

Объективные методы оценки мимики и эмоций в диагностике когнитивных нарушений

М.А. Храмченко ✉, Е.С. Денисова, Ю.Н. Ашихмина, С.В. Прокопенко

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России; Россия, г. Красноярск

РЕЗЮМЕ

Цель обзора. Представить данные о нарушениях мимики и, косвенно, эмоций у пациентов с когнитивными нарушениями, полученные на основе методов оценки мимических функций, которые применяются в научных исследованиях и клинической практике.

Основные положения. Когнитивные нарушения часто встречаются у пациентов с неврологическими расстройствами. В диагностике неврологических заболеваний, в том числе проявляющихся когнитивным дефицитом, большое внимание уделяется выявлению нарушений мимических функций. В анализируемых работах установлена связь между развитием нейродегенеративного процесса в определенных структурах головного мозга и нарушением выражения эмоций посредством мимики.

Заключение. До сих пор недостаточно сведений, касающихся объективных характеристик нарушений мимики при когнитивном дефиците. Необходимо создание единой клинической методики объективной оценки мимики и эмоций с целью выявления когнитивных нарушений.

Ключевые слова: мимика, эмоции, умеренные когнитивные нарушения, деменция, видеоанализ движений.

Для цитирования: Храмченко М.А., Денисова Е.С., Ашихмина Ю.Н., Прокопенко С.В. Объективные методы оценки мимики и эмоций в диагностике когнитивных нарушений. Доктор.Ру. 2024;23(7):82–85. DOI: 10.31550/1727-2378-2024-23-7-82-85

Objective Methods of Mimics and Emotion Assessment in Diagnostic of Cognitive Disorders

M.A. Khramchenko ✉, E.S. Denisova, Yu.N. Ashikhmina, S.V. Prokopenko

Professor V.F. Voyno-Yasensky Krasnoyarsk State Medical University; Krasnoyarsk, Russian Federation

ABSTRACT

Aim. To present the data on impaired mimics and, indirectly, emotions in patients with cognitive disorders, obtained with the methods of mimics function assessment, which are used in scientific research and clinical practice.

Key points. Cognitive disorders are common in patients with neurological deficits. In diagnostics of neural diseases, including those manifesting with cognitive deficit, it is essential to identify impaired mimics functions. The analysed studies show the association between neurodegenerative processes in certain brain structures and impaired emotions (via mimics).

Conclusion. There are currently insufficient data on the objective characteristics of impaired mimics in patients with cognitive deficits. A unified clinical method should be developed for the assessment of mimics and emotions in order to identify cognitive disorders.

Keywords: mimics, emotions, moderate cognitive disorders, dementia, video analysis of motions.

For citation: Khramchenko M.A., Denisova E.S., Ashikhmina Yu.N., Prokopenko S.V. Objective methods of mimics and emotion assessment in diagnostic of cognitive disorders. Doctor.Ru. 2024;23(7):82–85. (in Russian). DOI: 10.31550/1727-2378-2024-23-7-82-85

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, эмоции — это универсальный аспект человеческого поведения, который позволяет выражать собственные чувства и переживания, а также служит средством коммуникации между людьми. Эмоциональное состояние проявляется в мимике, тоне голоса, жестах, физиологических параметрах. Имеется шесть универсальных врожденных эмоций — страх, гнев, удивление, печаль, счастье и отвращение [1, 2].

За проявления эмоциональной моторики (в том числе мимики) отвечает экстрапирамидная система, преимущественное значение имеют базальные ганглии [3, 4].

Мимика — совокупность движений мышц лица, возникающих как отражение внутреннего переживания определенной эмоции. Существует два типа мимики — произвольная (рефлекторная) и произвольная (сознательная). Мимическая экспрессия реализуется посредством сочетанной активности миндалевидного тела, лобной коры (произвольная мимика), полосатых тел (спонтанные проявления эмоций на лице), вентромедиальных лобных и поясных извилин коры, а также

ядер ствола головного мозга (эмоциональные вегетативные реакции) [5, 6]. В исследовании H. Lin и соавт. (2020), проведенном с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии головного мозга, особенно выделяется роль миндалевидных тел в восприятии и кодировании эмоциональных стимулов (слуховых и зрительных) извне, что является важной составляющей генерации эмоций [7].

