

**ВОЗРАСТНЫЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ВНУТРИМОЗГОВОГО ДАВЛЕНИЯ**

¹Ефимов А.П., ²Ахмедов Ш.М., ²Дехконов К.А., ²Ибрагимов З.С.

¹Нижегородский научно исследовательский институт травматологии и ортопедии
Росмедтехника, Россия

²Ташкентский педиатрический медицинский институт

✓ **Резюме**

По данным авторов использование метода исследования микродвижений с помощью ПАК «Микромоторика» позволяет изучить биомеханику внутримозговых процессов. А исследования внутримозговых процессов позволяют сформулировать уравнения, описывающие динамику внутримозгового давления и причины его изменений. По данным авторов изучение внутримозговых процессов в возрастном аспекте выявляет закономерности развития внутричерепной гипертензии и позволяет определять степень риска ишемического инсульта.

Ключевые слова: Внутричерепное давление, метод исследования микродвижений с помощью ПАК «Микромоторика», уравнение Ефимова.

**THE BIOMECHANICAL AND MORPHOLOGICAL AGE ASPECTS OF INTRABRAIN
PRESSURE**

¹Efimov A. P., ²Akhmedov Sh.M., ²Dehkonov K.A., ²Ibragimov Z.S.

¹Nizhnenovgorod Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Rosmedtekhnik, Russia

²Tashkent Pediatric Medical Institute²Tashkent Pediatric Medical Institute

✓ **Resume**

According to the authors, the use of the method for studying micromotions using the PAK "Mikromotorika" allows you to study the biomechanics of intracerebral processes. And studies of intracerebral processes make it possible to formulate equations that describe the dynamics of intracerebral pressure and the reasons for its changes. According to the authors, the study of intracerebral processes in the age aspect reveals the patterns of development of intracranial hypertension and allows determining the degree of risk of ischemic stroke.

Key words: Intracranial pressure, a method for studying micro motions using the PAK "Mikromotorika", Efimov's equation.

BOSH MIYA ICHI BOSIMI MORFOLOGIK VA BIOMEXANIK ASPEKTLARI

¹Efimov A. P., ²Ahmedov Sh.M., ²Dehkonov K.A., ²Ibragimov Z.S.

¹Nizhnenovgorod Travmatologiya va ortopediya ilmiy-tadqiqot instituti, Rosmedtexnika, Rossiya

²Toshkent pediatriya tibbiyot instituti

✓ **Rezyume**

Mualliflarning fikriga ko'ra, "Mikromotorika" PAK yordamida mikromotionlarni o'rganish usulidan foydalanish sizga intraserebral jarayonlarning biomexanikasini o'rganishga imkon beradi. Va intraserebral jarayonlarni o'rganish miya ichi bosimining dinamikasini va uning o'zgarishi sabablarini tavsiflovchi tenglamalarni shakllantirishga imkon beradi. Mualliflarning fikriga ko'ra, intellektual miya jarayonlarini yosh jihatidan o'rganish intrakranial gipertenziya rivojlanish qonuniyatlarini ochib beradi va ishemik qon tomir xavfi darajasini aniqlashga imkon beradi.

Kalit so'zlar: Intrakranial bosim, "Mikromotorika" PAK yordamida mikro harakatlarni o'rganish usuli, Efimov tenglamasi.

Актуальность

Внутричерепное давление (ВЧД) - это та сила с которой давит на ткани поверхности головного мозга с одной стороны, а с другой — на внутреннюю поверхность черепа - цереброспинальная жидкость (ликвор). В норме внутричерепное давление невелико, около 10 мм рт.ст., колеблясь в пределах 5-10 мм рт.ст., более или менее равномерно влияя на ткань мозга. Именно к таким условиям мозг адаптирован для осуществления им руководства всей жизнедеятельностью организма. Подчеркну, что это в условиях нормы. Но могут произойти — изменения в — организме, следствием — которых — является повышение внутричерепного давления, приводящее к целому ряду болезненных проявлений. О значении повышенного внутричерепного давления (внутричерепной гипертензии) известно давно. Но до недавнего времени не было возможности не инвазивного исследования и изучения закономерностей повышения в сопоставлении с соответствующими клиническими данными. Это было сделано сотрудниками Межрегионального центра восстановительной медицины и реабилитации в процессе научно-практических исследований биомеханики головного мозга. Используемые технологии микро биомеханики и нано биомеханики головного мозга разработаны сотрудниками Института биомеханики, валеологических в реабилитационных технологий (Москва) в развитие идей академика В.И. Ложилова, одного из основателей данного института.

