

ЛЕКЦИИ И ОБЗОРЫ / LECTURES AND REVIEWS

УДК 616.8-005

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-1-7-13>

© Андропова П.Л., Гаврилов П.В., Савинцева Ж.И., 2022 г.

ШКАЛА ASPECTS: МЕЖЭКСПЕРТНОЕ СОГЛАШЕНИЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВРАЧАМИ-РЕНТГЕНОЛОГАМИ^{1,3}П.Л. Андропова*, ²П.В. Гаврилов, ¹Ж.И. Савинцева¹Институт мозга человека имени Н. П. Бехтеревой Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия³Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы, Санкт-Петербург, Россия

Введение. Шкала ASPECTS была создана для единого подхода к диагностике ишемического инсульта и на сегодняшний день используется как стандартный метод оценки объема ишемии в бассейне передней циркуляции. Однако шкала не полностью стандартизирована, что является источником межсубъектной вариативности.

Цель обзора: изучить достоинства и ограничения шкалы ASPECTS, а также уровень межэкспертного и внутриэкспертного согласия при ее использовании.

Результаты. Анализ литературы показывает, что большинство исследователей выявили множество факторов, влияющих как на интерпретацию, так и на оценку ишемических изменений по шкале ASPECTS. Эти признаки многообразны и включают большой спектр параметров: от методологической стандартизации до личностных факторов экспертов. Также исследования эффективности шкалы ASPECTS показали достаточно разнородные результаты, которые отражают широкую степень вариативности межэкспертного согласия.

Заключение. Шкала ASPECTS — это систематический, надежный и практичный метод, который широко применяется в современной клинической практике. Главным ограничением ее применения является возможность вариативности экспертных оценок. Выраженное многообразие результатов и разнородность межсубъектной вариативности не позволяет в настоящее время считать данную шкалу действительно надежным вариантом стандартизированной оценки и может отражаться на дальнейшем лечебном процессе. Для решения этой проблемы перспективным выглядит внедрение в клиническую практику методов полуавтоматической и автоматической обработки КТ-изображений с применением систем искусственного интеллекта. Однако для полноценного принятия таких систем в клиническую практику необходима их широкая клиническая апробация на независимых наборах разных данных.

Ключевые слова: компьютерная томография, ASPECTS, межсубъектная вариативность, острый ишемический инсульт, искусственный интеллект

*Контакт: Андропова Полина Леонидовна, polin.and@icloud.com

© Andropova P.L., Gavrilov P.V., Savintseva Zh.I., 2022

ASPECTS: INTEROBSERVER AGREEMENT BETWEEN RADIOLOGIST^{1,3}Polina L. Andropova*, ²Pavel V. Gavrilov, ¹Zhanna I. Savintseva¹Institute of the Human Brain of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia³St. Petersburg City Hospital of the Holy Martyr Elizabeth, St. Petersburg, Russia

Introduction. The Alberta stroke programme early CT score (ASPECTS) was developed for a unified approach to the diagnosis of Acute Ischemic Stroke. ASPECTS is currently used as a standard method for assessment of ischemic volumes in the anterior cerebral circulation. However, the scale is not fully standardized, which is a source of intersubject variability.

The purpose of the review is to gain an understanding the advantages and limitations of the ASPECTS scale, as well as the level of inter-expert and intra-expert agreement.

Results. A literary analysis demonstrates most researchers have identified many factors that affect both the interpretation and assessment of the distribution of ischemic changes by ASPECTS. These signs are diverse and include a wide range of parameters: from methodological standardization to personal factors of experts. Also, studies on the effectiveness of the ASPECTS scale showed quite heterogeneous results, which reflect a wide degree of variability in inter-expert agreement.

Conclusion. The ASPECTS is a systematic, reliable and practical method that is widely used in modern clinical practice. However, the possibility of variability of expert assessments is the main limitation of its application. The pronounced variety of results and the heterogeneity of intrasubject variability does not currently allow us to consider this scale as a truly reliable version of a standardized assessment and may affect the further treatment process. To solve this problem, it looks promising to introduce into clinical prac-

tice the methods of semi-automatic and automatic processing of CT images using artificial intelligence systems. But for the full acceptance of such systems into clinical practice, their wide clinical approbation on independent sets of different data is necessary.

Key words: computed tomography, ASPECTS, acute ischemic stroke, interobserver agreement, artificial intelligence

*Contact: Andropova Polina Leonidovna, polin.and@icloud.com

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Андропова П.Л., Гаврилов П.В., Савинцева Ж.И. Шкала ASPECTS: межэкспертное соглашение при использовании врачами-рентгенологами // *Лучевая диагностика и терапия*. 2022. Т. 13, № 1. С. 21–27, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-1-21-27>.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interest.

For citation: Andropova P.L., Gavrilov P.V., Savintseva Zh.I. ASPECTS: interobserver agreement between radiologist // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2022. Vol. 13, No. 1. P. 21–27, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-1-21-27>.