В настоящее время доказано, что при ряде неврологических заболеваний (болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, сосудистая деменция и т. д.) происходят дегенеративные изменения вышеперечисленных отделов головного мозга, что влечет за собой нарушения мимических функций [8–11]. Изменения мимики зафиксированы и при многих психических расстройствах, в частности при шизофрении и депрессии [12, 13].

Все больше научных работ посвящается исследованию мимических функций в диагностике как психических заболеваний, так и болезни Паркинсона. В частности, Z. Jiang и соавт. (2021) проводили стандартные беседы с пациентами, имевшими тяжелое депрессивное расстройство, до и после

✉ Храмченко Мария Анатольевна / Khramchenko, M.A. — E-mail: clery6796@mail.ru

процедур глубокой стимуляции головного мозга (англ. Deep Brain Stimulation, DBS), беседы записывались на видео средней продолжительностью 15 минут. Записи были обработаны с использованием нейронной сети ImageNet VGG19 и базы данных AffectNet для оценки выраженности нарушений мимических функций. Анализ видео показал статистически значимые различия в мимических проявлениях до и после проведенного хирургического лечения, в связи с чем данный метод был рекомендован к применению у пациентов с депрессивным расстройством для объективной оценки состояния, выявления ремиссий и определения степени эффективности оперативных вмешательств [14]. В статье А.А. Хомченковой и соавт. (2022) у 30 пациентов с болезнью Паркинсона стадии 1,5–3,0 по Хён и Яру применялся авторский метод видеоанализа мимики «ПО Мимика», который заключался в определении координат 68 точек на лице. При выполнении шести диагностических тестов была выявлена корреляция между степенями выраженности гипомимии и общей гипокинезии [15].

Нарушения мимических функций, в свою очередь, влекут за собой трудности в социальном взаимодействии [16–18]. В связи с этим актуальна разработка объективных методов оценки мимических функций для раннего выявления когнитивных нарушений.

Цель обзора: представить данные о нарушениях мимики и, косвенно, эмоций у пациентов с когнитивными нарушениями, полученные с использованием методов оценки мимических функций, которые применяются в научных исследованиях и клинической практике.

На сегодняшний день активно проводятся исследования по выявлению нарушений мимики при когнитивном дефиците. В рандомизированном клиническом исследовании K.W. Burton и соавт. (2006) с участием 13 пациентов с болезнью Альцгеймера легкой степени тяжести и 21 клинически здорового испытуемого для оценки мимических функций применялась поверхностная электронейромиография на левую скуловую мышцу (*m. zygomaticus*) и левую мышцу, сморщивающую бровь (*m. corrugator supercilii*). Электрические стимулы подавались на заданные области до и во время просмотра изображений положительного, негативного и нейтрального содержания. Параллельно проводился опрос участников на предмет их субъективных ощущений от просмотра предложенных изображений. По результатам проведенного анализа, субъективные ощущения у пациентов с болезнью Альцгеймера и здоровых участников исследования не различались, однако была отмечена разница в активности скуловых мышц: у больных с когнитивными нарушениями зафиксирована повышенная активность данной области при просмотре фотографий негативного содержания и пониженная активность при просмотре позитивных изображений [5].

