

К.В. Бабак¹, Л.П. Фоменко¹, А.Н. Фоменко¹, В.Э. Фрайфельд²

ВИЗУАЛЬНЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ МЕНТАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ В ПОЖИЛОМ ВОЗРАСТЕ*

¹ ООО «Вечная молодость», 191187, Санкт-Петербург, ул. Чайковского, 1, e-mail: k.babak@ivao.com;

² Негевский университет им. Бен-Гуриона, 8410501, Беэр-Шева, Израиль

В последние годы накоплены данные, свидетельствующие о том, что определенные визуальные и акустические воздействия могут обладать геропротекторным потенциалом. К ним относятся яркий свет, белый шум, а также ритмическая сенсорная стимулация (мерцающий свет, бинауральные ритмы) и др. Их эффективность в качестве альтернативного или дополнительного метода коррекции была показана при нарушениях когнитивных функций, настроения, сна и хронических болях — патологических состояниях, характерных для людей пожилого возраста, как практически здоровых, так и с возрастной патологией. Следует отметить, что визуальные и акустические воздействия, как правило, просты в применении, безопасны, практически не вызывают нежелательных побочных эффектов и не требуют специального медицинского контроля. В данном обзоре рассмотрены работы, посвященные использованию визуальных и акустических воздействий для улучшения ментального здоровья с акцентом на пожилой возраст и возрастзависимую патологию. Обсуждаются возможные механизмы их терапевтического действия, а также направления для будущих исследований.

Ключевые слова: свет, звук, старение, ментальные расстройства, хроническая боль

Старение является наиболее существенным фактором риска для развития главных дегенеративных болезней человека [1, 13]. В результате, более 60% людей старше 65 лет страдают от одного или нескольких хронических заболеваний [20]. Ожидается, что население 60+ вырастет в мире с 12% в 2015 г. до 22% к 2050 г. К этому времени каждый шестой на планете будет 65+, и общее число пожилых достигнет 1,5 млрд [70]. В целом это представляет собой большую биомедицинскую проблему. Возрастные заболевания являются, по существу, основным фактором, ограничивающим качество жизни и долголетие.

С этой точки зрения не следует игнорировать ни один подход в борьбе со старением и связанными с ним патологиями. Эффекты омоложения и продления жизни были продемонстрированы для ряда фармакологических препаратов и биологически активных веществ природного происхождения [4, 11, 46], физической активности и различных режимов питания (прежде всего, ограничение энергетической ценности питания) и ряда физических факторов [22, 62]. В последние годы внимание исследователей привлекли неинвазивные визуальные и акустические воздействия, которые, как оказалось, могут обладать геропротекторным потенциалом. В частности, их эффективность в качестве альтернативного или дополнительного метода коррекции была показана при нарушениях когнитивных функций, настроения, сна и хронических болях — патологических состояниях, характерных для людей пожилого возраста [3].

Цель данного обзора — оценка терапевтического потенциала визуальных и акустических воздействий для улучшения ментального здоровья в пожилом возрасте, обсуждение возможных механизмов их терапевтического действия, а также направлений для будущих исследований в этой области.

Методические подходы к поиску и отбору статей для анализа

Критериями отбора и включения в анализ были статьи из PubMed и Google Scholar, содержащие данные по визуальным и акустическим воздействиям на ментальный статус человека или животных, с четкой информацией о параметрах воздействия, объекте (пол, возраст, состояние здоровья) и адекватной статистической обработкой результатов.

* Работа выполнена при финансовой поддержке ООО «Вечная молодость».

Особое внимание уделяли работам, в которых рассматривался возрастной аспект. Статьи с результатами исследований на людях молодого и среднего возраста включали в том случае, если они содержали информацию, которая могла оказаться полезной для возможной клинической оценки у пожилых людей. Поиск статей проводили вплоть до середины февраля 2022 г. с использованием соответствующих ключевых слов. Виды воздействий, описание тестируемых групп и корректируемой патологии приведены в табл. 1.

Коррекция когнитивных функций

Нарушение когнитивных функций относится к наиболее распространенным ментальным расстройствам у пожилых людей, которые отрицательно сказываются на здоровье и качестве жизни. Снижение кратковременной памяти, трудности с поиском слов, снижение скорости обработки сигналов являются частыми проявлениями процесса старения и возрастзависимых нейродегенеративных заболеваний [30]. В последнее время терапию мерцающим светом, самостоятельную

Таблица 1

Визуальные и акустические воздействия, используемые для коррекции ментальных расстройств и хронической боли

