

УДК 616-03

БОЛЕВОЙ СИНДРОМ И МЕТОДЫ ЕГО РЕГИСТРАЦИИ

А.В.Кожевникова¹, О.Л.Власова²

¹ Научно-исследовательский испытательный центр (войсковой медицины и военно-медицинской техники) Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины Минобороны России, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Представлены краткое описание нейрофизиологической природы боли, методы её регистрации и прогнозы диагностических возможностей. Проанализированы методы шкал. Сделан вывод о субъективности большинства существующих методов регистрации боли и актуальности разработки метода экспресс-регистрации болевого синдрома.

Ключевые слова: болевой синдром, методы регистрации боли, ноцицепция, субъективность боли, шкалы измерения боли

Конфликт интересов / финансирование

Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов / финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Для цитирования: Кожевникова А.В., Власова О.Л. Болевой синдром и методы его регистрации // Медицина катастроф. 2019. №3. С. 59–62, <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2019-3-59-62>

PAIN SYNDROME AND METHODS OF ITS REGISTRATION

A.V.Kozhevnikova, O.L.Vlasova

¹ Scientific Research Testing Centre (of Military Medicine and Military Medical Equipment) of State Scientific Research Testing Institute of Military Medicine of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russian Federation

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

A brief description of the neurophysiological nature of pain, methods of its registration and prognosis of diagnostic possibilities are presented. Scaling methods are analyzed. The conclusion is made about the subjectivity of the majority of existing methods of pain registration and about the relevance of the development of the method of express registration of pain syndrome.

Key words: *methods of registering of pain, nociception, pain measurement scales, pain, subjectivity of pain*

Conflict of interest / Acknowledgments. The authors declare no conflict of interest / The study has not sponsorship.

For citation: Kozhevnikova A.V., Vlasova O.L. Pain Syndrome and Methods of its Registration, *Medicina katastrof*, (Disaster Medicine), 2019; 3: 59–62 (In Rus.), <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2019-3-59-62>

Контактная информация:

Кожевникова Алина Вадимовна – инженер Научно-исследовательского испытательного центра ГНИИИ военной медицины Минобороны России

Адрес: Россия, 195043, Санкт-Петербург, ул. Лесопарковая, 4

Тел.: +7 (812) 527-52-10

E-mail: alina-k-spb@yandex.ru

Contact information:

Alina V. Kozhevnikova – Engineer of Scientific Research Testing Centre (of Military Medicine and Military Medical Equipment) of State Scientific Research Testing Institute of Military Medicine of the Ministry of Defense of the Russian Federation

Address: Russia, 4, Lesoparkovaya str., St. Petersburg, 195043

Phone: +7 (812) 527-52-10

E-mail: alina-k-spb@yandex.ru

Боль – это «неприятное сенсорное и эмоциональное переживание, связанное с действительным или возможным повреждением тканей, которое описывается исходя из такого повреждения» [1].

Физиологически её восприятие и передачу осуществляют ноцицептивные системы, названные так Шеррингтоном от латинских терминов “*posere*” и “*serere*” – повреждать и воспринимать. Вопрос функции боли, её описания, купирования, а также количественного измерения волнует людей давно, и если первые проблемы успешно решались, то объективизация болевого синдрома до сих пор остаётся не до конца изученной.

В 1806 г. Фридрих Вильгельм Адам Сертюрнер выделил активный компонент опиума, назвав его впоследствии морфином в честь греческого бога сна Морфея, а в 1884 г. были установлены свойства кокаина в качестве средства местной анестезии [2]. С появлением обширного ряда анестетиков возник вопрос правильной их дозировки, решающийся классически стандартными дозами и подбором, что может приводить к передозировкам или недостаточному обезболиванию. Одним из оснований неадекватности способов преодоления боли классическими методами является затруднённая правильная оценка степени боли [3]. Повреждения одинаковой степени тяжести могут вызывать у разных лиц болевые ощущения различной выраженности в зависимости от окружающих условий и индивидуальных особенностей, а вариабельность индивидуальных потребностей ведёт к назначению неверных доз анальгетиков. Исследования Маркса и Сахара, проведённые в 1973 г., показали, что 32% пациентов, нуждавшихся в опиоидной анестезии, продолжали страдать от тяжёлых болей, что понижало эффективность реабилитации в послеоперационный период [4].

