



вую критику. Отсюда и пошло противопоставление безопасного и интеллектуального клиницизма опасному и примитивному технанизму. Тогда и родился крылатый афоризм Н.Н. Бурденко (1937): «Диагностическое мероприятие не должно быть опасней хирургического вмешательства и не должно отягощать положение больного». Все же, и вентрикулография, и пневмоэнцефалография, и контрастная миелография оказались полезными в развитии нейрорадиологии, впервые сделав ее визуализированной [1].

Научно-техническая революция второй половины XX века открыла принципиально новые возможности для создания методов дистантной визуализации головного и спинного мозга. Для их разработки и оценки нужны объективные критерии.

Изучив развитие методов диагностики на протяжении 100-летней истории нейрохирургии, проанализировав современную патентную документацию ведущих стран мира, периодическую и монографическую литературу, мы разработали комплекс критериев идеального метода диагностики нейрохирургической патологии [2]. Главные из них:

1. Информативность: видение патологического процесса через закрытые череп и позвоночник и получение структурных и функциональных представлений о состоянии головного и спинного мозга.

2. Безвредность для пациента и персонала.

3. Бескровность и безболезненность.

4. Техническая и экономическая доступность.

В нейрохирургии и неврологии в последние десятилетия появилась масса новых методов, включая такие комплексные, как например, позитронно-эмиссионная томография. В перспективе голография: гамма, оптическая, акустическая...

Анализ каждого метода нейрорадиологии следует осуществлять с учетом его возможностей и ограничений. Такой подход позволил выявить сегодняшних лидеров, наиболее приближающихся к идеальному методу диагностики.

Рассмотрим их.

Нейротепловидение. Оно основано на пассивной локации инфракрасного излучения, постоянно продуцируемого органами и тканями человека в процессе жизнедеятельности. Метод сочетает абсолютную безвредность с визуализацией лоцируемого участка тела или конечностей [3]. Однако, если для распознавания патологии периферической нервной системы, это идеальный метод, то при заболеваниях головного и спин-

ного мозга тепловидение не способно по своим физическим характеристикам обеспечить прямую визуализацию внутричерепного и внутрипозвоночного содержимого. Вместе с тем по косвенным признакам – изменение тепловой продукции в определенных кожных зонах – инфракрасная термография несет ценную диагностическую информацию. Аппаратура малогабаритна и совмещена с персональным компьютером, что обеспечивает хранение термограмм и их воспроизводимость в любое время. Технически и экономически метод доступен всякому медицинскому учреждению.

Ультразвуковая томография. Ультразвуковая локация практически безвредна. Позволяет получать изображение как поверхностных, так и глубинных структур головного мозга. Аппаратура малогабаритна и сопряжена с персональным компьютером. В отличие от других методов активной локации ультразвуковая томография может быть применена в любых условиях – у кровати больного, в машине скорой помощи, на месте происшествия. Метод идеален для скрининга у детей и динамического прослеживания патологии [3,4].

Однако у взрослых при локации через акустические окна на закрытом черепе нередки определенные затруднения в трактовке находок из-за артефактов. По информативности ультразвуковая томография значительно уступает КТ и МРТ. Но, в отличие от них, общедоступна, не требует специально оборудованных помещений и сложного технического обслуживания. Стоимость одного ультразвукового исследования в десятки раз дешевле компьютернотомографических и магнитнорезонансных исследований.

К вершинам нейрорадиологии относятся **компьютерная рентгеновская томография (КТ) и магнитнорезонансная томография (МРТ) [5, 6].**

Преимуществами КТ являются доступность, скорость сканирования и совместимость с медицинскими приборами жизнеобеспечения [5, 6]. При черепно-мозговой травме КТ метод выбора для первичного обследования пострадавших, дает возможность быстро диагностировать острые внутричерепные гемorragии и их локализацию, масс-эффект и отек мозга, определить размеры и конфигурацию желудочковой системы, выявить повреждения костей, наличие инородных тел, отсроченные гематомы [7]. КТ позволяет детализировать краниобазальную патологию и состояние самого основания черепа. КТ-ангиография



по информативности сопоставима с обычным контрастным исследованием сосудов мозга и т.д.

Диагностическая возможность и чувствительность КТ при нетяжелых повреждениях мозга, особенно, негеморрагического характера заметно снижаются. КТ обладает низкой чувствительностью при небольших очагах повреждений мозга, прилежащих к костям свода и основания черепа, при диффузных аксональных повреждениях, повреждениях структур ствола мозга и задней черепной ямки [7]. КТ также является относительно нечувствительным методом для выявления острых гипоксических и ишемических изменений мозга, подострых и хронических геморрагий, а также дифференциации видов отека мозга.

Главное, у КТ есть одна существенная негативная сторона. Несмотря на значительное снижение дозы облучения рентгеновскими лучами в современных модификациях компьютерных рентгеновских томографов, все-таки остается их вредоносное воздействие, особенно на детский организм.

Например, по данным I. Mathews и соавт. [8], частота рака достоверно на 24 % была выше у австралийцев, которым хотя бы один раз в возрасте 0-19 лет выполнили рентгеновскую компьютерную томографию.