Введение. На сегодняшний день в диагностике острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) нейровизуализация занимают ведущую позицию. Согласно клиническим рекомендациям, принятым в Российской Федерации, пациенту с подозрением на ОНМК компьютерная томография (КТ) и/или магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга должны быть выполнены в течение 40 минут после поступления в стационар [1, с. 878].

Хотя КТ и МРТ исследования головного мозга при ОНМК обладают сравнимой диагностической точностью, именно компьютерная томография (КТ) применяется наиболее часто по ряду причин.

1. Время исследования при КТ головного мозга меньше, чем при МРТ.

2. Для КТ не существует абсолютных противопоказаний, в то время как МРТ не может выполняться пациентам с наличием металлических объектов в теле (кардиостимулятор, слуховой аппарат, искусственный клапан сердца и др.).

3. КТ-аппараты установлены практически в каждом стационаре, МРТ-аппараты обычно располагаются только в крупных больницах и медицинских центрах. Все это делает КТ ведущим методом исследования ОНМК, который призван решить две основные диагностические задачи: наличие/отсутствие ишемического поражения головного мозга и наличие/отсутствие внутримозгового кровоизлияния, которое исключает проведение тромболизиса и тромбэкстракции [2, с. 866].

Если визуализация геморрагического инсульта при КТ не вызывает затруднений, то распознавание признаков ишемии на ранних стадиях является сложной диагностической задачей. С целью сформировать единый подход к диагностике ишемического инсульта в 2000 г. была разработана методика ASPECTS (Alberta stroke program early CT score) — полуколичественная шкала, созданная для оценки ранних ишемических изменений в бассейне средней мозговой артерии по 10-балльной системе. ASPECTS предполагает оценку десяти областей на КТ-срезах на стандартных уровнях (уровне базальных ядер и ростральных структур) (рисунок): хвостатое ядро, островок, чечевицеобразное ядро, внутренняя капсула

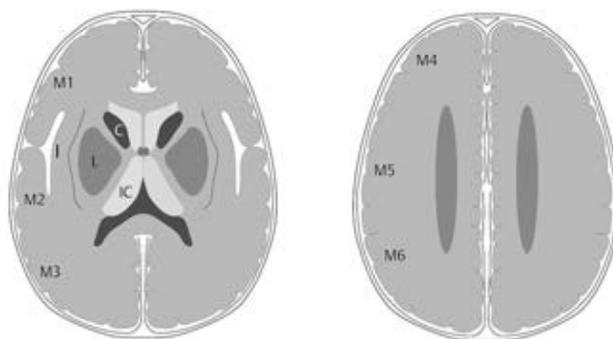


Рисунок. Схематическое изображение 10 зон в бассейне СМА (каждая соответствует 1 баллу ASPECTS): М1–М6, хвостатое ядро (С), чечевицеобразное ядро (L), внутренняя капсула (IC), кора островка (I) [4]

Figure. Illustration of 10-point quantitative topographic CT scan score used for middle cerebral artery (MCA) stroke (each corresponds to 1 point of the ASPECTS): М1–М6, caudate nucleus (C), lenticular nucleus (L), internal capsule (IC), insular cortex (I)

ла и шесть других корковых областей (М1–М6). Участки М1–М3 находятся на уровне базальных ганглиев, участки М4–М6 — на уровне желудочков непосредственно над базальными ганглиями, границей является головка хвостатого ядра [3, с. 1].

Согласно шкале последовательно оценивается каждый из десяти регионов. Подсчет по ASPECTS производится путем вычитания 1 балла из 10, для каждого достоверного раннего признака ишемического инсульта в каждом из регионов. При этом патологические изменения должны визуализироваться как минимум на двух последовательных срезах для исключения эффектов объемного усреднения.

Таким образом, КТ без патологических изменений соответствует 10 баллам по ASPECTS. Оценка же в 0 баллов указывает на диффузное поражение всего бассейна средней мозговой артерии (СМА). Оценка ≤ 7 баллов сообщает о более выраженном снижении плотности ткани в бассейне СМА и коррелирует с худшим функциональным исходом и более высоким риском геморрагической трансформации инсульта [5, с. 3].

Целью нашего обзора было изучить достоинства и ограничения шкалы ASPECTS, а также уровень

межэкспертного и внутриэкспертного согласия при ее использовании.

Шкала ASPECTS получила положительную оценку многих исследователей, как надежный диагностический метод. К примеру, Joop Huyn Baek в своей статье сделали вывод, что ASPECTS — лучший метод для прогнозирования функционального исхода у пациентов с острым ишемическим инсультом, получающих тромболитическую терапию, по сравнению с другими оценочными шкалами [6, с. 11].

Однако использование шкалы имеет и ряд ограничений [7, с. 1540, 1541]:

- шкала ASPECTS используется в основном в бассейне СМА (хотя на данный момент также известна модификация шкалы для оценки ишемии в вертебрально-базиллярном бассейне (ВББ) — posterior circulation ASPECTS — pcASPECTS) [8, с. 2486];

- оценка по ASPECTS затруднена на уровне М2-территории за счет артефактов от костей основания черепа;

- наличие субкортикальных и возрастных перивентрикулярных изменений белого вещества могут приводить к некорректной оценке по ASPECTS;

- изображения низкого качества, например, с двигательными артефактами, также могут приводить к некорректной оценке по ASPECTS.