Боль представляет собой сложный многокомпонентный феномен, причём трудности его исследования заключаются в субъективности болевого ощущения. Субъективная природа боли общепризнана, однако исследования по созданию метода объективной её регистрации – опосредованной регистрации, привязанной к объективно регистрируемой величине боли – ведутся до сих пор [4]. В настоящее время существуют 2 основные модели возникновения боли: медицинская – рассматривающая боль как патологию, и поведенческая – изучающая боль со стороны ощущения, регулируемого сознанием. Отсутствие чётких критериев болевого ощущения приводит к диагностическим, экспертным и деонтологическим ошибкам [5]. Сравнение боли затруднено из-за большого количества индивидуальных различий, хотя и применяется много методов её клинической оценки.

Характеристики боли

Ноцицепция состоит из четырёх процессов:

- трансдукции – трансформации повреждающего воздействия на окончания нервов в электрическую активность. Первичные афферентные чувствительные волокна в данном случае называют ноцицепторами;
- трансмиссии – проведения импульса по чувствительным нервам;
- модуляции – модифицирования трансмиссии;
- перцепции – создания субъективного ощущения на основании предыдущих процессов [4].

Боль – это важный физиологический механизм защиты, являющийся сигналом к избеганию фактора, вызывающего дискомфорт. Однако при переходе физиологической боли в дезадаптивное и патогенное состояние, переступающее защитную функцию и вы-

зывающее регулярный дискомфорт, она становится патологической и при хронизации процесса вызывает дистрофические изменения тканей, нарушения деятельности эндокринной системы и психологические расстройства [6].

Вещества, продуцирующиеся при патологических тканевых процессах, повышают возбудимость ноцицепторов – это происходит при воспалениях, а также под действием продуктов тканевого распада [6]. Данный процесс называют сенсбилизацией, при ней у механорецепторов высокого порога (миелинизированные Аβ-волокна) повышается чувствительность после повторных стимуляций. Значительная часть периферических нервов представлена С-волокнами, являющимися ноцицептивными и реагирующими на повреждающие воздействия различной модальности. Данные волокна имеют большие рецептивные поля, а также могут давать продолжительные сигналы при повторных повреждающих воздействиях [7]. Болезненное нагревание вызывает открывание катионных каналов С-волокон, в ноцицептивную клетку входят ионы натрия и кальция, генерируется потенциал действия, деполяризуя её. Механическое повреждение непосредственно приводит к деполяризации ноцицепторов [8].

Боль может быть также нейрогенной природы, результатом повреждения нервов. В обоих случаях в зоне поражения происходит накопление аллогенных веществ, а также повышение концентрации иных постоянно присутствующих в тканях веществ из-за нарушения окислительных процессов. Повреждение тканей изменяет возбудимость мембраны С-волокон в связи с выделением аденозиндифосфата, аденозинтрифосфата (стимуляция АТФ-активируемых катионных каналов чувствительных нейронов), серотонина, гистамина (повышение проницаемости капилляров) и аллогенных веществ – медиаторов воспаления. Клеточное повреждение ведёт к переходу белков кининогенов в кинины под действием фактора Хагемана. Так, из кининогена производится пептид брадикинин, вызывающий входящий ток и потенциал действия в С-волокнах. Субъективное ощущение силы боли у человека пропорционально концентрации обнаруживаемого брадикинина, который, кроме всего прочего, усиливает сосудистую проницаемость и сенсбилизует ноцицепторы [9]. Также при повреждении клетки из клеточных мембран высвобождается арахидоновая кислота, на которую воздействует фермент циклооксигеназа, образуя простагландины, сенсбилизующие ноцицепторы к другим аллогенным соединениям [4]. При стимуляции первичных афферентных ноцицепторов высвобождается пептид – субстанция Р (выделен в 1931 г.), расширяющий сосуды и вызывающий отёк благодаря выходу гистамина из тучных клеток [2]. Вещество Р также повышает возбудимость С-волокон, блокируя калиевые каналы.