Воздействие	Объект исследования, возраст	Библиографическая ссылка на источник
<i>Коррекция когнитивных функций</i>		
Мерцающий свет 40 Гц + + пульсирующий звук 40 Гц	<i>n</i> =10, пациенты 61–80 лет (средний возраст 72±8,2 года) с легкими когнитивными нарушениями (5 мужчин, 5 женщин)	[29]
Мерцающий свет + звук (4–12 Гц)	<i>n</i> =40, здоровые люди 18–45 лет (22 мужчины, 18 женщин), средний возраст 25,6±5,2 года	[63]
Бинауральные ритмы (14 Гц)	<i>n</i> =14, пациенты с болезнью Паркинсона (6 мужчин, 8 женщин), средний возраст 62,0±6,1 года	[24]
Акустический белый шум	<i>n</i> =80, здоровые женщины, средний возраст 21,2±4,3 года	[8]
<i>Коррекция депрессивных состояний</i>		
Светотерапия (яркий белый свет) 3 000 люкс	<i>n</i> =30, женщины с сезонным депрессивным расстройством, средний возраст 23±5 лет	[55]
5 000 люкс	<i>n</i> =121, пациенты 25–60 лет с симптомами хронической боли и депрессии (46 мужчин, 75 женщин)	[37]
10 000 люкс	<i>n</i> =122, пациенты 19–60 лет (средний возраст 36,8±11,2 года) с большим депрессивным расстройством (98 женщин и 24 мужчины)	[36]
<i>Коррекция нарушений сна</i>		
Светотерапия (яркий белый свет) 2 500 люкс	<i>n</i> =30, пациенты с бессонницей (4 мужчины, 6 женщин; средний возраст 74,2 года); две возрастные группы здоровых людей (5 мужчин, 5 женщин, средний возраст 72,7 года, и 10 мужчин, средний возраст 20,9 года)	[45]
2 500 люкс	<i>n</i> =92, люди с подозрением на болезнь Альцгеймера (29 мужчин, 63 женщины), средний возраст 82,3±7,6 года	[6]
2 500 люкс	<i>n</i> =66, пациенты с деменцией (35 мужчин и 31 женщина), средний возраст 79 лет	[58]
3 000 люкс	<i>n</i> =27, пациенты с деменцией альцгеймеровского типа (11 мужчин, 16 женщин), средний возраст 79,9 года	[71]
5 000–8 000 люкс	<i>n</i> =22, пациенты с сосудистой деменцией (5 мужчин, 7 женщин, средний возраст 81 год) и пациенты с деменцией альцгеймеровского типа (4 мужчины, 6 женщин, средний возраст 78 лет)	[44]
6 000–8 000 люкс	<i>n</i> =11, пациенты с умеренными нарушениями сна (1 мужчина, 10 женщин), средний возраст 86,1±8,9 года	[19]
Мерцающий свет (2–10 Гц)	<i>n</i> =16, пациенты 60 лет и старше с остеоартритом (1 мужчина, 15 женщин)	[61]

Окончание табл. I

Воздействие	Объект исследования, возраст	Библиографическая ссылка на источник
Коррекция хронической боли		
Светотерапия (яркий белый свет, 5 000 люкс)	<i>n</i> =121, пациенты 25–60 лет с симптомами хронической боли и депрессии (46 мужчин, 75 женщин)	[37]
Мерцающий свет (8–12 Гц)	<i>n</i> =64, здоровые люди (33 мужчины, 31 женщина), средний возраст 24,6±8,2 года. Кратковременное раздражение кожи локальным лазерным импульсом	[17]
Мерцающий свет (8–12 Гц)	<i>n</i> =32, здоровые люди (17 мужчин, 15 женщин), средний возраст 25,8±8,6 года. Кратковременное раздражение кожи локальным лазерным импульсом	[18]
Мерцающий свет (10 Гц)	<i>n</i> =20, пациенты с хронической скелетно-мышечной болью (7 мужчин, 13 женщин), средний возраст 43,5±16,8 года	[9]
Визуальные стимулы (изображения природы)	<i>n</i> =109, здоровые люди (53 мужчины, 56 женщин), средний возраст 21,5±4,8 года	[66]
Визуальные стимулы (изображения природы)	<i>n</i> =46, здоровые люди 19–27 лет (14 мужчин, 32 женщины), средний возраст 21,7±1,6 года	[64]

или в сочетании с ритмическими звуками либо бинауральными ритмами, применяли для улучшения когнитивной функции у пожилых [24, 29]. Возможные механизмы терапевтического действия визуальных и акустических воздействий рассмотрены также далее в подразделе «Исследование ритмической сенсорной стимуляции в эксперименте».

В частности, стимуляция звуком и мерцающим светом с частотой 40 Гц в течение 4–8 нед вызывала повышение нейронной гамма-активности и улучшение функциональных связей между некоторыми областями мозга (задней поясной корой, *posterior cingulate cortex*, и предклиньем, *precuneus*) у пожилых пациентов с легкими когнитивными нарушениями [29]. Кроме того, эта терапия вызывала снижение уровня провоспалительных цитокинов мозга, принимающих участие в активации астроцитов и микроглии. В другом исследовании на молодых добровольцах сообщалось, что стимуляция мерцающим светом и синхронизированными с ним звуковыми пульсирующими тонами с частотой 4–12 Гц может улучшать память, ассоциативное обучение и внимание [63].