Кратко напомним физиологию кровообращения головного мозга. В норме среднее артериальное давление (САД) поступающей в череп артериальной крови равняется 80 мм рт.ст. Среднее венозное давление (СВД) на выходе из черепа равно 0 мм.рт.ст. Среднее ликворное давление (СЛД) в черепе равно 10 мм рт.ст. Среднее ликворное давление является внешним по отношению к головному мозгу, оно оказывает постоянное внешнее сдавливающее действие на головной мозг. т.е. создает постоянное внутричерепное давление. По третьему закону Ньютона, сила действия равна силе противодействия. Так как в черепе в норме имеется биомеханическое равновесие, то среднее внутримозговое тканевое давление (СМТД) в норме тоже равно 10 мм рт.ст.

Нервные клетки головного мозга устроены так, что весь запас кислорода, доставленный с

кровью, потребляют за 1 секунду, а за 1 минуту в норме и в покое лежащему человеку требуется 60-70 новых порций насыщенной кислородом крови. При интенсивной умственной и физической работе эта потребность возрастает ещё в несколько раз. Как же организм решает эту проблему? Оказалось, что механизм решения можно выразить простым равенством:

$СМТД + ЭМПД = САД - (СД, + СВД).$
Полученное уравнение зарегистрировано как уравнение Ефимова № 1. (слайд)

В этом уравнении, кроме знакомых аббревиатур. появилась новая — ЭМПД. Расшифровывается следующим образом: эффективное мозговое пропульсивное давление. Это то избыточное давление, которое требуется для прогона крови по кровеносным сосудам головного мозга со скоростью, гарантирующей эффективное обеспечение кислородом клеток головного мозга. Если обратиться к числовым значениям уравнения Ефимова №1, то оно запишется так: $10 \text{ мм} + 60 \text{ мм} = 80 \text{ мм} - (10 \text{ мм} + 0 \text{ мм}).$

Опытным путем установлено, что ЭМПД в норме равняется 60 мм рт.ст., и эта величина является гомеостатической, постоянной. Отклонения ее от нормы организм тут же восполняет, поддерживая гомеостаз. Критическим для ЭМПД является число, равное 30-40 мм. рт.ст.. ниже этого значения наступает смерть мозга вследствие нехватки кислорода.

Чем - чревато повышение внутричерепного давления для человека?

I степень повышения ВЧД вызывает лишь временные недомогания с соответствующими жалобами, поэтому больные чаще всего к врачам не обращаются, предпочитая обходиться домашними средствами. Зато выяснилось, что больные с устойчивыми жалобами всегда имеют более высокие степени повышения ВЧД - II, III, IV.

В процессе исследований были получены данные, свидетельствующие о том, что повышение внутричерепного давления может носить диффузный характер с равномерным усиленным воздействием на все отделы мозга, а может проявляться локально в каких-то определенных зонах. Локальное действие повышения ВЧД в разных отделах головного мозга дает различный характер жалоб и вызывает различную клиническую картину.

Когда же повышается внутричерепное давление (ВЧД)? Как показали многочисленные исследования, по двум причинам:

1) по причине накопления ликвора внутри черепа;

2) вследствие — увеличения внутримозгового тканевого давления при изменениях структуры мозга, что создает сопротивление кровотоку по мелким сосудам.

Рассмотрим первый случай. В норме количество ликвора в черепе составляет 7,5 % его объёма. Ликвор вырабатывается сосудистым сплетением боковых желудочков и распространяется по всем естественным щелям в структурах головного мозга. Ликвор вырабатывается ежедневно. Тем не менее, его неизменное количество поддерживается благодаря механизму оттока. Это в норме.

При патологии, чаще всего при травмах и менингоарахноидитах, на пути ликворной реки возникают препятствия: сдавление их смещенными позвонками и рубцами снаружи, либо формирование внутрисосудистых эмболов при микробных воспалениях. В этих ситуациях ликвор не может по-прежнему свободно циркулировать, вследствие чего начинает накапливаться — внутри полостей мозга и черепа. Появляется гидроцефалия. Различается внутренняя гидроцефалия и наружная гидроцефалия. Когда обе формы сочетаются, то говорят о сочетанной или смешанной гидроцефалии.

Если в норме ликвора 7,5 % по объёму и среднее ликворное давление (СЛД) равно 10 мм рт.ст., то по мере накопления ликвора возникают 4 степени внутренней жидкостной гипертензии. (см. слайд) От стадии к стадии СЛД увеличивается на 10 мм рт.ст. И это жидкостное давление ведет к повышению среднего мозгового тканевого давления (СМТД). Эти два показателя равны: СЛД = СМТД. соответственно их значению равно ВЧД.