В работе K.-H. Chen и соавт. (2017) проводилось сравнение мимических функций у 99 пациентов с лобно-височной дегенерацией, 45 пациентов с болезнью Альцгеймера, 45 больных нейродегенеративными заболеваниями без когнитивных нарушений и у 37 клинически здоровых людей (контрольная группа). Степень выраженности мимических отклонений исследователи оценивали с применением системы H.A. Бернштейна по записям с видеокamer, сделанным во время просмотра испытуемыми фрагментов видео позитивного, негативного и нейтрального содержания. Параллельно проводилась оценка субъективных ощущений испытуемых с помощью опросников. В ходе исследования выявлена более высокая степень выраженности субъективных ощущений у пациентов с лобно-височной дегенераци-

ей, однако статистически значимых различий мимики между всеми группами не обнаружено [19].

В настоящее время имеются публикации об использовании различных методов видеоанализа мимики, а также фиксации взгляда у пациентов с когнитивными нарушениями. С этой целью активно применяются нейронные сети. Так, в работе R.U. Haque и соавт. (2019) описан метод определения движения глаз VisMET (Visuospatial Memory Eye-Tracking Task). В просмотре изображений участвовали 296 испытуемых, разделенных поровну на практически здоровых людей и пациентов с когнитивными нарушениями (от умеренных до выраженных) при болезни Альцгеймера. Авторы оценивали зоны фиксации взгляда и время просмотра изображений при удалении одного предмета с предложенных фотографий или добавлении одного предмета. Отмечено, что время концентрации взгляда на стратегически важных точках изображений у здоровых людей в 2 раза превышает таковое у пациентов с болезнью Альцгеймера. У больных наблюдалось также более хаотичное направление взгляда, несмотря на верное определение ключевых зон фотографий. Это обстоятельство авторы исследования связывают с поражением гиппокампа и энторинальной коры, ответственных за зрительно-пространственную память, еще на доклинической стадии болезни Альцгеймера. Чувствительность данного метода превысила 70%, в связи с чем авторами было создано мобильное приложение для активного использования метода с целью более раннего выявления болезни Альцгеймера [20, 21].

Z. Jiang и соавт. (2022) провели рандомизированное клиническое сравнительное исследование с участием 493 испытуемых, из которых 258 человек были клинически здоровы (контрольная группа), а 235 имели когнитивные нарушения различной степени выраженности на фоне основных диагнозов: болезни Альцгеймера и других заболеваний, проявляющихся когнитивными нарушениями (исследуемая группа). У всех участников исследования был проведен видеоанализ мимики на основе базы данных AffectNet [22], а также, в качестве сравнения, оценены движения глаз при выполнении теста на запоминание с предъявлением 20 изображений. У пациентов с когнитивным дефицитом отмечались нарушения мимики, степень выраженности которых коррелировала со снижением высших мозговых функций. Характер нарушений мимических функций различался в зависимости от имевшегося заболевания: к примеру, у пациентов с болезнью Альцгеймера наблюдалось излишнее выражение негативных эмоций, которые не в полной мере соответствовали смысловому содержанию изображения, а у пациентов с лобно-подкорковым типом когнитивных нарушений фиксировалось общее снижение выраженности мимических функций. Данный метод видеоанализа мимики был сопоставим по показателю чувствительности с методикой оценки когнитивных нарушений при помощи фиксации взгляда [23].

В исследовании J. Gerłowska и соавт. (2021) испытуемые выполняли задания по имитации эмоций, представленных на изображениях, каждое изображение транслировалось на планшете в течение одной минуты. Распознавание мимики при выполнении данной задачи производилось с применением датчика Kinect у 21 испытуемого старческого возраста: 7 клинически здоровых лиц, 7 пациентов с умеренными когнитивными нарушениями и 7 пациентов с деменцией при болезни Альцгеймера. Все участники также демонстрировали эмоции по устному заданию перед датчиком. Данные видеofиксации произвольной мимики исследуемых при просмотре изображений сравнивали с показателями выражения

определенных эмоций по устному заданию. В группе контроля и у пациентов с умеренными когнитивными нарушениями статистически значимых различий выявлено не было. У пациентов с деменцией отмечалось избыточное выражение либо положительных, либо отрицательных эмоций [24].