Важно также отметить, что шкала не полностью стандартизирована. Области ASPECTS обозначены неточно, и не указано, в какой степени должен быть выражен объем ранних ишемических изменений (РИИ) при оценке по шкале, чтобы можно было вычесть балл. К примеру, некоторые затруднения вызывает оценка по шкале на «границе водоразделов». Поражение вертебробазиллярного бассейна в совокупности с фетальным типом строения задней мозговой артерии может привести к инфаркту задней наружной пограничной зоны. Аналогичные изменения могут наблюдаться при наличии передней трифуркации внутренней сонной артерии. Кроме того, расположение кортикальных пограничных зон может отличаться из — за развития лептоменингеальных коллатералей. Также в исходном исследовании ASPECTS для присвоения баллов использовались только два среза нативной КТ, но современные методы в подавляющем большинстве используют все срезы сканирования [9, с. 1671; 10, с. 355].

Еще одним источником межсубъективной вариативности являются характеристики РИИ, которые используются для подсчета баллов. Области с отчетливым снижением плотности по данным бесконтрастной компьютерной томографии, вероятно, соответствуют необратимому ишемическому поражению, следовательно, оцениваются по шкале. Также потеря дифференцировки коры, по данным некоторых авторов, связана с отеком и необратимым ее повреждением. В условиях эксперимента ишемия в виде нарушения дифференцировки коры обратима только в течение нескольких минут после начала

инфаркта [11, с. 722]. В клинических условиях видимая гипоплотность (нарушение дифференцировки коры) с высокой специфичностью представляет собой необратимо поврежденную ткань мозга (то есть ядро инфаркта) [12, с. 98]. Однако в связи с недавними патофизиологическими исследованиями изолированное набухание коры (т.е. сглаживание борозд) не считается признаком ишемии, учитываемым в ASPECTS, поскольку является потенциально обратимым явлением [10, с. 356; 13, с. 418]. Следовательно, участки с изолированным кортикальным отеком, то есть очаговым отеком без ассоциированной гипоплотности, соответствуют областям головного мозга, находящихся в условиях критической гипоперфузии, не должны оцениваться по ASPECTS.

Дополнительная критика ASPECTS заключается в том, что некоторые регионы — например, внутренняя капсула — по объему вовлечения намного меньше других областей, но при этом данная область имеет одинаковый «вес» в ранжировании баллов; таким образом, два пациента с одинаковыми баллами по ASPECTS могут иметь разную степень выраженности и объема РИИ [14, с. 4].

ASPECTS подверглась критике в исследовании Phan и соавт. Авторы предположили, что в системе баллов ASPECTS стриатоканулярная область (скорлупа, дорсолатеральные отделы хвостатого ядра, переднее бедро внутренней капсулы) имеет непропорциональный вес. Четыре опытных нейрорадиолога оценили отдельные области ASPECTS на КТ-изображениях (на 5–10-й день) 19 пациентов с инсультом в бассейне СМА в подострую фазу. Объем инфаркта определяли путем ручной сегментации на КТ-изображениях. Для оценки регионального объема, связанного с каждой областью ASPECTS, использовалась линейная регрессия. Области ASPECTS имели неравный вес, при этом на стриатоканулярную область приходилось 21% объема инфаркта в бассейне СМА. В совокупности на 10 регионов ASPECTS приходится примерно 51% максимального объема территории инфаркта в бассейне СМА [15, с. 477].

Самый частый аспект критики данной шкалы заключается в том, что ASPECTS была введена с целью уменьшить вариативность экспертных оценок, однако исследования показали достаточно разнородные результаты.

В исследовании Farzin и соавт. был изучен уровень межэкспертного и внутриэкспертного согласия 15 специалистов при оценке КТ-исследований по шкале ASPECTS у 30 пациентов с ишемическим инсультом. Эксперты распределялись следующим образом: 6 неврологов, специализирующихся на диагностике и лечении пациентов с ОНМК (4 с опытом работы более 10 лет), 5 рентген-сосудистых хирургов (3 с опытом работы более 10 лет) и 4 нейрорадиолога (2 с опытом работы более 10 лет). Каждый специалист прошел 2 «слепых» этапа оценки с интервалом