ВЧД = СЛД = СМТД - таковы соотношения по Ефимову (№2). (слайд)

Когда ВЧД нарастает до высокого уровня, то кровоток внутри мозга ухудшается. Если происходит быстрый отек головного мозга — ВЧД нарастает быстро за счет обоих слагаемых (уравнение 1), при этом кровоток не успевает перестроиться так быстро и возникает смертельная опасность в виде возможного удушья головного мозга. Прирост любого из компонентов на 40 мм рт.ст. (IV стадия) является критическим, что уже было

ранее отмечено в медицинской литературе, в частности, нейрохирургами.

Рассмотрим второй вариант — повышение — внутримозгового давления вследствие изменений структуры ткани мозга.

Обычно здоровый молодой организм управляет своими параметрами без труда, точно и вроде бы незаметно. Но с возрастом состояние головного мозга и его сосудов ухудшается. Многочисленные болезни нарушают текучесть крови, уменьшают просвет сосудов и число работающих сосудов. На поврежденных участках стенок сосудов оседают кровяные элементы, вырастают атеросклеротические бляшки. В результате сосуды теряют эластичность, стенки их становятся менее прочными, происходит пропотевание жидкости и отек тканей мозга, сдавливаются мелкие артериальные и венозные сосуды, капилляры. нарастает количество тканевой воды и коллоидов. Вследствие этого идет отложение солей, меняется химизм тканей мозга, разрастаются участки склерозирования белого и серого вещества мозга, нарастает количество грубых коллагеновых белков и тканевых рубцов (особенно после травм, сотрясений мозга), и т.д. Процесс изменений сложен и в каждом конкретном случае индивидуален.

При любом варианте важно понимание следующего. Если происходит увеличение СМТД (среднего мозгового тканевого давления), то левая часть уравнения Ефимова №1 (сумма СМТД и ЭМПД) становится больше. Для компенсации произошедшего нарушения равенства должно произойти возрастание правой части уравнения. В основном это возрастание происходит за счет увеличения САД (среднего артериального давления), немного увеличиваются СЛД (среднее ликворное давление) и СВД (среднее венозное давление). Увеличение последних двух показателей, в свою очередь, также приводит к увеличению САД. В этом случае САД поднимается за счет увеличения общего артериального давления, за счет напряжения сердца и сосудов всего тела. Возникает повышенное центральное артериальное давление (ЦАД). Если ЦАД поднялось и стабилизировалось на высоком уровне, то приходится говорить о возникновении гипертонической болезни.

На основе многолетнего опыта наблюдений и лечения, повышенного внутричерепного и внутримозгового давления у людей с различным уровнем артериального давления, включая больных с гипертонической

болезнью, нами выяснены и сформулированы закономерности развития внутричерепной гипертензии I, II, III и IV степеней и формирования на этой основе гипертонической болезни I, II и III стадий. (см. слайд).

На слайде видно, что увеличение САД идет за счет нарастания ЦАД, которое становится выше нормы (норма для ЦАД составляет 100 мм рт.ст.), формируется гипертоническая болезнь I, II и III стадий с систолическим давлением до 200 мм рт.ст. и выше - в III стадии ГБ.

Высокое среднее мозговое тканевое давление (СМТД), возникающее как второй вариант развития внутричерепной гипертензии, является причиной ишемических инсультов. Это бывает в связи с компрессией сосудов и прекращением кровотока в соответствующих участках мозга, и может быть на фоне нормального периферического артериального давления. 20 - 25 % инсультов развиваются по такому сценарию. Их можно предотвратить, осуществляя контроль и регулируя ВЧД. Проблема актуальна для людей не только зрелого и пожилого возраста, но и для молодых. И даже в детской практике на сегодняшний день диагноз «инсульт» - не казуистика (Зыков В.П., 2007).

Причинами повышения внутричерепного давления чаще всего бывают травматические повреждения головы и шейного отдела позвоночника или мягких тканей в шейном отделе, приводящие к нарушению циркуляции крови и ликвора, застойным явлениям внутри черепа, внутричерепному накоплению ликвора, развитию гидроцефалии. У детей самой частой причиной подобных нарушений являются родовые травмы. У взрослых непосредственной причиной могут быть травматические повреждения, а также очень часто шейный остеохондроз.