Бинауральные ритмы являются альтернативным подходом ритмической сенсорной стимуляции. Бинауральный ритм возникает, когда две звуковые волны с небольшой разницей в частоте (не более 35 Гц) подаются отдельно в каждое ухо через наушники. Например, если в левое ухо подается частота в 154 Гц, а в правое ухо — 168 Гц, то в мозге возникает иллюзия бинаурального ритма с частотой 14 Гц. Другими словами, бинауральный ритм — это «воображаемый» звук, равный разнице между двумя подаваемыми частотами.

Генерация бинауральных ритмов позволяет избежать нежелательных эффектов инфразвука, вызывающих психологический дискомфорт, вплоть до соматических нарушений [10]. Для достижения бинаурального эффекта звуковые волны должны находиться в диапазоне частот 90–1 000 Гц [54]. Так, прослушивание бинауральных ритмов с частотой 14 Гц (168–154=14) оказывало нормализующий эффект на рабочую память у пациентов с болезнью Паркинсона [24].

Внимание — важный компонент когнитивной деятельности, процесс выбора, который помогает нам сфокусироваться на определенных аспектах окружающего мира, отбрасывая другие [59]. Неудивительно, что люди часто стараются избежать или, по крайней мере, снизить уровень внешнего шума как фактора, мешающего вниманию и умственной деятельности. Однако в действительности все гораздо сложнее [50]. Например, шум водопада или дождя (так называемый «белый шум») может оказывать ясный терапевтический эффект. Действительно, было показано, что белый шум усиливает внимание, улучшает обучение и память у молодых здоровых людей [8, 52]. Механизм такого парадоксального улучшения предположительно связан с феноменом «стохастического резонанса», при котором обработка сигнала усиливается за счет наложения случайного шума [8]. Анализ данных функциональной МРТ показал, что слуховой белый шум усиливает фазовое высвобождение дофамина с последующим усилением функциональных связей между областями среднего мозга и верхней височной бороздой (*superior temporal sulcus*), тесно связанных с вни-

манием [52]. Считается, что возрастные изменения в лимбической системе причинно связаны с нарушениями памяти, типичными при старении мозга и возрастной нейродегенерации. Авторы предположили, что в этом случае белый шум может быть особенно эффективен.

Таким образом, стимуляция мерцающим светом, бинауральные ритмы и белый шум могут оказаться полезными для коррекции по крайней мере некоторых когнитивных нарушений. Следует отметить, что ни в одной из рассмотренных работ не наблюдали побочных отрицательных эффектов. К сожалению, отсутствуют данные по отдаленным эффектам этих воздействий, а также их возможного сочетания с фармакологической коррекцией. Для окончательной оценки их терапевтического потенциала требуются дальнейшие исследования, особенно на лицах пожилого возраста.

Коррекция депрессивных состояний

Наряду с отклонениями в когнитивной сфере, пожилые люди нередко страдают различными формами депрессии, из которых большое депрессивное расстройство (БДР) является наиболее тяжелым психическим нарушением, частота которого увеличивается с возрастом. Считается, что патогенез БДР связан с хроническим воспалением [51] — одним из характерных признаков старения [40]. Неудивительно, что депрессия связана со многими возрастными заболеваниями, включая диабет 2-го типа, ИБС, нейродегенерацию и рак [53].

БДР не только увеличивает риск развития возрастной патологии, но и усугубляет ее проявление. В результате, у пожилых людей БДР часто сопровождается увеличением соматических расстройств, инвалидности и смертности. Несмотря на успехи в лечении БДР, примерно $1/3$ пациентов не реагируют адекватно на конвенциональную антидепрессантную терапию [53]. Кроме того, антидепрессанты могут оказывать нежелательное побочное действие на сердечно-сосудистую, цереброваскулярную, нейроэндокринную, иммунную системы и метаболизм. Отрицательное влияние антидепрессантов может оказаться особо значимым для пожилых людей.

Хорошо известно, что продолжительность светового дня существенно влияет на настроение — его сокращение может вызывать ментальные нарушения вплоть до депрессии. Это явление весьма распространено в северных широтах, например в скандинавских странах. С другой стороны, накоплено много данных, свидетельствующих о том, что

яркий свет способен положительно влиять на больных с депрессией, особенно в пожилом возрасте [67]. Хотя точные механизмы терапевтического эффекта яркого света остаются до конца не изученными, существующие наблюдения убедительно показывают, что стимуляция ярким светом может корректировать расстройства циркадных ритмов, которые, как известно, играют роль в патофизиологии БДР [67].

Стимуляция ярким светом по 30 мин в день в течение 8 нед у пациентов с депрессией оказала ясный терапевтический эффект. Этот эффект прослеживался как в случае использования яркого света в качестве монотерапии, так и в сочетании с антидепрессантом Флуоксетином [36]. В другом исследовании [37] световую терапию применяли в дополнение к медикаментозному лечению у пациентов, страдающих хронической неспецифической болью в спине и связанной с ней депрессией. Это привело к существенному анальгетическому и антидепрессивному эффекту. Следует отметить, что, согласно полученным данным, терапия ярким светом в диапазоне 3 000–10 000 люкс (см. табл. 1) является безопасным и хорошо переносимым воздействием, которое может быть использовано самостоятельно или в сочетании с антидепрессантами. Небольшое число исследований не позволяет, однако, сделать строгих выводов относительно оптимальной интенсивности и длительности световой стимуляции, особенно у людей старшего возраста.