Также существует центральная боль – патология вследствие изменений образований центральной нервной системы (ЦНС), например, в ретикулярной формации, таламических ядрах под влиянием травм, ишемий и интоксикаций и др.

Повреждение тканей ведёт к вазодилатации, отёку и гипералгезии. Первичная гипералгезия характеризуется усилением реакции в ответ на повторное повреждающее воздействие, а вторичная гипералгезия возникает на соседних участках, не подвергавшихся болевому воздействию, благодаря сенсбилизации немиелинизированных волокон в соседних повреждённых областях.

Методы регистрации и измерения боли

Первыми методами измерения боли являлись, несомненно, субъективные, основанные на самооценке пациентом своих ощущений. К таким методам относится цифровая рейтинговая шкала, позволяющая оценить выраженность боли по шкале от 0 до 100, а также визуальная аналоговая шкала, представляющая собой отрезок с началом в точке «Нет боли» и окончанием в точке «Непреодолимая боль» [10]. Следует, однако, отметить, что пациенты могут ставить отметки на шкале достаточно произвольно не только в связи с ложной оценкой своей боли, но и из-за непонимания метода [4]. Словесная рейтинговая шкала представляет собой список слов, из которых человек может выбрать наиболее подходящие для оценки своей боли. Обычно это набор из 4–15 слов, пронумерованных по порядку возрастания тяжести ощущений. Проблема использования субъективных методов измерения боли заключается в том, что описание боли сильно зависит от степени психологического возбуждения пациента [11]. Одной из разновидностей словесных шкал является список McGill, включающий в себя сенсорные, аффективные и оценивающие слова, что позволяет лучше определить степень выраженности и характер боли [11]. Следующим субъективным методом является схема распределения боли по дерматомам, при которой пациенту предлагается заштриховать на картинке, имитирующей тело человека, болевые области. По данным научных публикаций, эта схема удобна как для заполнения пациентом, так и для диагностики по стандартным наборам диагнозов в зависимости от болевых дерматомов. Болевые схемы просты и удобны для регистрации боли, но могут быть сфальсифицированы и привести к постановке ошибочного диагноза.

Ещё один метод основан на наблюдении за поведением. Существуют систематические исследования образцов болевого поведения. [12] Благодаря собственному опыту и стандартным описаниям болевого поведения врач может оценить предполагаемые боли и в первую очередь – их локализацию.

Одним из методов, получивших широкое распространение, является диагностика по цветовым предпочтениям у пациентов с неврогенным, соматогенным и психогенным болевыми синдромами, разработанная в 2005 г. специалистами Федерального научного клинико-экспериментального центра традиционных методов диагностики и лечения в сотрудничестве с Научным центром психологического здоровья. Данная диагностика основана на выборе различных цветов в зависимости от причин и интенсивности боли (патент RU 2251388).

В качестве перспективного метода можно назвать биохимический анализ жидкостей в зоне поражения, в частности, субстанции P, концентрация которой коррелирует с перцепцией боли [4]. Примером применения этого метода является определение серотонина в сыворотке крови, позволяющее оценивать хронические болевые синдромы (патент RU 2254574). Основным недостатком таких методов является их инвазивность.

Известны методы измерения боли, основанные на биоэлектрической активности мозга, с помощью которых можно зафиксировать её наличие и величину, основываясь на таламической активности. Исследователи из университета Колорадо в Боулдере выделили специфическую активность некоторых зон мозга (таламус, соматосенсорная кора, передняя поясная кора) на термический болевой стимул, который исчезал при принятии обезболивающих. Исследователи Массачусетского тех-

нологического института (MIT) использовали машинное обучение с магнитно-резонансной томографией (МРТ), и с помощью шаблонов мозговой активности разработали программное обеспечение для объективной регистрации болевого синдрома [13]. С помощью данного метода можно объективно зарегистрировать наличие боли, но невозможно определить её локализацию и величину.