По сравнению с КТ, магнитно-резонансная томография, несмотря на трудности её применения в остром периоде травмы (относительная длительность исследования, необходимость седации при психомоторном возбуждении, невозможность исследования при наличии металлических имплантов и водителей сердечного ритма и др.) имеет свои существенные преимущества, прежде всего по отдаленной безвредности для пациента [5-7]. МРТ является более чувствительным методом исследования, чем КТ, для выявления небольших негеморрагических и микрогеморрагических очагов, например, при диффузном аксональном повреждении, а также при исследовании ЧМТ в подострой и хронических стадиях. Рутинные последовательности МРТ – T1, T2, T2-FLAIR, T2*-градиентное эхо показывают различные структурные изменения мозга – масс-эффект, компрессию цистерн, мелкие геморрагии, скопление крови по контурам извилин при субарахноидальных кровоизлияниях. Гемосидерин-чувствительное T2*-градиентное эхо помогает в визуализации петехиальных, подострых и хронических геморрагий. Диффузные последовательности улучшают выявление острых вторичных инфарктов при ЧМТ. Существуют также современные по-

следовательности, чувствительные к продуктам крови (SWI, SWAN), оценивающие перфузию мозга (DSC T2*-перфузия, DCE, ASL), определяющие микроструктурные изменения белого вещества и интегрированности трактов (диффузионно-тензорная, диффузионно-куртозисная MPT), выявляющие функционально значимые зоны (ФМРТ).

T2*-градиентное эхо (T2* GRE), SWI (Susceptibility weighted imaging), SWAN (T2-star weighted angiography) – последовательности, акцентирующие негомогенность магнитного поля и эффект магнитной восприимчивости. Поэтому применяются для выявления геморрагий и микрогеморрагий как в остром периоде ЧМТ, так и спустя месяцы и годы после травмы. SWI (SWAN)-3D градиентное эхо с высоким пространственным разрешением – особенно чувствительна к продуктам крови и деоксигемоглобину в венозной крови. SWI последовательность более чувствительна, чем T2* GRE, к выявлению повреждений при ДАП. Импульсная последовательность SWAN позволяет получить томограммы с хорошим контрастированием венозных и анатомических структур, ткани которых отличаются своими магнитными свойствами (содержанием железа).

Диффузно-взвешенные изображения (ДВИ) (diffusion weighted imaging, DWI) – отражают движение молекул воды (протонов водорода) в тканях, а коэффициент диффузии, получаемый при картировании, применяется для дифференциальной диагностики цитотоксического и вазогенного отека вследствие травмы мозга или ишемии. Снижение коэффициента диффузии предполагает наличие цитотоксического отека, а повышение – развитие вазогенного/интерстициального отека. Особая роль ДВИ отводится в выявлении острых инфарктов и диффузных аксональных повреждений. Также ДВИ дает информацию о вторичных повреждениях мозга в виде инфарктов в результате вклинения или инсульта.

МР-спектроскопия – позволяет определить содержание разных метаболитов в мозге in vivo, которые отражают изменения как биохимических процессов, так и повреждение клеточных структур. Травма мозга индуцирует изменения N-ацетиласпартата (NAA), биомаркера нейронов, снижение которого в патологических очагах показывает их первичное повреждение, тогда как снижение NAA в зонах с неизменным МР-сигналом может указывать на наличие ДАП и валлеровской дегенерации. Повышение уровня холина (Cho) – маркера повреждения мембран – может быть обна-



ружено в белом веществе при разрушении миелина; появление лактата (Lac), производного анаэробного гликолиза, указывает на гипоксическое/ишемическое повреждение. В настоящее время в протонной МР-спектроскопии используются два метода – одновоксельный и 2D, 3D – мультивоксельный.

Диффузно-тензорная МРТ – позволяет количественно и качественно оценить повреждения проводящих путей головного мозга, получить их трехмерные изображения, и, тем самым, в клинических условиях, *in vivo*, визуализировать, например, степени выраженности ДАП и вторичных атрофических изменений мозга. Метод ДТ МРТ оценивает диффузные характеристики исследуемой среды, а также показывает направленность диффузии воды в тканях (анизотропию), и, таким образом, дает информацию о степени интегрированности трактов белого вещества. Диффузионная анизотропия неоднородна в разных областях белого вещества и отражает различие в миелинизации волокон, диаметре и их направленности. Патологические процессы, изменяющие микроструктуру белого вещества, такие, как разрыв, дезорганизация и разобщение волокон, сочетающиеся с разрушением миелина, ретракцией нейронов, увеличением или уменьшением внеклеточного пространства, оказывают влияние на показатели диффузии и анизотропии.

Бесспорным и очень важным преимуществом МРТ является возможность сочетания визуализационной информации о структуре и функциональном состоянии образований головного мозга.

Функциональная МРТ позволяет раскрывать связи и механизмы процессов, происходящих в различных отделах мозга при выполнении различных заданий. Нейрофизиология и нейропсихология благодаря функциональной МРТ, наконец, получили доказательный инструмент для своих построений и теорий. Однако у этого близкого к идеальному метода есть своя «ахиллесова пята» - очень высокая стоимость аппаратуры и сложность её обслуживания.