Более грубые нарушения мимики в заданиях на выражение положительных и отрицательных эмоций выявлены у пациентов с болезнью Паркинсона в сочетании с деменцией по сравнению со здоровыми людьми и испытуемыми с болезнью Паркинсона без когнитивного дефицита в исследовании M.W.-R. Но и соавт. (2020). В этой работе 24 пациента с болезнью Паркинсона с деменцией, 11 участников исследования с болезнью Паркинсона без деменции и 11 клинически здоровых лиц имитировали эмоции, представленные на изображениях, мимика оценивалась при помощи программы iMotions TMA festiva. Изменения мимики, выявленные у пациентов с болезнью Паркинсона в сочетании с деменцией, авторы связывают с недостаточной активностью норадренергической системы. Предложено использовать данный подход как дополнительный скрининговый метод выявления когнитивных нарушений при болезни Паркинсона [8, 25].

Чувствительность видеоанализа мимики на основе программного обеспечения FaceReader в выявлении эмоционального состояния человека составляет до 86% [26]. Метод был применен в исследовании Yi. Liu и соавт. (2021) у 35 пациентов с деменцией легкой степени выраженности по данным MMSE в возрасте 60–90 лет, а также в группе клинически здоровых испытуемых при прослушивании трех видов аудиозаписей (фрагмент песни из фильма, звучание ручья, пение птиц) длительностью по две минуты. Выявлено, что степень выраженности эмоций счастья, удивления и гнева у пациентов с когнитивными нарушениями соответствует таковой у здоровых испытуемых, однако эмоции печали, страха и отвращения были более выражены в основной группе. В ходе данного исследования отмечено также уменьшение времени удержания определенной эмоции при деменции. Корреляции между степенью выраженности изменений мимики и баллами по MMSE в группе пациентов с когнитивным дефицитом не установлено [27].

Ряд исследований посвящен факторам, ограничивающим применение объективных методов диагностики мимики. Например, в работе S. Borgomaneri и соавт. (2020) видеоанализ мимики применен у 74 здоровых испытуемых при выражении эмоций счастья, страха и в нейтральном состоянии в условиях применения мимических «помех» (в виде прикуса

верхней губы либо удерживания кончика ручки губами) и без них. В результате выявлены затруднения в автоматическом распознавании счастливых выражений лица, однако статистически значимых различий в определении нейтральных эмоций и страха не установлено. Данное обстоятельство авторы связывают с наличием мимической «помехи» в нижней половине лица, которая является определяющей для выявления эмоции счастья [28]. В то же время в обзорной статье M. Perusquía-Hernández (2019) отмечено, что метод электронейромиографии мимических мышц позволяет дифференцировать спонтанные улыбки исследуемых от их имитации с точностью до 94%. Искренность улыбки определялась по времени возникновения нервного импульса, а также амплитуде М-ответа [29].

В статье В.Л. Розалиева и соавт. (2018) предложено внедрение метода определения жестов рук на основе сенсора LeapMotion наряду с оценкой мимических функций с использованием нейронных сетей, а также посредством фиксации перемещения взгляда при помощи программы Tobii Eye Tracker 4С. Эта система была применена у клинически здоровых лиц. При просмотре видеозаписей различного содержания оценка наличия тремора либо произвольных движений в кистях рук по типу постукивания или перебирания пальцев оказывала значимое влияние на определение эмоции. Авторы приводят пример того, как эмоция удивления была заменена на эмоцию страха ввиду наличия тремора кисти. Следовательно, для более точного определения эмоционального состояния человека необходимо опираться не только на анализ его мимики, но и на оценку моторики других частей тела, в частности рук [30]. С целью более точного определения эмоций предложено также применение методов оценки высоты, тональности голоса [31], физиологических реакций (частота сердечных сокращений, проводимость кожи, температура тела) [32].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объективные методы анализа мимики могут найти широкое применение в скрининговой диагностике когнитивных нарушений. Однако ни один из имеющихся на данный момент методов объективной диагностики мимических функций не внедрен в клиническую практику.