С помощью методов функционального картирования (позитронная эмиссионная томография – ПЭТ, МРТ) становится возможной визуализация изменений активности нейронов в ответ на болевые воздействия в трехмерных координатах, отражающих нейрофизиологические механизмы боли, но зафиксировать уже развивающийся болевой синдром пока не удалось [14].

В статье Лэйкока отмечается обилие возможностей для исследования болевого синдрома, в том числе с использованием нейровизуализации биомаркеров [15]. Наиболее перспективными Лэйкок считает методы, ориентированные на изменение реакций в вегетативной нервной системе (ВНС), и комбинированные алгоритмы, объединяющие их с такими биопотенциалами, как электроэнцефалография (ЭЭГ). Вегетативная нервная система изменяет гормональные и физиологические реакции, но привязку болевого синдрома к сердечному ритму и артериальному давлению Лэйкок не считает достаточно точной. В связи с этим им предложено использование производных сердечно-сосудистых и дыхательных параметров. Параметры вариабельности сердечного ритма (ВСР), отражающие состояние организма в целом и механизмов поддержания гомеостаза, в том числе соотношения симпатической и парасимпатической активности, используют для расчета коэффициента обезболивания во время проведения анестезии.

Метод визуализации биомаркеров также используется для объективизации и измерения боли [16]. Используя данную методику, выполняют МРТ позвоночника и анализируют толщину и деформацию межпозвоночных дисков, дегенеративные процессы в которых приводят к болям в спине и защемлению нервов.

Польские учёные предлагают анализировать кожно-гальваническую реакцию (КГР), по возрастанию которой оценивается наличие и изменение послеоперационных болей [17]. Кожно-гальваническая реакция сильно зависит от изменения потоотделения, которое колеблется в зависимости от физического и эмоционального состояния человека. В своих исследованиях учёные предлагают, используя данные с пальцев, измерять общее изменение гальванических характеристик кожи. Недостатком КГР является необходимость стандартизации условий ввиду неустойчивости показателей и обилия выбросов в результатах, а также отсутствия возможности определения локализации болевого синдрома и чёткой градации его величины [18].

Подводя итоги анализа методов регистрации боли, Ковэн в статье о физиологических маркерах боли выделяет 5 перспективных методов её регистрации: изменения в вегетативной нервной системе (monitoring changes in the autonomic nervous system); анализ биопотенциалов (biopotentials); нейровизуализация (neuroimaging); использование биомаркеров (biological (bio) markers) и комбинированных алгоритмов (composite algorithms) [19]. В первую очередь отмечается анализ вегетативных факторов для оценки глубины анестезии как действенный и удобный метод мониторинга общего состояния. Ковэн указывает на возможность использования КГР для отслеживания болевого

синдрома, однако этот метод сильно зависит от состояния кожи и окружающей температуры, а также используется как абсолютный показатель. Данный подход может служить детектором проявлений боли, однако не подходит для определения величины и локализации болевого синдрома. «Святым Граалем» объективной оценки боли Ковэн называет создание простого, чувствительного и специфичного биомаркера для каждого вида боли. Возможно, такой маркер когда-нибудь будет создан. Подводя итоги, Ковэн подчёркивает, что в настоящее время потенциальные инструменты и алгоритмы используют переменные, которые по своей природе являются косвенными измерителями боли, и, следовательно, не являются специфичными. Это оставляет их уязвимыми к влиянию таких факторов, как лекарства или патологические процессы.