не менее 3 недель. Дополнительно экспертам были предоставлены следующие клинические данные: пол, возраст, наличие или отсутствие афазии и нарушения моторики, а также оценка по шкале NIH Stroke Scale (NIHSS). Межэкспертное согласие было слабым или умеренным, без существенной разницы между специальностями (нейрорадиолог, РСХ, невролог) и опытом работы. Надежность между наблюдателями определялась с использованием критерия взвешенной каппы (κ). Коэффициент согласия расценивался как умеренный при значении ($\kappa > 0,4 - 0,6$), существенный ($\kappa > 0,6 - 0,8$) и как полное согласие ($\kappa > 0,8 - 1,0$). Ни одно из значений каппа не достигло существенного уровня (0,6) среди всех экспертов. Даже при разграничении по шкале ASPECTS на две категории (0–5/5–10 баллов) межэкспертная достоверность не достигла существенного уровня ($\kappa > 0,561$), означая, что как минимум 5 из 15 экспертов вынесут разный вердикт в 15% случаев. Внутреннее согласие (одинаковая оценка данных экспертов при первом и втором просмотре) варьировалось от 0,599 до 0,943. Оценщики набрали одинаковые показатели по ASPECTS в обеих сессиях только в 40% случаев [16, с. 4, 5]. Также исследователи проанализировали статьи, оценивающие согласие с использованием ASPECTS, опубликованные с 2000 по 2015 г. Методологии проанализированных исследований отличались друг от друга по нескольким характеристикам, в том числе была ли врачам предоставлена клиническая информация при оценке, время, отведенное для оценки, доступ ко всем срезам компьютерной томографии, возможность экспертов устанавливать свои собственные параметры окна. Исследуемые популяции также были неоднородны. Результаты этого обзора текущего состояния надежности РИИ ASPECTS отражают широкую степень вариабельности межэкспертного согласия (IRR; статистики каппа и коэффициентов корреляции). Например, невзвешенные каппа из исследований, включенных в этот обзор, варьировались от 0,26 до 0,97 для общих ASPECTS и от 0,16 до 0,93 для дихотомических ASPECTS [16, с. 6].

В исследовании Kobkitsuksakul и соавт. был изучен уровень межэкспертного и внутриэкспертного согласия при оценке КТ-исследований у 43 пациентов с ишемическим инсультом по шкале ASPECTS двумя нейрорадиологами (с опытом работы более 10 лет), научным сотрудником нейрорадиологом и ординатором. Согласие между двумя нейрорадиологами и научным сотрудником в отношении ранжирования баллов по ASPECTS, оцененных с помощью κ Коэна было достаточно умеренным (H1: 0,486, H2: 0,583, H3: 0,678). Результаты оценки между двумя нейрорадиологами и ординатором по общему количеству баллов ASPECTS, оцененных с помощью κ Коэна также составило достаточно умеренное согласие (H1: 0,198, H2: 0,491, H3: 0,443). Корреляция между тремя вариантами оце-

нок (консенсус между нейрорадиологами, научным сотрудником и старшим ординатором) для общего количества баллов шкалы ASPECTS, оцененных с помощью ICC была высокой (H1: 0,741, H2: 0,936, H3: 0,780) [17, с. 106].

Coutts и соавт. пришли к выводу, что оценка по ASPECTS варьирует в условиях анализа КТ изображений, выполненном проспективно и ретроспективно. При более высоких оценках ASPECTS (> 7) специалист, проводящий исследование проспективно, имел тенденцию занижать баллы ишемических изменений. При более низких оценках ASPECTS (< 3) эксперт в реальном времени напротив демонстрировал тенденцию преувеличивать ишемические изменения почти на 2 балла [18, с. 3]. Причины этого, вероятно, отражают совокупность факторов, в том числе склонность системы визуального восприятия человека переоценивать границы областей поражения [19, с. 200–205]. Следует отметить, что Coutts и соавт. также указали на влияние человеческого фактора (желание не проводить тромболизис), при присвоении пациенту более низких баллов по шкале ASPECTS [20, с. 3].

В исследовании Alexander и соавт., в которое включили 55 пациентов с установленным диагнозом ишемического поражения головного мозга в подострой стадии, 3 невролога ретроспективно оценили с использованием ASPECTS КТ-изображения, полученные через 2 дня и более от начала заболевания. Авторы отмечают, что согласие между специалистами было практически полным со значением κ 0,90 [21, с. 740].

Van Seeters и соавт. провели проспективное исследование с включением 105 пациентов с острым неврологическим дефицитом и подозрением на острый ишемический инсульт в течение 9 часов после появления симптомов. Всем пациентам при поступлении были выполнены КТ без контрастирования, КТ-перфузия и КТ-ангиография. Все изображения оценивались дважды по трем параметрам: наличие ишемии, по правилу «одной трети» бассейна средней мозговой артерии (СМА) и по шкале ASPECTS. Четыре нейрорадиолога дважды оценили КТ-изображения данных пациентов на предмет внутри экспертного согласия, с использованием каппа статистики и коэффициента внутриклассовой корреляции. В результате исследования согласие между экспертами по правилу $\frac{1}{3}$ СМА и ASPECTS составило от умеренного до существенного при оценке без контрастных КТ, от низкого до существенного при оценке изображений КТ-ангиографии, и полного для всех карт КТ-перфузии — объем церебральной крови (CBV), мозговой кровотока (CBF), среднее время прохождения (MTT). Исследователи сделали вывод, что КТ-перфузия является более надежным исследованием при оценке КТ-изображений пациентов с острым инсультом [22, с. 5].

Также были проведены исследования оценки согласия экспертов в интерпретации шкалы

ASPECTS. Рехман и соавт. опросили шесть врачей на предмет их трактовки ASPECTS. Половина исследователей включали в оценку изолированное набухание коры (нарушение ее дифференцировки), хотя на момент опроса этот признак не был включен в методику. Несмотря на это, согласие между специалистами по оценке ASPECTS превосходило правило 1/3 CMA [7, с. 1540].