Коррекция нарушений сна

Пожилые люди зачастую страдают расстройствами сна вплоть до бессонницы [38]. С возрастом сон становится более фрагментированным и поверхностным, пожилые люди испытывают трудности с засыпанием, страдают от дневной сонливости, их ночной сон становится короче [38]. Нарушения сна способствуют накоплению β -амилоида, могут быть одними из ранних биомаркеров деменции [41] и прогрессируют с тяжестью болезни Альцгеймера [39]. Таким образом, коррекция нарушений сна может не только улучшить качество жизни в пожилом возрасте, но и повысить когнитивные функции, а также предотвратить их ухудшение при болезни Альцгеймера.

Световая и звуковая терапия с помощью модуляции электрической активности мозга способна корректировать расстройства сна. В частности, воздействие мерцающим светом медленной дельта-частоты, синхронизированным с бинауральными ритмами, подавляло чрезмерное возбуждение коры

головного мозга, наблюдаемое у пожилых людей с остеоартрозом, страдающих хронической бессонницей [61]. Такое лечение приводило к быстрому снижению бета- и гамма-активности мозга и сопутствующему увеличению мощности дельта-частот [61].

Воздействие ярким светом в диапазоне 2 500–8 000 люкс в течение 2–4 нед существенно улучшало характеристики сна у пожилых пациентов с болезнью Альцгеймера или сосудистой деменцией (см. табл. 1) [21]. Терапевтический эффект яркого света наблюдали при его применении в различное время суток — утром [6, 19, 44, 45, 58, 71], в дневное время [45], вечером [6] или в течение всего дня [58]. Тем не менее, применение яркого света в вечернее время дало противоречивые результаты и остается предметом дискуссий. В отличие от работы S. Ancoli-Israel и соавт. [6], два других исследования показали, что дополнительное освещение в вечернее время может, скорее, отсрочить время наступления сна [33] или уменьшить его продолжительность [68].

Для старения характерно нарушение циркадных ритмов [7, 57]. Неспособность синхронизировать циркадные ритмы представляет риск развития возрастной патологии, включая болезнь Альцгеймера [34], болезнь Паркинсона [57] и рак [2]. Терапия ярким светом может быть эффективным инструментом для восстановления циркадных ритмов и, таким образом, может рассматриваться в качестве фактора, замедляющего старение. Одним из основных участников в синхронизации циркадных ритмов и их адаптации к световым циклам является мелатонин. Этот гормон вырабатывается шишковидной железой, и его секреция увеличивается при снижении уровня освещенности. Существенное снижение продукции мелатонина происходит в пожилом возрасте, и это снижение может в значительной степени способствовать развитию патологических состояний, связанных с нарушением циркадных ритмов, вплоть до бессонницы, снижения настроения, депрессии, изменения когнитивных функций и др. [7]. На крысиной модели болезни Альцгеймера было показано, что мелатонин снижает уровень β -амилоида в мозгу и улучшает память [56]. Интересно, что терапия ярким светом в дневное время может парадоксально усиливать биосинтез мелатонина в ночное время. Это происходит за счет увеличения его предшественника серотонина. Действительно, сообщалось о повышении уровня этого нейротрансмиттера после воздействия яркого света [14, 55] с последую-

щим увеличением уровня ночного мелатонина [45]. Хотя триптофан является предшественником серотонина [35], было отмечено, что увеличение ночного мелатонина, вызванное воздействием яркого света днем, не зависит от уровня триптофана [23]. Облучение ярким светом снижало сезонные расстройства настроения даже при остром истощении запасов триптофана [55].

Таким образом, проведенные исследования показали эффективность светотерапии для коррекции нарушений сна преимущественно у людей пожилого возраста с признаками деменции сосудистого или альцгеймеровского типа. Однако остается недостаточно выясненным влияние визуальной стимуляции на относительно здоровых пожилых пациентов с хроническими нарушениями сна.

Коррекция хронической боли

Хроническая боль — нередкое явление в пожилом возрасте, которое часто сочетается с расстройствами настроения и нарушениями сна [69]. Наиболее распространенными патологиями у пожилых людей, которые сопровождаются болевыми симптомами, являются остеоартрит и остеоартроз, хроническая боль в пояснице (chronic low back pain), периферическая нейропатия, вызванная сахарным диабетом 2-го типа, и др. Возраст и старение как таковые могут влиять на восприятие и ощущение боли [26].

Стимуляция ярким светом показала свою эффективность в качестве анальгетической терапии (см. табл. 1). Эффект белого света мощностью 5 000 люкс на взрослых пациентах с хронической неспецифической болью в спине уже обсуждался в подразделе, посвященном коррекции депрессивных расстройств. Как упоминалось ранее, световая терапия значительно снижала симптомы как боли, так и депрессии [37].