Для решения проблемы объективизации болевого синдрома нами предлагается метод анализа изменений ёмкостных характеристик кожи в ответ на электрические воздействия. Предварительные исследования подтверждают гипотезу о корреляции метода и болевого синдрома, вызванного местными патологиями тканей [20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Harold Merskey. An Investigation of Pain in Psychological Illness // Pain. 1979. 6:250.
2. Madigan S.R., Raj P.P. History and current status of pain management. P.3. Practical Management of pain. Mosby-Year Book, Malvern, 2nd ed., PA, 1992.
3. Smith G. Management of post-operative pain // Can J Anaesth, suppl. 1989. 36:Sl.
4. Майкл Ф. Ферранте, Тимоти Р. ВейдБопкор. Послеоперационная боль: Руководство / Пер. с англ. М.: Медицина, 1998. 640 с.
5. Харченко Ю.А. Адекватная оценка боли – залог её успешного лечения. Белгород: Universum: медицина и фармакология. 2014.
6. Крыжановский Г.Н. Общая патофизиология нервной системы: Руководство. М.: Медицина, 1997. 352 с.
7. Fields H.L. // Pain Suppl. 1986. 3:Sl.
8. От нейрона к мозгу / Николлс Джон, Мартин Роберт и др. / Пер. с англ. Балабана П.М., Галкина А.В. и др. М.: Едиториал УРСС, 2003. 672 с.
9. Beck P.W., Handwerker H.O. Bradykinin and serotonin effects on various types of cutaneous nerve fibres // Pflugers Arch. 1974. 347:209.
10. Melzack R. The McGill Pain Questionnaire: major properties and scoring methods // Pain. 1975. 1:277.
11. Van Baren J., Klenknecht R.A. An evaluation of the McGill Pain Questionnaire for use in dental pain assessment // Pain. 1979. 6:23.
12. Keefe F.J., Block A.R. Development of an observation method for assessing pain behavior in chronic low back pain patients // Behav Ther. 1982. 13:363.
13. Courtney Humphries An Objective Way to Measure Pain // MIT technology review. 2011.
14. Кассиль Г.Н. Наука о боли. М: Наука, 1975. 399 с.
15. Laycock H., Bantel C. Objective Assessment of Acute Pain // J Anesth Clin Res. 2016. 7:630. Doi: 10.4172/2155-6148.100063.
16. Correlation of Pain With Objective Quantification of Magnetic Resonance Images in Older Adults With Chronic Low Back Pain / Bechara Bernard P., Agarwal Vikas, Boardman John et al. // Spine. March 15th, 2014. V. 39. Issue 6. P. 469–475.
17. A new method for the objective evaluation of postoperative pain / Jacek Karpe1, Aleksandra Misiotek, Andrzej Daszkiewicz1, Hanna Misiotek // Department of Anaesthesiology and Intensive Therapy, Chair of Anaesthesiology, Intensive Therapy and Emergency Medicine in Zabrze, Medical University of Silesia, Katowice, Studenckie Koło Naukowe Psychologia i Kultura, Wydział Nauk Społecznych, Akademia Jana Długosza w Częstochowie Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska. 2013; 10 (1): 48–50.
18. Goldberg D.S. Pain, objectivity and history: understanding pain stigma // Med Humanit 2017; 0: 1–6. Doi: 10.1136/medhum-2016-011133.
19. Assessing pain objectively: the use of physiological markers / Cowen M.K., Stasiowska H., Laycock C. Bantel // Anaesthesia. V. 70. Issue 7. July 2015. P. 828–847.
20. Кожевникова А.В. Объективизация регистрации болевого синдрома методом анализа изменений ёмкостной составляющей импеданса // Биофизика. 2018. №1. С. 163–166.

На базе кафедры «Медицинская физика» Санкт-Петербургского университета Петра Великого продолжают исследования предложенного метода и ведутся работы по созданию аппарата опосредованной регистрации болевого синдрома.

Выводы

1. Обоснованная и унифицированная оценка болевого синдрома ведёт к адекватному и эффективному лечению.

2. Традиционные методы измерения боли в своём большинстве основаны на субъективной оценке боли пациентом, а существующие методы, опирающиеся на объективные величины, не могут одновременно определить требуемые параметры (локализация, величина, характер) и являются громоздкими и дорогостоящими.

3. Создание метода и аппарата опосредованной экспресс-диагностики болевого синдрома является актуальной и не до конца исследованной проблемой, решение которой приведёт к повышению качества лечения, к возможности дистанционной диагностики и анализа патологий у детей и людей, находящихся в бессознательном состоянии (под наркозом).

