

Реферат Копыловой Елизаветы на статью

**Decision Criteria for Large Vessel Occlusion Using Transcranial Doppler Waveform Morphology**

[текст статьи](#)

**Введение<sup>1</sup>**

В статье рассматривается окклюзия крупных сосудов (англ. Large Vessel Occlusion, LVO), которая является одной из главных причин инсульта, требует оперативного лечения и, как следствие, раннего выявления. В идеале используются данные специальной компьютерной томографии, однако применение этого метода ограничено ввиду небольшого количества необходимых для диагностики аппаратов. Однако существует также транскраниальная допплерография (TCD) — методика, позволяющая напрямую измерить скорость мозгового кровотока и сделать выводы о наличии LVO. На момент публикации уже существовал ряд исследований, в которых значения чувствительности и специфичности от 79 до 98%.<sup>2</sup>

Одной из главных проблем в диагностике LVO является отсутствие нужных компетенций у сотрудника: оператору медицинского аппарата необходимо классифицировать формы волн (ослабленные, притупленные и т.д.), а также делать эвристические оценки, включая относительные скорости, коллатеральный кровоток и др., и корректно оценивать их. Исходя из этого, необходимы объективные количественные показатели, которые могли бы интерпретировать работники любой квалификации. Ранее были попытки вывести подобный показатель, но он тем не менее тоже основывался на необъективно вычисляемом показателе. Известные же количественные показатели не коррелировали с LVO.

**Методы**

В качестве объективного количественного показателя авторы статьи предлагают два варианта:

1. Индекс кривизны скорости (VCI) — более новый
2. Индекс асимметрии скорости (VAI) — более стандартный

Помимо рассмотрения каждого из показателей по отдельности авторы обучают дерево решений чтобы учесть одновременно оба. Для оценки качества модели используется кросс-валидация leave-one-out (LOOCV), то есть в каждой итерации модель обучалась

---

<sup>1</sup> Разделы реферата не полностью соответствуют аналогичным разделам статьи, чтобы избежать повторения некоторых тезисов несколько раз.

<sup>2</sup> В этой статье, как и во многих медицинских статьях, используются метрики чувствительность (Sensitivity, SEN) и специфичность (Specificity, SPE). Чувствительность соответствует метрике Полноты (Recall), т.е. доле верных положительных среди всех реальных положительных; специфичность же является ровно обратной метрикой: доля верных отрицательных среди всех реальных отрицательных.

на всех наблюдениях кроме одного, а затем данные о предсказаниях пропущенного элемента агрегировались для подсчета метрик. Главной метрикой является чувствительность (SEN): это связано с тем, что при постановке диагноза важнее всего не пропустить пациента с диагнозом, чем не поставить ложный диагноз. Выбор модели также объясняется тем, что в результате критерии должны быть легко интерпретируемые человеком и легко применяемы, что и позволяет сделать дерево решений небольшой глубины.

## Материалы

В исследовании принимали участие две группы людей в центре здравоохранения в Теннессии, 2016-2017 годы. Есть пациенты с подтверждённой окклюзией и те, у кого окклюзия не подтвердилась несмотря на симптомы инсульта.

В статье подробно описываются критерии отбора пациентов для эксперимента. Текущий анализ включил 33 пациента с LVO (16 женщин) и 33 пациента из контрольной группы — ИНС (13 женщин) со средним возрастом 66,9 лет ( $SD = 15,7$ ) и 56,4 лет ( $SD = 16,3$ ) соответственно.

Также авторы указывают технические детали оборудования и способ получения данных о форме волны. Волна автоматически делилась на кардиоциклы, аномальные убирались, остальные выравнивались и усреднялись для последующего анализа и сравнения, поскольку исследователей интересовало именно усреднённое значение. После этого авторы подробно описывают формулы, по которой вычисляются показатели VCI и VAI.

Распределения обоих показателей не являются нормальными. Значимость различий была проверена статистикой U-критерия Манна-Уитни. Для признаков по отдельности была построена ROC-кривая, показывающая TPR для каждого возможного порогового значения. Соответственно, для бинарной классификации по одному признаку (VCI или VAI) были высчитаны метрики (SEN, SPE, ACC) для порога с максимальным значением TPR – FPR (J-статистика Йудена); с помощью бутстрепа (10 тысяч итераций) был получен 95% доверительный интервал.

## Результаты

ROC-AUC для VAI (отдельно) составила 88,4%.

ROC-AUC для VCI составила 94,2%.

В обоих случаях значимые различия групповых распределений подтверждены тестом Манна-Уитни ( $p < 0,001$ ).

Для VAI наблюдается общая точность 79% с SEN 76% и SPE 82%.

Для VCI наблюдается общая точность 88% с SEN 88% и SPE 88%.

Наконец, для дерева решений наблюдается общая точность 91% с SEN 94% и SPE 88%.

Вместе эти результаты демонстрируют, во-первых, заметное превосходство классификатора VCI по сравнению с VAI, но во-вторых, превосходство дерева решений: комбинация с VAI помогла увеличить чувствительность идентификации окклюзии по сравнению с одним только VCI.

## Обсуждение

Эта работа представляет собой первые опубликованные критерии принятия решений по LVO на основе переменных TCD, которые могут быть вычислены алгоритмически и интерпретированы объективно. Предыдущие работы, оценивавшие эффективность TCD в обнаружении LVO, хорошо согласуются с результатами исследования.

Необходима дальнейшая работа, чтобы определить, существуют ли конкретные типы окклюзий или демографические группы пациентов, для которых каждый показатель работает лучше или хуже. Это должно помочь оптимизировать критерии принятия решений. В представленном дереве решений «основную работу» выполняет именно показатель VCI.

Разумеется, для обобщения результатов требуется проверить их на большей выборке + включение дополнительных факторов (возраст, пол, тип окклюзии и т.д.). Необходимо убедиться, что эксперимент проходит корректно и одинаково для всех групп.

Было замечено, что в выборке у пациентов с LVO средняя частота сердечных сокращений составляла 87,9 ( $SD = 22,2$ ) ударов в минуту (уд/мин), против 71,2 ( $SD = 11$ ) уд/мин для ИНС; это является статистически значимым между группами ( $t = 3,8$ ,  $p < 0,001$ ). Однако значимой корреляции между частотой сердечных сокращений и кривизной внутри любой из групп субъектов не было. Более того, когда в качестве предиктора для различия групп используется сама частота сердечных сокращений, результат AUC 73%, что значительно уступает как показателю VAI (88% AUC), так и VCI (94% AUC). Таким образом, хотя возможно, что частота сердечных сокращений объясняет некоторую степень дисперсии между группами, остается неясным, является ли эффект причинным или корреляционным.

## Заключение

Как показатель VAI, так и VCI содержат надежную информацию о наличии окклюзии. Оба показателя объективны и вычисляются в реальном времени и, следовательно, обладают перспективами для разработки диагностических систем LVO на основе TCD для догоспитального этапа. На данных этого исследования точность и полнота, определяемая по VCI превосходит VAI, но лучше всего работают методы, основанные на комбинации признаков (дерево решений). Эти результаты демонстрируют фундаментальный потенциал подходов машинного обучения к анализу TCD для обеспечения более быстрого и широкого доступа к спасающим жизнь медицинским вмешательствам в будущем.