Выполненные исследования показали важность применения объективных методов оценки мимики в диагностике когнитивных нарушений. Исследовательские работы по разработке наиболее доступного, информативного и простого в использовании метода продолжаются.

Вклад авторов / Contributions

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого из авторов: Храменко М.А., Денисова Е.С., Ашихмина Ю.Н. — сбор материала, написание и оформление статьи; Прокопенко С.В. — разработка концепции обзора, утверждение рукописи для публикации.

All authors made a significant contribution to the preparation of the article, read and approved the final version before publication. Special contribution: Khranchenko, M.A., Denisova, E.S., Ashikhmina, Yu.N. — material collection, text of the article; Prokopenko, S.V. — review concept, approval of the manuscript for publication.

Конфликт интересов / Disclosure

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование / Funding source

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при написании статьи. This study was not supported by any external sources of funding.

Об авторах / About the authors

Храменко Мария Анатольевна / Khranchenko, M.A. — аспирант кафедры нервных болезней с курсом последипломного образования ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России. eLIBRARY.RU SPIN: 8067-3749. <https://orcid.org/0000-0002-6164-1659>. E-mail: clery6796@mail.ru

Денисова Елизавета Сергеевна / Denisova, E.S. — субординатор кафедры нервных болезней с курсом последипломного образования ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России. <https://orcid.org/0009-0001-3818-0153>. E-mail: tavolga15@mail.ru

Ашихмина Юлия Николаевна / Ashikhmina, Yu.N. — субординатор кафедры нервных болезней с курсом последипломного образования ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России. <https://orcid.org/0009-0005-6604-9282>. E-mail: funny.man385@list.ru

Прокопенко Семён Владимирович / Prokopenko, S.V. — д. м. н., профессор, заведующий кафедрой нервных болезней с курсом последипломного образования ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России. eLIBRARY.RU SPIN: 1279-7072. <https://orcid.org/0000-0002-4778-2586>. E-mail: s.v.proc.58@mail.ru