Другим многообещающим подходом является терапия мерцающим светом и бинауральными ритмами. Было показано, что интенсивность боли напрямую связана с мощностью альфа-ритмов (8–13 Гц) головного мозга. Соответственно, высокий уровень альфа-активности был сопряжен с обезболивающим эффектом, в то время как подавление этих ритмов сопровождалось усилением боли. Эти результаты привели к идеи, согласно которой повышение мощности альфа-волн может обладать анальгетическим эффектом [32]. Действительно, стимуляция мерцающим светом или бинауральными ритмами в диапазоне альфа-частот головного мозга значительно снижала ин-

тенсивность боли, вызванной кратковременным раздражением кожи локальным лазерным импульсом [17]. Наиболее выраженный обезболивающий эффект достигался после стимуляции с частотой 10 Гц. Интересно, что, в отличие от терапии ярким светом, стимуляция с частотой 10 Гц уменьшала боль, но не улучшала настроение [17]. Впоследствии авторы обнаружили, что снижение ноцицептивной обработки болевых сигналов связано с увеличением мощности альфа-ритмов в предклине (*precuneus*) и задней поясной коре (*posterior cingulate cortex*) [18]. Даже при кратковременной световой стимуляции (4 мин, 10 Гц) у пациентов молодого и среднего возраста с хронической костно-мышечной болью (фибромиалгия, остеоартрит, боль в пояснице) примерно в половине случаев наблюдали положительный терапевтический эффект [9].

К визуальной терапии относится и демонстрация природных ландшафтов (см. табл. 1). Было показано, что такое воздействие обладает анальгетическим эффектом [64, 66]. Здоровые студенты подвергались кратковременной боли, вызванной низкой температурой [66] или сдавливанием руки [64]. Просмотр природных пейзажей способствовал повышению болевого порога и толерантности к боли с последующим ее уменьшением. Дальнейшие исследования показали, что отдельные компоненты изображений природы (объекты, цвет, контраст, яркость, композиция и так далее) могут по-разному модулировать активность различных областей мозга [12]. В частности, природные изображения могут вызывать снижение активности миндалевидного тела и зрительной коры, что в свою очередь приводит к повышению активности парасимпатической нервной системы и способствует обезболиванию.

В отличие от визуальной стимуляции при нарушениях сна, ее применение в качестве возможного терапевтического средства при хронической боли было испытано преимущественно на практически здоровых людях молодого и среднего возрас-

та с кратковременными болевыми раздражениями. Для суждения о потенциальном анальгетическом эффекте визуальной стимуляции при хронической боли и особенно у людей пожилого возраста необходимы дальнейшие исследования.

Исследование ритмической сенсорной стимуляции в эксперименте

Нейроны постоянно генерируют электрические сигналы. Синхронная электрическая активность большого количества нейронов вызывает электромагнитные колебания в широком диапазоне частот, которые могут быть зарегистрированы с помощью ЭЭГ [43] (табл. 2). В любой момент времени есть «доминантные» частоты, которые преобладают над другими. Важным моментом является то, что эти преобладающие ритмы связаны с определенными физиологическими состояниями, описанными в табл. 2: чем ниже частоты, тем ниже функциональная активность мозга, и наоборот.

Важным моментом является способность мозга изменять свою электрическую активность в ответ на внешнюю стимуляцию. В физиологических пределах ритм волн мозга может быть синхронизирован с ритмом внешнего стимула — явление, получившее название «осцилляторный захват» («oscillatory entrainment») [28]. Эту способность мозга использовали при ритмической сенсорной стимуляции в эксперименте для коррекции различных патологических состояний мозга. Установлено, что при разных патологиях мозга, включая возрастные, происходит нарушение его электрической активности. Например, у здоровых людей при ходьбе снижается активность бета-частот, в отличие от пациентов с болезнью Паркинсона, у которых соответствующие нейроны «замерзают» в режиме высокой бета-активности [49]. Снижение мощности в другом частотном диапазоне (гамма-ритмы) было обнаружено при болезни Альцгеймера [27].

Важность гамма-ритмов была продемонстрирована и на мышиных моделях болезни

Таблица 2

Диапазоны частот электрической активности мозга и их характеристики (адаптировано [43])

Название ритма	Диапазон частот, Гц	Физиологическое состояние
Дельта	1–4	Сон, глубокое бессознательное состояние
Тета	4–8	Бессознательное, медитативное состояние
Альфа	8–13	Бодрствование при отдыхе с закрытыми глазами, расслабленное состояние
Бета	13–32	Бодрствование, концентрация, бдительность
Гамма	32–100	Обучение, когнитивная обработка, решение задач

Альцгеймера [48, 65]. С помощью стимуляции интернейронов в области CA1 гиппокампа у мышей 5XFAD/PV-Cre, H. Iaccarino и соавт. (2016) показали критическую значимость гамма-колебаний частотой 40 Гц [31]. Именно стимуляция частотой 40 Гц (но не другими частотами) снижала уровень двух изоформ β -амилоида в гиппокампе, А β 1-40 и А β 1-42. Аналогичный эффект мерцающего света с частотой 40 Гц наблюдали и в зрительной коре при неинвазивном воздействии у мышей с нейродегенеративными нарушениями [42]. Впоследствии визуальную, аудио- или аудиовизуальную стимуляцию с частотой 40 Гц применяли для изучения терапевтических эффектов ритмической сенсорной стимуляции в нескольких фундаментальных исследованиях на мышиных моделях.

