстурные описатели изображения. Рассчитываются следующие текстуры: матрица пространственной зависимости уровней серого, разностная гистограмма уровней серого, матрица анализа длин серий по яркости.

В качестве классификатора можно использовать обученную нейронную сеть. Обучающая выборка должна состоять из наборов статистических и текстурных признаков выделенных областей изображения и соответствующих им диагнозов о стабильности бляшки. Диагнозы предварительно поставлены врачом-экспертом.

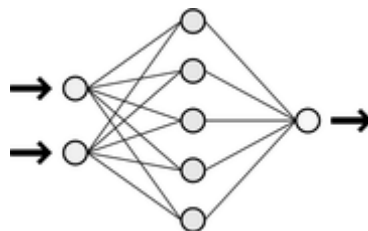


Рисунок 2 – Схема простой нейронной сети

Для решения задачи классификации образов необходимо обладать знаниями о принадлежности образцов (для конкретной задачи - векторов текстурных признаков обучающего множества УЗ изображений) к определенному классу образа (классу эмбологенной опасности атеросклеротической бляшки). В случае, когда знания о принадлежности образцов (для конкретной задачи - векторов текстурных признаков обучающего множества УЗ изображений) к определенному классу образа есть, для задачи классификации применима прогнозирующая искусственная нейронная сеть прямого распространения, обучаемая с учителем.

Точность классификации образов зависит от:

1. выбранных для анализа количественных признаков и отсутствия среди них сильно коррелированных между собой величин;
2. топологии сети и количества подстраиваемых весов сети, что делает нейронную сеть способной к обобщению, а не простому запоминанию обучающих примеров;
3. количества обучающих примеров;
4. репрезентативности выборки - соблюдения соответствия пропорций классов в обучающем множестве их пропорциям в исследуемой популяции;
5. выбора параметров сети - скорости обучения и коэффициента инерции, что позволяет избежать паралича и нестабильности сети во время обучения;
6. предварительной обработки входных и выходных данных – приведение к одному диапазону значений всех входов сети.

При извлечении статистических и текстурных признаков из изображения необходимо разделение исходного оконтуренного участка изображения на отдельные области. Это приведёт к спецификации рассчитанных признаков к конкретному участку атеросклеротической бляшки, что даст возможность нейронной сети анализировать ее структуру.

Проведение экспериментов выполнялось на спроектированном специальном программном обеспечении. С помощью этого приложения было выполнено создание обучающей и проверочной выборок для обучения нейронной сети, проведено непосредственно обучение нейронных сетей для разных конфигураций и различных подаваемых на входы сети признаков. Нейронные сети с лучшими показателями обучения могут быть использованы для практической диагностики типа атеросклеротической бляшки.

Литература

- [1] Дубров Э.Я. Ультразвуковые критерии эмбологенности атеросклеротической бляшки каротидных артерий // Медицинские статьи. - 2006. - № 1. С.97-103 / Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.promeds.ru/states.php?iid=470&id=5>
- [2] Руденко О.Г., Бодянский Е.В. Основы теории искусственных нейронных сетей. - Харьков, 2002. - 317 с.
- [3] Скобцов Ю.А., Оверко В.С., Родин Ю.В. Моделирование и визуализация поведения потоков крови при патологических процессах. - Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2008. - 212 с.