REFERENCES

1. Harold Merskey, (An Investigation of Pain in Psychological Illness), Pain, 1979; 6:250.
2. Madigan S.R., Raj P.P., (History and current status of pain management, p.3. Practical Management of pain), Mosby-Year Book, Malvern, 2nd ed., PA, 1992.
3. Smith G. (Management of post-operative pain), Can J Anaesth, suppl. 36:Sl, 1989.
4. Majkl F. Ferrante, Timoti R. VejdBopkor, *Posleoperacionnaya bol'*, (Postoperative pain), Moscow, Medicina Publ., 1998. 640 p. (In Rus.).
5. Harchenko Yu.A., *Adekvatnaya ocenka boli – zalog eyo uspešnogo lecheniya*, (Adequate assessment of pain is the key to its successful treatment), Belgorod, Universum: Medicine And Pharmacology Publ., 2014 (In Rus.).
6. Kryzhanovskij G.N., *Obshchaya patofiziologiya nervnoj sistemy*, (General pathophysiology of the nervous system), Moscow, Medicina Publ., 1997, 352 p. (In Rus.).
7. Fields H.L. (Pain), Suppl. 3:Sl, 1986.
8. Nikolls Dzhon, Martin Robert, *Ot nejrona k mozgu*, (From neuron to brain), Moscow, Editiriial URSS Publ., 2003, 672 p. (In Rus.).
9. Beck P.W., Handwerker H.O., (Bradykinin and serotonin effects on various types of cutaneous nerve fibres), Pflugers Arch., 347:209, 1974.
10. Melzack R., (The McGill Pain Questionnaire: major properties and scoring methods), Pain, 1:277, 1975.
11. Van Baren J., Klenknecht R.A., (An evaluation of the McGill Pain Questionnaire for use in dental pain assessment), Pain, 6:23, 1979.
12. Keefe F.J., Block A.R., (Development of an observation method for assessing pain behavior in chronic low back pain patients), Behav. Ther., 13:363, 1982.
13. Courtney Humphries, (An Objective Way to Measure Pain), MIT technology review, 2011.
14. Kassil' G.N., *Nauka o boli*, (Science of pain), Moscow, Nauka Publ., 1975, 399 p. (In Rus.).
15. Laycock H., Bantel C., (Objective Assessment of Acute Pain), J. Anesth. Clin. Res., 7:630, 2016, doi:10.4172/2155-6148.100063.
16. Bechara Bernard P., Agarwal Vikas, Boardman John et al., (Correlation of Pain With Objective Quantification of Magnetic Resonance Images in Older Adults With Chronic Low Back Pain), Spine: March 15th, 2014; 39; 6: 469–475.
17. Jacek Karpe1, Aleksandra Misiotek, Andrzej Daszkiewicz1, Hanna Misiotek, (A new method for the objective evaluation of postoperative pain), Department of Anaesthesiology and Intensive Therapy, Chair of Anaesthesiology, Intensive Therapy and Emergency Medicine in Zabrze, Medical University of Silesia, Katowice, Studenckie Koło Naukowe Psychologia i Kultura, Wydział Nauk Społecznych, Akademia Jana Długosza w Częstochowie Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska, 2013; 10 (1): 48–50.
18. Goldberg D.S., (Pain, objectivity and history: understanding pain stigma), Med. Humanit, 2017; 0: 1–6, Doi: 10.1136/medhum-2016-011133.
19. Cowen M.K., Stasiowska H., Laycock C. Bantel, (Assessing pain objectively: the use of physiological markers), Anaesthesia, 2015; 70; 7, July: 828–847.
20. Kozhevnikova A.V., *Ob'ektivizaciya registracii boleвого sindroma metodom analiza izmenenij yomkostnoj sostavlyayushchej impedansa*, (Objectification of pain syndrome registration by analysis of changes in the capacitive component of the impedance), Biophizika, 2018; 1: 163–166 (In Rus.).