В целом, КТ и МРТ, относясь к наиболее достоверным методам топической и нозологической диагностики, незаменимы во всех разделах нейрохирургии – нейротравматологии, нейроонкологии, невроаскулярологии, функциональной, спинальной и детской нейрохирургии [5,9].

Очевидно, что сегодня диагностическая и научная тактика должна заключаться в разумном сочетании минимально-инвазивных и дистантных методов исследования ЦНС с акцентом на близкие к идеальным параметрам.

Разработанные критерии идеального метода в нейрохирургии способствуют безопасному получению исчерпывающей информации о состоянии и патологических изменениях головного и спинного мозга и периферических нервов, с учетом конкретных условий, в которых находится пациент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихтерман Б.Л. Нейрохирургия: становление клинической дисциплины. М., 2007, 312 с. [Likhтерman B.L. Neurosurgery: the formation of a clinical discipline. M., 2007, 312 p. In Russian]
2. Likhтерman B. An ideal diagnostic method in neurosurgery. In book: Likhтерman L., Long D., Likhтерman B. Clinical philosophy of Neurosurgery, Athena, Modena, Italy., 2018, pp. 155-159.
3. Лихтерман Л.Б. Ультразвуковая томография и тепловидение в нейрохирургии. «Медицина», М., 144 с. [Likhтерman L.B. Ultrasonic tomography and thermal imaging in neurosurgery. «Medicine», M., 144 p. In Russian]
4. Денисова Г.А., Чайковская О.Я. Ультразвуковые исследования в нейрохирургии. В кн.: Нейрохирургия. Национальное руководство, т. I., Диагностика и принципы лечения. М., 2022, с. 183-214. [Denisova G.A., Chaikovskaya O.Ya. Ultrasonic research in neurosurgery. In book: Neurosurgery. National guidelines, vol. I., Diagnosis and principles of treatment. M., 2022, p. 183-214. In Russian]
5. Kornienko V., Pronin I. Diagnostic Neuroradiology. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2009, p. 1288.
6. Пронин И.Н., Захарова Н.Е. Корниенко В.Н. Нейровизуализация. В кн.: Нейрохирургия. Национальное руководство, т. I., под ред. Д.Ю. Усачева. Диагностика и принципы лечения. М., 2022, с. 155-182. [Pronin I.N., Zakharova N.E. Kornienko V.N. Neuroimaging. In book: Neurosurgery. National leadership, vol. I., ed. D.Yu. Us-

achev. Diagnosis and principles of treatment. M., 2022, p. 155-182. In Russian]

7. Захарова Н.Е. МРТ классификация уровня травматологического повреждения мозга. В кн.: Нейрохирургия. Национальное руководство, т. II. М., 2022, с. 59-67. [Zakharova N.E. MRI classification of the level of traumatic brain damage. In book: Neurosurgery. National leadership, vol. II. M., 2022, p. 59-67. In Russian]

8. Mathews I.D. et al. Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood and adolescence: data linkage study of 11 million Australians // *BMI*. – 2013. – 346. – f2360. doi: 10.1136/bmj.f2360
9. Лихтерман Л.Б. Неврология черепно-мозговой травмы, М., 2009, 385 с. [Likhтерman L.B. Neurology of traumatic brain injury, M., 2009, 385 p. In Russian]

Л.Б. Лихтерман

Ресей Денсаулық сақтау министрлігінің Н.Н.Бурденко атындағы Нейрохирургия ұлттық медициналық ғылыми орталығы, Мәскеу қ., Ресей

НЕЙРОХИРУРГИЯДАҒЫ ДИАГНОСТИКАНЫҢ МІНСІЗ ПАРАМЕТРЛЕРГЕ ЖАҚЫНДАУЫ

Ми мен жұлын патологиясын айқындаудың жүз жылдық даму тарихын зерттеу негізінде нейрохирургиядағы мінсіз (идеалдық) диагностикалық әдістің критерийлері алғаш рет жасалды. Олардың ішінде алыс визуализация, зиянсыздық және қолжетімділік сияқты қасиеттер шешуші болып табылады.

Мінсіз әдіске жақындаудағы бүгінгі көшбасшылар: нейротермовизия, ультрадыбыстық томография, компьютерлік рентгендік томография, модификациялары бар магнитті-резонанстық томография.

Негізгі сөздер: нейродиagnostика, ультрадыбыстық томография, компьютерлік томография, магнитті-резонанстық томография.

L.B. Likhтерman

N.N. Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

APPROXIMATION OF DIAGNOSTICS IN NEUROSURGERY TO IDEAL PARAMETERS

Based on the study of a hundred-year history of the development of recognition of the pathology of the brain and spinal cord, criteria for an ideal diagnostic method in neurosurgery have been developed for the first time. Among them, such qualities as distant visualization, harmlessness and accessibility are decisive.

Today's leaders in approaching the ideal method are: neurothermovision, ultrasound tomography, computed X-ray tomography, magnetic resonance imaging with modifications.

Keywords: neurodiagnostics, ultrasound tomography, computed tomography, magnetic resonance imaging.