Wardlaw и соавт. провели систематический обзор литературы с использованием методологии Кокрановской группы для анализа согласия между экспертами при оценке ранних признаков ишемического инсульта и определения их взаимосвязи с результатами лечения двух групп пациентов, с тромбозом и без тромбоза. Согласие между экспертами измерялось с помощью коэффициента κ . Связь наличия ранних признаков ишемии и клинического исхода при проведении тромболитической терапии оценивалась с помощью показателя отношения шансов с доверительной вероятностью 95%. В 15 исследованиях согласие оценивалось преимущественно между шестью экспертами и составило $61 \pm 21\%$ (стандартное отклонение). Согласие между экспертами (каппа-статистика) варьировало от 0,14 до 0,78 для любого раннего признака инфаркта. Средняя чувствительность и специфичность для выявления ранних признаков инсульта с помощью КТ составляли 66% (диапазон 20–87%) и 87% (диапазон 56–100%), соответственно [23, с. 448].

Mc Taggart и соавт. сравнили эффективность ASPECTS на КТ- и МРТ-изображениях на ранних стадиях инсульта. Проспективно проанализированы 74 пациента, которым выполнялись КТ и МРТ, а также была начата эндоваскулярная терапия в течение 12 часов от начала инсульта. Два эксперта оценили ишемические изменения по нативной КТ с помощью ASPECTS, а также на DWI-изображениях. Согласие между экспертами для КТ-ASPECTS и DWI-ASPECTS составило 0,579 и 0,867 соответственно. DWI-ASPECTS коррелировал с функциональным результатом ($p=0,004$), тогда как СТ-ASPECTS — нет ($p=0,534$). И DWI-ASPECTS, и СТ-ASPECTS коррелировали с объемом ишемии, выявляемой на DWI. Анализ рабочих характеристик показал, что DWI-ASPECTS превосходит СТ-ASPECTS согласно величине временного интервала между появлением симптомов и прогнозированием хорошего функционального результата. В результате данного исследования установлено, что согласие между экспертами при оценке DWI-ASPECTS было выше, чем СТ-ASPECTS. DWI-ASPECTS превзошел КТ-ASPECTS по прогнозированию функционального результата (90 дней) [24, с. 3, 4].

В исследовании Varber и соавт. были оценены 203 КТ-исследования для установления взаимосвязи между количественной оценкой баллов шкалы на КТ-изображениях и прогнозированием исхода ОНМК при проведении тромболитической терапии. Исходное

значение ASPECTS обратно коррелировало с тяжестью инсульта по NIH Stroke Scale/Score (NIHSS) ($r=-0,56$, $p<0,001$). ASPECTS предсказывала функциональный исход и появление геморрагической трансформации инсульта ($p<0,001$, $p=0,012$ соответственно). Чувствительность ASPECTS к функциональному результату составила 0,78, а специфичность — 0,96. Согласие между экспертами-оценщиками ASPECTS было достаточно высоким (каппа 0,71–0,89). Исследователи в своей статье сделали вывод, что шкала ASPECTS надежна [9, с. 1672].

Дополнительные источники вариативности между экспертами могут быть связаны с вариативностью групп специалистов, участвующих в исследованиях. Wilson и соавт. [25, с. 15], указывают, что опыт, уровень подготовки и медицинская специальность также могут влиять на оценку. В большинстве исследований, проверяющих надежность и межэкспертное согласие, принимали участие опытные неврологи и/или нейрорадиологи; и в ограниченном числе статей ординаторы и начинающие специалисты [26, с. 13; 27, с. 1976; 28, с. 703]. Однако даже среди опытных врачей могут существовать расхождения в трактовке ASPECTS в разных странах [29, с. 516, 517].

Другие важные, но не решаемые причины изменчивости оценки ASPECTS включают следующие факторы: программное и аппаратное обеспечение, место нахождения эксперта, время суток, параметры срочности выдачи заключения (цейтнот), а также его личностные качества [29, с. 516, 517].

Для частичного решения проблем субъективности и оценки КТ по шкале ASPECTS рядом авторов предлагается применение систем искусственного интеллекта. На сегодняшний день программы автоматического анализа изображений (CAD, computer aided design) пока сосредоточены на анализе бесконтрастных КТ, КТ-ангиографии и визуализации перфузии на основе КТ или МРТ. Они направлены на определение и количественную оценку ядра инсульта, пенумбры, статуса коллатерального кровотока и локализации артериальной окклюзии в автоматическом режиме.

Один из вариантов программного обеспечения для диагностики ишемических изменений представили Wolff и соавт. и сравнили его эффективность с аналитическими способностями врачей-специалистов. В их исследовании была получена специфичность на уровне 89–89%, чувствительность 41–57% и точность 0,750–0,795. Авторы сделали вывод, что диагностическая точность данной системы сравнима с показателями врачей, участвующих в исследовании и может помочь рентгенологу в обнаружении ранних ишемических изменений [30, с. 6, 7].