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Изард К.Э. Эмоции человека. Пер. с англ. М.: изд-во МГУ; 1980. Izard C. Human Emotions. M.: MSU; 1980. (in Russian).
- Дубинская А.Д., Кукушина А.А., Юрова О.В., Котельникова А.В. и др. Современные представления о взаимосвязи психоэмоционального состояния и биоэлектрической активности лицевых мышц. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2019; 96(6):61–7. Dubinskaya A.D., Kukshina A.A., Yurova O.V., Kotelnikova A.V. et al. Modern views on the relationship between psychoemotional state and the bioelectrical activity of facial muscles. Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy. 2019;96(6):61–7. (in Russian). DOI: 10.17116/kurort20199606161
- Livingstone S.R., Vezar E., McGarry L.M., Lang A.E. et al. Deficits in the mimicry of facial expressions in Parkinson's disease. Front. Psychol. 2016;7:780. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00780
- Мосалева Е.И., Жумжанов И.М., Алексеенко П.В., Исмаилова С.Б. и др. Когнитивные флуктуации на фоне терапии у пациентов с болезнью Паркинсона. Сибирское медицинское обозрение. 2020;6:63–7. Mosaleva E.I., Zhumzhanov I.M., Alekseenko P.V., Ismailova S.B. et al. Cognitive fluctuations associated with therapy in patients with Parkinson diseases. Siberian Medical Review. 2020;6:63–7. (in Russian). DOI: 10.20333/2500136-2020-6-63-67
- Burton K.W., Kaszniak A.W. Emotional experience and facial expression in Alzheimer's disease. Neuropsychol. Dev. Cogn. B Aging Neuropsychol. Cogn. 2006;13(3–4):636–51. DOI: 10.1080/13825580600735085
- Liu X., Hildebrandt A., Recio G., Sommer W. et al. Individual differences in the speed of facial emotion recognition show little specificity but are strongly related with general mental speed: psychometric, neural and genetic evidence. Front. Behav. Neurosci. 2017;11:149. DOI: 10.3389/fnbeh.2017.00149
- Lin H., Müller-Bardorff M., Gathmann B., Brieke J. et al. Stimulus arousal drives amygdalar responses to emotional expressions across sensory modalities. Sci. Rep. 2020;10(1):1898. DOI: 10.1038/s41598-020-58839-1
- Ho M.W.-R., Chien S.H.-L., Lu M.-K., Chen J.-Ch. et al. Impairments in face discrimination and emotion recognition are related to aging and cognitive dysfunctions in Parkinson's disease with dementia. Sci. Rep. 2020;10(1):4367. DOI: 10.1038/s41598-020-61310-w
- Heilman K.M., Nadeau S.E. Emotional and neuropsychiatric disorders associated with Alzheimer's disease. Neurotherapeutics. 2022;19(1):99–116. DOI: 10.1007/s13311-021-01172-w
- Bono A.D., Twaite J.T., Krich D., McCabe D.L. et al. Mood and emotional disorders associated with parkinsonism, Huntington disease, and other movement disorders. Handb. Clin. Neurol. 2021;183:175–96. DOI: 10.1016/B978-0-12-822290-4.00015-3
- Donaghy P.C., Barnett N., Olsen K., Taylor J.-P. et al. Symptoms associated with Lewy body disease in mild cognitive impairment. Int. J. Geriatr. Psychiatry. 2017;32(11):1163–71. DOI: 10.1002/gps.4742
- Liu S., Ma R., Luo Ya., Liu P. et al. Facial expression recognition and ReHo analysis in major depressive disorder. Front. Psychol. 2021;12:688376. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.688376
- Grabowski K., Rynkiewicz A., Lassalle A., Baron-Cohen S. et al. Emotional expression in psychiatric conditions: New technology for clinicians. Psychiatry Clin. Neurosci. 2019;73(2):50–62. Epub. 2018 Dec. 25. DOI: 10.1111/pcn.12799
- Jiang Z., Harati S., Crowell A., Mayberg H.S. et al. Classifying major depressive disorder and response to deep brain stimulation over time by analyzing facial expressions. IEEE Trans. Biomed. Eng. 2021;68(2):664–72. DOI: 10.1109/TBME.2020.3010472
- Хомченкова А.А., Прокопенко С.В., Исмаилова С.Б. Клинические аспекты гипомимии при болезни Паркинсона. Неврологический вестник. 2022;LTV(1):45–53. Khomchenkova A.A., Prokopenko S.V., Ismailova S.B. Clinical aspects of hypomimia in Parkinson's disease. Neurology Bulletin. 2022;LTV(1):45–53. (in Russian). DOI: 10.17816/nb89531
- Moreira H.S., Costa A.S., Machado A., Castro S.L. et al. Impaired recognition of facial and vocal emotions in mild cognitive impairment. J. Int. Neuropsychol. Soc. 2022;28(1):48–61. Epub. 2021 Mar. 4. DOI: 10.1017/S135561772100014X