Визуальная стимуляция с частотой 40 Гц увеличивала мощность гамма-ритмов в гиппокампе, а также в префронтальной и зрительной коре у мышей Tau P301S и CK-p25 (модели болезни Альцгеймера). Такая стимуляция (1 ч в день) в течение 3 и 6 нед улучшала синаптическую функцию, увеличивала экспрессию и фосфорилирование таубелка, снижала повреждение ДНК в нейронах и воспалительную реакцию в микроглии, а также предотвращала гибель NeuN-позитивных клеток в V1, SS1, CA1 и СС областях мозга. Благодаря нейропротекторным эффектам мерцающего света, в этих областях мозга сохранялась плотность нейронов и синапсов [5]. В недавнем исследовании на нормальных самцах мышей C57BL/J6 воздействие мерцающего света с частотой 40 Гц в течение 1 ч приводило к активации сигнальных путей, связанных с NF-кВ и МАРК, и к увеличению экспрессии нескольких цитокинов в головном мозгу [25]. Другими словами, мерцающий свет оказывал выраженный нейроиммуномодулирующий эффект. Следует отметить, что этот эффект отличался от эффекта острого воспаления, вызванного липополисахаридом.

Интересно, что относительно короткая (в течение 1 нед) стимуляция не влияла на поведение молодых мышей C57BL/6J дикого типа, тогда как более длительное воздействие в течение 5 нед оказывало ясный анксиолитический эффект и улучшало пространственное обучение (но не память) у 17-месячных стареющих мышей. В отличие от нормальных мышей, стимуляция мерцающим светом с частотой 40 Гц у мышей с нейродегенеративными изменениями улучшала также и пространственную память. В целом эти результаты показывают, что стиму-

ляция мерцающим светом оказывает благотворное влияние на поведенческие характеристики как при старении, так и при нейродегенерации.

Эффекты сенсорной ритмической стимуляции были подробно изучены в работах [31, 42]. В то время как внешняя стимуляция мерцающим светом с частотой 40 Гц усиливала гамма-ритмы в зрительной коре, звуковая стимуляция с той же частотой повышала активность нейронов в других регионах мозга мышей — слуховой коре и CA1 области гиппокампа. Примечательно, что сочетанная слуховая и зрительная стимуляция, в дополнение к зрительной коре и гиппокампу, активировала также медиальную префронтальную кору. По всей видимости, наблюдаемое снижение уровня β -амилоида в различных областях мозга зависит от типа стимуляции: мерцающий свет с частотой 40 Гц действует на зрительную кору, звуковая стимуляция влияет на слуховую кору и гиппокамп, а комбинированная стимуляция светом и звуком с частотой 40 Гц действует на три области коры (зрительную, слуховую и медиальную префронтальную) и гиппокамп. Таким образом, показанное в эксперименте снижение воспаления и уровня β -амилоида в результате сенсорной ритмической стимуляции с частотой 40 Гц свидетельствует об улучшении биомаркеров старения.

Тем не менее, использование такой ритмической аудиовизуальной терапии с частотой 40 Гц в клинической практике наталкивается на трудности из-за явного дискомфорта пациентов, связанного со стробоскопической сенсорной стимуляцией. Чтобы решить эту проблему, M.S. Carstensen и соавт. предложили использовать невидимое спектральное мерцание с частотой 40 Гц [15, 16]. В отличие от классической мерцающей лампы, где свет загорается и гаснет, в их устройстве используется два набора светодиодов, которые работают попеременно, создавая иллюзию постоянного белого света. Тем не менее, частота мерцания каждого набора и, таким образом, световой стимуляции в целом соответствует 40 Гц. Вместо привычного чередования белый—черный, испытуемый видит белый—белый. В своем предварительном экспериментальном исследовании, о котором недавно сообщалось на конференциях SPIE BiOS [15, 16], авторы показали, что такая стимуляция способна вызывать гамма-колебания в различных областях мозга с явным терапевтическим эффектом. В настоящее время этот подход проходит клинические испытания [60].

Заключение

Медикаментозное лечение у пожилых людей нередко наталкивается на нежелательные, а то и трудно предсказуемые побочные эффекты. Поэтому поиск простых и безопасных методов коррекции возрастных отклонений, а также возрастной патологии является чрезвычайно актуальным. К таким методам можно отнести визуальную и акустическую стимуляцию, которая практически не вызывает побочных эффектов и в силу этого, а также простоты использования не требует специального медицинского контроля.

Действительно, побочные эффекты не наблюдали ни у молодых, ни у пожилых людей. Тем не менее, эти выводы требуют дальнейшей проверки, так как долговременные наблюдения проводились в единичных исследованиях.