В настоящий момент проходят апробацию несколько клинических программных продуктов для помощи рентгенологам в интерпретации изображений при остром ишемическом инсульте, способные

автоматически оценивать данные КТ с присвоением балла по шкале ASPECTS. Ограничением данных исследований является небольшое число данных, включенных в исследование. Также в данных исследованиях не анализируется влияние различных алгоритмов реконструкции на диагностические показатели эффективности данных систем. Но первые результаты показывают, что применение данных алгоритмов позволяет улучшить межэкспертное согласие при оценке по шкале ASPECTS [31, с. 5–7; 32, с. 6].

В то же время алгоритмы САД не предназначены для использования в качестве автономных диагностических инструментов. Они могут помочь врачам получить более точную и стандартизированную интерпретацию результатов КТ- и МРТ-исследований, что может улучшить тактику лечения пациентов и функциональный исход заболевания. Следует отметить, что будущие исследования могут быть сосредоточены на интеграции алгоритмов САД-систем в рабочий процесс специалистов лучевой диагностики [33, с. 11].

Заключение. Таким образом, шкала ASPECTS — это систематический, надежный и практичный метод, который широко применяется в современной клинической практике.

Большинство исследований указывают, что данная шкала эффективна для прогнозирования функцио-

нального исхода у пациентов с острым ишемическим инсультом, получающих тромболитическую терапию.

Основным недостатком данной шкалы является возможность вариативности экспертных оценок. Существует множество факторов, влияющих как на интерпретацию, так и на оценку РИИ по шкале ASPECTS. Эти факторы многообразны и включают большой спектр параметров: от методологической стандартизации до личностных факторов экспертов.

Выраженное многообразие результатов и разнородность межсубъектной вариативности не позволяют в настоящее время считать данную шкалу действительно надежным вариантом стандартизированной оценки и может отражаться на дальнейшем лечебном процессе. Высокие показатели межэкспертного согласия достигались в основном в группах с опытными рентгенологами.