Возможности аппаратного **обследования** для выявления повышения внутричерепного давления достаточно распространены. Прежде всего, всем давно знакомый рентгеновский метод — краниография, позволяющая — выявить признаки повышения внутричерепного давления по ряду признаков. Ведущим признаком является наличие пальцевидных вдавлений на краниограммах, как результат длительного усиленного давления извилин мозга на внутреннюю поверхность костей черепа. Признак этот

появляется у детей с первых лет жизни и с возрастом усиливается.

Более совершенен метод рентгеновской компьютерной томографии (КТ). Его применяют в исследованиях головы для анализа состояния покровных тканей, костей черепа, -вещества головного мозга и ликворной системы. В настоящее время КТ является одним из наиболее широко используемых методов обнаружения патологических процессов в нейрорентгенологии. Метод отражает количество жидкости и косвенно определяет ВЧД.

Информативным является метод магнитно-резонансной томографии (МРТ), обеспечивающий большие, чем при КТ, возможности для характеристики различных тканей центральной нервной системы за счет технических особенностей метода. Метод этот, как и предыдущие два, отражает структурные особенности тканей, их форму, размеры, т.е. является методом морфологической диагностики. Поэтому быстрых изменений ВЧД в ходе лечения и реабилитации не отражает. Несмотря на то что является лучшим методом диагностики морфологического состояния мозга и мягких тканей головы, не позволяет оперативно управлять восстановительным и реабилитационным процессами, так как не отражает функционального состояния живой ткани мозга в ходе физиологических и патологических изменений. Например, являясь - информативным - методом для оценки — выраженности гидроцефалии, МРТ отражает только экстенсивные параметры гидроцефалии — количество ликвора внутри черепа и мозга. А вот интенсивные параметры — степень компрессии ликвором ткани мозга, степень гипертензии в головном мозге МРТ не может отражать. Имеется ряд заболеваний и стадий их развития, а также реабилитации, когда наступает равновесие между обильным количеством ликвора и не растущим или атрофичным головным мозгом. В таких случаях степень гидроцефалии не совпадает со степенью гипертензии внутри ткани мозга. Наоборот, повышенная внутримозговая гипертензия всегда отражает высокий морфофункциональный и метаболический потенциал головного мозга, способность его противостоять гидроцефалии, микрокрании и любым другим патологическим процессам.

В частности, высокая внутримозговая гипертензия без гидроцефалии бывает при микрокрании, опухолях мозга, паразитарных

поражениях, интерстициальных отеках мозга и др. В связи с вышесказанным, МРТ, лучший метод морфологической диагностики головного мозга, не может дать полноценную информацию без функционального метода диагностики внутримозговой тканевой гипертензии.

Ультразвуковые — методы — исследования, эхо энцефалография — (ЭхоЭГ) — имеет вспомогательное значение для диагностики, по показаниям специалистов метод используется широко, он достаточно прост, доступен и информативен в руках специалистов, но намного уступает МРТ. Ультразвуковой метод является безвредным — способом определения границ мозга, его желудочков и других структур. Благодаря определению увеличения объема желудочков мозга можно оценивать выраженность гидроцефалии и таким путем косвенно определять степень увеличения внутричерепного давления. Однако метод в силу своей физической природы не может достоверно оценивать наружную гидроцефалию, ограничиваясь внутренними процессами. Большим недостатком метода является его неинформативность при ранних стадиях гипертензионного синдрома, когда начавшееся накопление ликвора ещё недостаточно для раздвигания границ — желудочков мозга, хотя внутримозговое тканевое давление уже существенно возросло и оказывает сдавливающее воздействие на мелкие кровеносные сосуды вплоть до капилляров и ликворных протоков, создавая острую или хроническую ишемию мозговых центров. Таким образом, УЗИ отражает лишь поздние выраженные стадии гидроцефально-гипертензионного синдрома у детей и взрослых (III и IV стадии).

Электроэнцефалография (ЭЭГ) — функциональный метод исследования головного мозга, основанный на регистрации разности потенциалов мозга, возникающих в процессе его жизнедеятельности. Однако отражает, в основном, функциональное состояние нейронов коры головного мозга, а глубокие структуры мозга этим методом достоверно не исследуются. ЭЭГ позволяет выявить лишь косвенные признаки повышения ВЧД: ирритацию, судорожную готовность, нарушения электрогенная и др.