Визуальная и акустическая терапия, самостоятельно или в сочетании с конвенциональными подходами, хорошо себя зарекомендовала при коррекции ментальных расстройств, включая когнитивные нарушения, депрессивные состояния, нарушения сна, хроническую боль, связанные со старением и возрастной патологией (болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона). Мы полагаем, что геропротекторный потенциал этих простых неинвазивных воздействий до сих пор остается в значительной степени недооцененным. Действительно, эффекты аудиовизуальных воздействий во многом отвечают критериям потенциальных геропротекторов, описанных в работе А. Москалев и соавт. и в книге А.Н. Фоменко и соавт.

К основным критериям потенциальных геропротекторов относятся: 1) увеличение продолжительности жизни; 2) улучшение биомаркеров старения; 3) относительная безопасность и слабые побочные эффекты; 4) улучшение качества жизни (умственной и физической активности, памяти, снижения уровня метаболизма, в некоторых случаях антидепрессантное действие) [4, 47]. За исключением первого критерия, данные по которому, к сожалению, отсутствуют, большинство остальных критериев в той или иной степени соответствует эффектам визуальных и акустических воздействий, описанных выше. Как было показано, они способны улучшать качество жизни и, в частности, когнитивные функции, память и обладают определённым антидепрессантным свойством. У них, по сути, нет вредных или каких-либо других побочных эффектов.

В некоторых случаях можно говорить об улучшении биомаркеров старения (см. подразделы

«Исследование ритмической сенсорной стимуляции в эксперименте» и «Коррекция когнитивных функций»). Особенно перспективным направлением представляется исследование ритмической сенсорной стимуляции. К сожалению, долговременные наблюдения эффектов визуальной и акустической терапии не проводились, и они остаются предметом изучения для будущих исследований.

Авторы выражают благодарность анонимным рецензентам, чьи комментарии позволили существенно улучшить качество статьи.

Конфликт интересов отсутствует.

Литература

1. Дильман В.М. Четыре модели медицины. Л.: Медицина, 1987.
2. Панченко А.В., Губарева Е.А., Анисимов В.Н. Роль циркадных ритмов и «клеточных часов» в старении и развитии онкологических заболеваний // Успехи геронтол. 2016. № 1. С. 30–38.
3. Фоменко А.Н., Баранова А., Митницкий А. и др. Биомаркеры старения человека. СПб.: Европейский дом, 2016.
4. Фоменко А.Н., Прошкина Е.Н., Фединцев А.Ю. и др. Потенциальные геропротекторы. СПб.: Европейский дом, 2016.
5. Adaikkan C., Middleton S.J., Marco A. et al. Gamma Entrainment Binds Higher-Order Brain Regions and Offers Neuroprotection // Neuron. 2019. Vol. 102, № 5. P. 929–943. e8. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.04.011>
6. Ancoli-Israel S., Gehrman P., Martin J.L. et al. Increased light exposure consolidates sleep and strengthens circadian rhythms in severe Alzheimer's disease patients // Behav. Sleep. Med. 2003. Vol. 1, № 1. P. 22–36. https://doi.org/10.1207/S15402010BSM0101_4
7. Anghel L., Baroiu L., Popazu C.R. et al. Benefits and adverse events of melatonin use in the elderly (Review) // Exp. Ther. Med. 2022. Vol. 23, № 3. P. 219. <https://doi.org/10.3892/etm.2022.11142>
8. Angwin A.J., Wilson W.J., Arnott W.L. et al. White noise enhances new-word learning in healthy adults. // Sci. Rep. 2017. Vol. 7. P. 13045. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13383-3>
9. Arendsen L.J., Henshaw J., Brown C.A. et al. Entraining Alpha Activity Using Visual Stimulation in Patients with Chronic Musculoskeletal Pain: A Feasibility Study // Front. Neurosci. 2020. Vol. 14. P. 828. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00828>
10. Ascone L., Kling C., Wieczorek J. et al. A longitudinal, randomized experimental pilot study to investigate the effects of airborne infrasound on human mental health, cognition, and brain structure // Sci. Rep. 2021. Vol. 11, № 1. P. 3190. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82203-6>
11. Barardo D., Thornton D., Thoppil H. et al. The DrugAge database of aging-related drugs // Aging Cell. 2017. Vol. 16, № 3. P. 594–597. <https://doi.org/10.1111/acel.12585>
12. Brown D.K., Barton J.L., Gladwell V.F. Viewing nature scenes positively affects recovery of autonomic function following acute-mental stress // Env. Sci. Technol. 2013. Vol. 47, № 11. P. 5562–5569. <https://doi.org/10.1021/es305019p>
13. Budovsky A., Muradian K.K., Fraifeld V.E. From disease-oriented to aging/longevity-oriented studies // Rejuvenation Res. 2006. Vol. 9, № 2. P. 207–210. <https://doi.org/10.1089/rej.2006.9.207>
14. Campbell P.D., Miller A.M., Woerner M.E. Bright Light Therapy: Seasonal Affective Disorder and Beyond // Einstein J. biol. Med. 2017. Vol. 32. P. E13–E25.
15. Carstensen M.S., Lindén J., Mai Nguyen N. et al. 40 Hz invisible spectral flicker and its potential use in Alzheimer's light therapy treatment. Proceedings SPIE 11221, Mechanisms