В этой связи перспективным выглядит внедрение в клиническую практику методов полуавтоматической и автоматической обработки КТ-изображений с применением систем искусственного интеллекта, которые по результатам первых исследований улучшают стандартизацию оценки. Но для полноценного принятия таких систем в клиническую практику необходима их широкая клиническая апробация на независимых наборах разных данных.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Jauch EC., Saver JL., Adams HP Jr., Bruno A. et al., American Heart Association Stroke Council; Council on Cardiovascular Nursing; Council on Peripheral Vascular Disease; Council on Clinical Cardiology. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association / American Stroke Association // *Stroke*. 2013. Vol. 44, No. 3. P. 870–947. doi: 10.1161/STR.0b013e318284056a. Epub 2013 Jan 31. PMID: 23370205.
2. Brott T., Adams H.P.Jr., Olinger C.P., Marler J.R. et al. Measurements of acute cerebral infarction: a clinical examination scale // *Stroke*. 1989. Vol. 20, No. 7. P. 864–870. doi: 10.1161/01.str.20.7.864. PMID: 2749846.
3. Prakkamakul S., Yoo A.J. ASPECTS CT in Acute Ischemia: Review of Current Data // *Top Magn Reson Imaging*. 2017. Vol. 26, No. 3. P. 103–112. doi: 10.1097/RMR.000000000000122. PMID: 28277460.
4. Amtage F., Bär M., Bengel G., Bogdan C. et al. Neurologie compact // *The Journal Wissen für Klinik und Praxis*. 2017. Print ISBN 9783131171979. Online ISBN 9783132418165. doi: 10.1055/b-005-143671.
5. Mokin M., Primiani CT., Ren Z., Kan P. et al. Endovascular Treatment of Middle Cerebral Artery M2 Occlusion Strokes: Clinical and Procedural Predictors of Outcomes // *Neurosurgery*. 2017. Vol. 81, No. 5. P. 795–802. doi: 10.1093/neuros/nyx060. PMID: 28328002.
6. Baek J.H., Kim K., Lee Y.B., Park K.H. et al. Predicting stroke outcome using clinical- versus imaging-based scoring system // *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2015. Vol. 24, No. 3. P. 642–648. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2014.10.009. Epub 2014 Oct 30. PMID: 25576347.
7. Pexman J.H., Barber P.A., Hill M.D., Sevick R.J. et al. Use of the Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) for assessing CT scans in patients with acute stroke // *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2001. Vol. 22, No. 8. P. 1534–1542. PMID: 11559501.
8. Puetz V., Sylaja P.N., Coutts S.B., Hill M.D. et al. Extent of hypoattenuation on CT angiography source images predicts functional outcome in patients with basilar artery occlusion // *Stroke*. 2008. Vol. 39, No. 9. P. 2485–2490. doi: 10.1161/STROKEAHA.107.511162. Epub 2008 Jul 10. PMID: 18617663.
9. Barber P.A., Demchuk A.M., Zhang J., Buchan A.M. Validity and reliability of a quantitative computed tomography score in predicting outcome of hyperacute stroke before thrombolytic therapy. ASPECTS Study Group. Alberta Stroke Programme Early CT Score // *Lancet*. 2000. Vol. 355(9216). P. 1670–1674. doi: 10.1016/s0140-6736(00)02237-6 // *Lancet*. 2000. Vol. 355, No. 9221. P. 2170. PMID: 10905241.
10. Puetz V., Dzialowski I., Hill M.D., Demchuk A.M. The Alberta Stroke Program Early CT Score in Clinical Practice: What have We Learned? // *Int. J. Stroke*. 2009. Vol. 4, No. 5. P. 354–364. doi: 10.1111/j.1747-4949.2009.00337.x. PMID: 19765124.
11. Dzialowski I., Klotz E., Goericke S., Doerfler A. et al. Ischemic brain tissue water content: CT monitoring during middle cerebral artery occlusion and reperfusion in rats // *Radiology*. 2007. Vol. 243. P. 720–726. <https://doi.org/10.1148/radiol.2432060137>.
12. Von Kummer R., Bourquain H., Bastianello S., Bozzao L. et al. Early prediction of irreversible brain damage after ischemic stroke at CT // *Radiology*. 2001. Vol. 219. P. 95–100. doi: 10.1148/radiology.219.1.r01ap0695. PMID: 11274542.
13. Butcher K.S., Lee S.B., Parsons M., Fink J. et al. for the EPITHET Investigators. Increased blood volume maintains viability in tissue with isolated focal swelling on CT in acute stroke // *Stroke*. 2005. Vol. 36. P. 418.
14. Schröder J., Thomalla G.A. Critical Review of Alberta Stroke Program Early CT Score for Evaluation of Acute Stroke Imaging // *Front Neurol*. 2017. Vol. 7. P. 245. doi: 10.3389/fneur.2016.00245. PMID: 28127292; PMCID: PMC5226934.
15. Phan T.G., Donnan G.A., Koga M., Mitchell L.A. et al. The ASPECTS template is weighted in favor of the striatocapsular region // *Neuroimage*. 2006. Vol. 31. P. 477–481. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.12.059>.
16. Farzin B., Fahed R., Guilbert F., Poppe AY. et al. Early CT changes in patients admitted for thrombectomy: Intrarater and interrater agreement // *Neurology*. 2016. Vol. 3, No. 3. P. 249–256. doi: 10.1212/WNL.0000000000002860.
17. Kobkitsuksakul C., Tritanon O., Suraratdecha V. Interobserver agreement between senior radiology resident, neuroradiology fellow, and experienced neuroradiologist in the rating of Alberta Stroke Program Early Computed Tomography Score (ASPECTS) // *Diagn. Interu. Radiol.* 2018. Vol. 24, No. 2. P. 104–107. doi: 10.5152/dir.2018.17336. PMID: 29467112; PMCID: PMC5873500
18. Coutts S.B., Demchuk A.M., Barber P.A., Hu W.Y. et al. VISION Study Group. Interobserver variation of ASPECTS in real time // *Stroke*. 2004. Vol. 35, No. 5. P. e103–105. doi: 10.1161/01.STR.0000127082.19473.45. Epub 2004 Apr 8. PMID: 15073381.
19. Mitchell J.R., Karlik S.J., Lee D.H., Fenster A. Computer assisted identification and quantification of multiple sclerosis lesions in MR imaging volumes in the brain // *J. Magn. Res. Imag.* 1994. Vol. 4. P. 197–208.
20. Coutts S.B., Demchuk A.M., Barber P.A., Hu W.Y. et al. VISION Study Group. Interobserver variation of ASPECTS in real time // *Stroke*. 2004.