- Jiskoot L.C., Poos J.M., Vollebergh M.E., Franzen S. et al. Emotion recognition of morphed facial expressions in presymptomatic and symptomatic frontotemporal dementia, and Alzheimer's dementia. J. Neurol. 2021;268(1):102–13. Epub. 2020 Jul. 29. DOI: 10.1007/s00415-020-10096-y
- Chen L.-Yu., Tsai T.-H., Ho A., Li Ch.-H. et al. Predicting neuropsychiatric symptoms of persons with dementia in a day care center using a facial expression recognition system. Aging (Albany NY). 2022;14(3):1280–91. DOI: 10.18632/aging.203869
- Chen K.-H., Lwi S.J., Hua A.Y., Haase C.M. et al. Increased subjective experience of non-target emotions in patients with frontotemporal dementia and Alzheimer's disease. Curr. Opin. Behav. Sci. 2017;15:77–84. DOI: 10.1016/j.cobeha.2017.05.017
- Haque R.U., Manzanares C.M., Brown L.N., Pongos A.L. et al. VisMET: a passive, efficient, and sensitive assessment of visuospatial memory in healthy aging, mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease. Learn. Mem. 2019;26(3):93–100. DOI: 10.1101/lm.048124.118
- Haque R.U., Pongos A.L., Manzanares C.M., Lah J.J. et al. Deep convolutional neural networks and transfer learning for measuring cognitive impairment using eye-tracking in a distributed tablet-based environment. IEEE Trans. Biomed. Eng. 2021;68(1):11–8. Epub. 2020 Dec. 21. DOI: 10.1109/TBME.2020.2990734
- Mollahosseini A., Hasani B., Mahoor M.H. AffectNet: a database for facial expression, valence, and arousal computing in the wild. IEEE Trans. Affect. Comput. 2017;10(1):18–31. DOI: 10.1109/TAFFC.2017.2740923
- Jiang Z., Seyed S., Haque R.U., Pongos A.L. et al. Automated analysis of facial emotions in subjects with cognitive impairment. PLoS One. 2022;17(1):e0262527. DOI: 10.1371/journal.pone.0262527
- Gerłowska J., Dmitruk K., Rejdak K. Facial emotion mimicry in older adults with and without cognitive impairments due to Alzheimer's disease. AIMS Neurosci. 2021;8(2):226–38. DOI: 10.3934/Neuroscience.2021012
- Ma H.-I., Gunnery S.D., Stevenson M.T., Saint-Hilaire M. et al. Experienced facial masking indirectly compromises quality of life through stigmatization of women and men with Parkinson's disease. Stigma Health. 2019;4(4):462–72. DOI: 10.1037/sah0000168
- Zarbakhs P., Demirel H. Low-rank sparse coding and region of interest pooling for dynamic 3D facial expression recognition. Signal Image Video Process. 2018;12(5):1611–8. DOI: 10.1007/s11760-018-1318-5
- Liu Yi., Wang Z., Yu G. The effectiveness of facial expression recognition in detecting emotional responses to sound interventions in older adults with dementia. Front. Psychol. 2021;12:707809. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.707809
- Borgomaneri S., Bolloni C., Sessa P., Avenanti A. Blocking facial mimicry affects recognition of facial and body expressions. PLoS One. 2020;15(2):e0229364. DOI: 10.1371/journal.pone.0229364
- Perusquia-Hernández M., Ayabe-Kanamura S., Suzuki K. Human perception and biosignal-based identification of posed and spontaneous smiles. PLoS One. 2019;14(12):e0226328. DOI: 10.1371/journal.pone.0226328
- Розалиев В.Л., Заболеева-Зотова А.В., Орлова Ю.А., Гусынин О.С. и др. Определение эмоционального состояния человека: анализ направлений и возможностей комплексного использования инструментальных методов. Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2018;2(42):162–72. Rozaliev V.L., Zaboloeva-Zotova A.V., Orlova Yu.A., Gusynin O.S. et al. Determination of emotional state of human: analysis of directions and possibilities of complex use of instrumental methods. Caspian Journal: Control and High Technologies. 2018;2(42):162–72. (in Russian).
- Patel S., Oishi K., Wright A., Sutherland-Foggio H. et al. Right hemisphere regions critical for expression of emotion through prosody. Front. Neurol. 2018;6(9):224. DOI: 10.3389/fneur.2018.00224
- Bastiaansen M., Oosterholt M., Mitas O., Han D. et al. An emotional roller coaster: electrophysiological evidence of emotional engagement during a roller-coaster ride with virtual reality add-on. J. Hospitality Tourism Res. 2022; 46(1):29–54. Epub. 2020 Jul. 29. DOI: 10.1177/1096348020944436

Поступила / Received: 23.05.2023

Принята к публикации / Accepted: 14.11.2023