Очень значим для диагностики внутричерепной гипертензии современный уникальный метод исследования микробиомеханики и нанобиомеханики головного мозга с помощью компьютерного —

программно-аппаратного — комплекса «Микромоторика», — позволяющий безболезненно в короткие сроки получить сведения о наличии подъема внутричерепного — давления и его повреждающем действии на конкретные структуры головного мозга. А последние разработки прибора для целенаправленной экспресс-оценки внутричерепного давления привели к тому, что ещё более упрощаются задачи и увеличиваются возможности точных измерений, т.е. степени повышения СМТД.

Нейрохирурги всего мира измеряют жидкостное (ликворное) гидромеханическое внутричерепное давление манометрами прямого инвазивного действия. И до недавнего времени, до появления технологий микромоторной и наномоторной диагностики в мире не существовало методов оценки внутримозгового тканевого (гистомеханического) давления. Только с разработками КПАК «Микромоторика» появилась возможность его оценки, а затем и установления закономерностей развития гипертензии. Разработан — опытный образец «Гипертензиометр-01» - малогабаритный цифровой прибор для оценки среднего мозгового тканевого давления (СМТД) не инвазивным, бескровным экспресс-методом.

Использование КПАК «Микромоторика» при диагностике и лечении более чем 40 000 больных с травмами и заболеваниями опорно-двигательной и нервной систем позволило понять роль внутричерепного давления (ВЧД) в происхождении многих заболеваний головного мозга. Более того, позволило разработать новые эффективные методы лечения и реабилитации больных.

Таким образом, фундаментальные исследования биомеханики и гистомеханики головного мозга человека в норме и при патологии позволили получить новые микромоторные и наномоторные технологии и знания о роли внутричерепной и внутримозговой гипертензии в развитии многих заболеваний головного мозга, нервной и опорно-двигательной систем. Широкое внедрение разработанных технологий в практику здравоохранения сулит ощутимый медицинский, социальный и экономический эффект.

ВЫВОДЫ:

1. Использование метода исследования микродвижений с помощью ПАК

«Микромоторика» позволяет изучить биомеханику внутримозговых процессов.

2. Исследования внутримозговых процессов позволили сформулировать уравнения, описывающие динамику внутримозгового давления и причины его изменений.

3. Изучение внутримозговых процессов в возрастном аспекте выявляет закономерности развития внутричерепной гипертензии и позволяет определять степень риска ишемического инсульта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Башкиров М. В., Шахнович А. Р., Лубнин А. Ю. Внутричерепное давление и внутричерепная гипертензия //Российский журнал анестезиологии и интенсивной терапии. 1999. № 1.

2. Маневич А. З., Садалыкин В. И. Нейроанестезиология, /М., 1977

3. Ефимов А.П. Новый биомеханический метод неинвазивной оценки внутричерепного давления: верификация способа и цифрового аппарата. //Российский журнал биомеханики 2011. Т 11. №4 (54) 47-59 стр.

4. Monarch Disease Ontology release 2018-06-29sonu — 2018-06-29 — 2018.

5. Berkowitz's Pediatrics: A Primary Care Approach, 5th Edition 2014, //American Academy of Pediatrics p.407

6. Berkowitz's Pediatrics: A Primary Care Approach, 5th Edition, 2014 //American Academy of Pediatrics p.407

Поступила 09.03. 2021

УРАВНЕНИЕ ЕФИМОВА № 1

$$СМТД + ЭМПД = САД -- (СЛД + СВД)$$

ЭМПД - эффективное мозговое пропульсивное давление, СЛД — среднее ликворное давление
СВД — среднее венозное давление, СМТД — среднее мозговое тканевое Давление

УРАВНЕНИЕ ЕФИМОВА № 2.

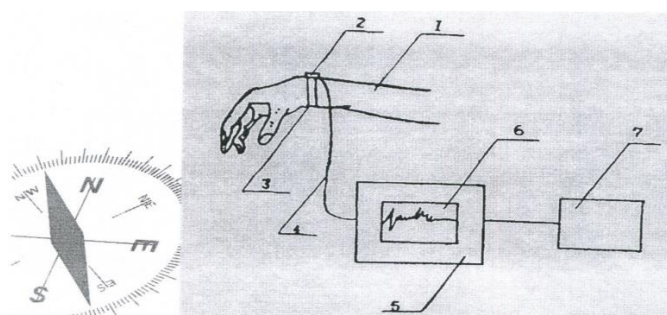
$$ВЧД = СЛД = СМТД$$

ВЧД — внутричерепное давление, СЛД — среднее ликворное давление, СМТД — среднее мозговое тканевое давление

Компьютерный программно-аппаратный комплекс (КПАК) МИКРОМОТОРИКА



Схема проведения метода



Метод компьютерной диагностики