- Vol. 35, No. 5. P. e103–105. doi: 10.1161/01.STR.0000127082.19473.45. Epub 2004 Apr 8. PMID: 15073381.
21. Alexander L.D., Pettersen J.A., Hopyan J.J., Sahlas D.J. et al. Long-term prediction of functional outcome after stroke using the Alberta Stroke Program Early Computed Tomography Score in the subacute stage // *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2012. Vol. 21, No. 8. P. 737–744. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2011.03.010. Epub 2011 Dec 15. PMID: 22177932.
 22. Van Seeters T., Biessels G.J., Niesten J.M., van der Schaaf I.C. et al. Reliability of visual assessment of non-contrast CT, CT angiography source images and CT perfusion in patients with suspected ischemic stroke // *PloSone*. 2013. Vol. 8, No. 10. e75615. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075615>.
 23. Wardlaw J.M., Mielke O. Early signs of brain infarction at CT: observer reliability and outcome after thrombolytic treatment — systematic review // *Radiology*. 2005. Vol. 23, No. 5 (2). P. 444–453. doi: 10.1148/radiol.2352040262. PMID: 15858087.
 24. McTaggart R.A., Jovin T.G., Lansberg M.G., Mlynash M. et al. DEFUSE 2 Investigators. Alberta stroke program early computed tomographic scoring performance in a series of patients undergoing computed tomography and MRI: reader agreement, modality agreement, and outcome prediction // *Stroke*. 2015. Vol. 46, No. 2. P. 407–412. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.006564. Epub 2014 Dec 23. PMID: 25538199.
 25. Wilson A.T., Dey S., Evans J.W., Najm M. et al. Minds treating brains: understanding the interpretation of non-contrast CT ASPECTS in acute ischemic stroke // *Expert Review of Cardiovascular Therapy*. 2018. Vol. 16, No. 2. P. 143–153. doi: 10.1080/14779072.2018.1421069.
 26. Arsava E.M., Saarinen J.T., Unal A., Akpinar E. et al. Impact of window setting optimization on accuracy of computed tomography and computed tomography angiography source image-based Alberta Stroke Program Early Computed Tomography Score // *J. Stroke Cerebrovasc. Dis. Off. J. Natl. Stroke Assoc.* 2014. Vol. 23, No. 1. P. 12–16. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2012.05.012. Epub 2012 Jun 27. PMID: 22748712.
 27. Aviv R.I., Mandelcorn J., Chakraborty S., Gladstone D. et al. Alberta Stroke Program Early CT Scoring of CT Perfusion in Early Stroke Visualization and Assessment // *Am. J. Neuroradiol.* 2007. Vol. 28, No. 10. P. 1975–1980. doi: 10.3174/ajnr.A0689. Epub 2007 Oct 5. PMID: 17921237; PMID: PMC8134254.
 28. Phuttharak W., Sawanyawisuth K., Sangpetngam B., Tiamkao S. CT interpretation by ASPECTS in hyperacute ischemic stroke predicting functional outcomes // *Japanese Journal of Radiology*. 2013. Vol. 31. P. 701–705. doi: 10.1007/s11604-013-0240-6.
 29. Pexman J.H.W., Hill M.D., Buchan A.M., Barber P. et al. Hyperacute Stroke: Experience Essential When Reading Unenhanced CT Scans // *Am. J. Neuroradiol.* 2004. Vol. 25, No. 3. P. 516–518. PMID: PMC8158544 PMID: 15037484.
 30. Wolff L., Berkhemer O.A., van Es A.C.G.M., van Zwam W.H. et al. MR CLEAN Investigators. Validation of automated Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) software for detection of early ischemic changes on non-contrast brain CT scans // *Neuroradiology*. 2021. Vol. 63, No. 4. P. 491–498. doi: 10.1007/s00234-020-02533-6. Epub 2020 Aug 28. PMID: 32857212; PMID: PMC7966210.
 31. Li L., Chen Y., Bao Y., Jia X. et al. Comparison of the performance between Frontier ASPECTS software and different levels of radiologists on assessing CT examinations of acute ischaemic stroke patients // *Clin. Radiol.* 2020. Vol. 75, No. 5. P. 358–365. doi: 10.1016/j.crad.2019.12.010. Epub 2020 Jan 20. PMID: 31973944.
 32. Delio P.R., Wong M.L., Tsai J.P., Hinson H.E. et al. Assistance from Automated ASPECTS Software Improves Reader Performance // *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2021. Vol. 30, No. 7. P. 105829. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105829. Epub 2021 May 11. PMID: 33989968
 33. Mokli Y., Johannes P., Daniel P., Christian H. et al. Computer-aided imaging analysis in acute ischemic stroke — background and clinical applications // *Neurological research and practice*. 2019. Vol. 1, No. 23. doi: 10.1186/s42466-019-0028-y.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 21.03.2021 г.

Вклад авторов:

Вклад в концепцию и план исследования — П.Л. Андропова, П.В. Гаврилов, Ж.И. Савиццева. Вклад в сбор данных — П.Л. Андропова. Вклад в анализ данных и выводы — П.Л. Андропова, П.В. Гаврилов, Ж.И. Савиццева. Вклад в подготовку рукописи — П.Л. Андропова, П.В. Гаврилов.

Сведения об авторах:

Андропова Полина Леонидовна — аспирант, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт мозга человека имени Н.П. Бехтеревой» Российской академии наук; 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9; врач кабинета КТ Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы»; 195257, Санкт-Петербург, ул. Вавиловых, д. 14, лит. А; e-mail: polin.and@icloud.com; ORCID 0000–0002–0416–493X;

Гаврилов Павел Владимирович — кандидат медицинских наук, доцент научно-клинического и образовательного центра «Лучевая диагностика и ядерная медицина», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7/9; e-mail: spbniiifrentgen@mail.ru; ORCID 0000–0003–3251–4084; SPIN-код 7824–5374;

Савиццева Жанна Игоревна — кандидат медицинских наук, заведующая кабинетом МРТ отделения лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт мозга человека имени Н.П. Бехтеревой» Российской академии наук; 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9; e-mail: lycaidas@gmail.com; ORCID 0000–0001–9306–2101; SPIN-код 6620–9449.

Уважаемые коллеги!

15 декабря 2022 года состоится VII Телеконференция «Современные стандарты анализа лучевых изображений и принципы построения заключения».

Мероприятие пройдет в онлайн-формате. Регистрация на мероприятие будет открыта в ноябре 2021 на сайте anobnic.ru.

Подробная информация:

тел.: +7 (921) 956-92-55

на сайте: anobnic.ru