- of Photobiomodulation Therapy XV, 112210L. San Francisco, 2020. <https://doi.org/10.1117/12.2544338>
16. Carstensen M.S., Thorning-Schmidt M.W., Agger M. et al. Wavelength dependency of the critical flicker-fusion frequency: therapeutic 40 Hz light source in Alzheimer's disease. Proceedings SPIE 11628, Mechanisms and Techniques in Photodynamic Therapy and Photobiomodulation, 116280A. Online, 2021. <https://doi.org/10.1117/12.2582940>
 17. Ecsy K., Jones A.K., Brown C.A. Alpha-range visual and auditory stimulation reduces the perception of pain // Europ. J. Pain. 2017. Vol. 21, № 3. P. 562–572. <https://doi.org/10.1002/ejp.960>
 18. Ecsy K., Brown C.A., Jones A.K.P. Cortical nociceptive processes are reduced by visual alpha-band entrainment in the human brain // Europ. J. Pain. 2018. Vol. 22, № 3. P. 538–550. <https://doi.org/10.1002/ejp.1136>
 19. Fetveit A., Skjerve A., Bjorvatn B. Bright light treatment improves sleep in institutionalised elderly—an open trial // Int. J. Geriatr. Psychiatr. 2003. Vol. 18, № 6. P. 520–526. <https://doi.org/10.1002/gps.852>
 20. Figueira I., Fernandes A., Mladenovic Djordjevic A. et al. Interventions for age-related diseases: Shifting the paradigm // Mech. Ageing Dev. 2016. Vol. 160. P. 69–92. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2016.09.009>
 21. Figueiro M.G. Light, sleep and circadian rhythms in older adults with Alzheimer's disease and related dementias // Neurodegener. Dis. Manag. 2017. Vol. 7, № 2. P. 119–145. <https://doi.org/10.2217/nmt-2016-0060>
 22. Frolkis V.V., Muradian K.K. Life Span Prolongation. Boca Raton: CRC Press Inc, 1991.
 23. Fukushige H., Fukuda Y., Tanaka M. et al. Effects of tryptophan-rich breakfast and light exposure during the daytime on melatonin secretion at night // J. Physiol. Anthropol. 2014. Vol. 33, № 1. P. 33. <https://doi.org/10.1186/1880-6805-33-33>
 24. Gálvez G., Recuero M., Canuet L., Del-Pozo F. Short-Term Effects of Binaural Beats on EEG Power, Functional Connectivity, Cognition, Gait and Anxiety in Parkinson's Disease // Int. J. Neural. Syst. 2018. Vol. 28, № 5. P. 1750055. <https://doi.org/10.1142/S0129065717500551>
 25. Garza K.M., Zhang L., Borron B. et al. Gamma Visual Stimulation Induces a Neuroimmune Signaling Profile Distinct from Acute Neuroinflammation // J. Neurosci. 2020. Vol. 40, № 6. P. 1211–1225. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1511-19.2019>
 26. González-Roldán A.M., Terrasa J.L., Sitges C. et al. Age-Related Changes in Pain Perception Are Associated with Altered Functional Connectivity During Resting State // Front. Aging Neurosci. 2020. Vol. 12. P. 116. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2020.00116>
 27. Guillou J., Attal Y., Colliot O. et al. Loss of brain inter-frequency hubs in Alzheimer's disease // Sci. Rep. 2017. Vol. 7, № 1. P. 10879. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07846-w>
 28. Hanslmayr S., Axmacher N., Inman C.S. Modulating Human Memory via Entrainment of Brain Oscillations // Trends Neurosci. 2019. Vol. 42, № 7. P. 485–499. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2019.04.004>
 29. He Q., Colon-Motas K.M., Pybus A.F. et al. A feasibility trial of gamma sensory flicker for patients with prodromal Alzheimer's disease // Alzheimers Dement. 2021. Vol. 7, № 1. P. e12178. <https://doi.org/10.1002/trc2.12178>
 30. Hou Y., Dan X., Babbar M. et al. Ageing as a risk factor for neurodegenerative disease // Nat. Rev. Neurol. 2019. Vol. 15. P. 565–581. <https://doi.org/10.1038/s41582-019-0244-7>
 31. Iaccarino H., Singer A., Martorell A. et al. Gamma frequency entrainment attenuates amyloid load and modifies microglia // Nature. 2016. Vol. 540. P. 230–235. <https://doi.org/10.1038/nature20587>
 32. Jensen M.P., Gertz K.J., Kupper A.E. et al. Steps toward developing an EEG biofeedback treatment for chronic pain // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2013. Vol. 38, № 2. P. 101–108. <https://doi.org/10.1007/s10484-013-9214-9>
 33. Khalsa S.B., Jewett M.E., Cajochen C., Czeisler C.A. A phase response curve to single bright light pulses in human subjects // J. Physiol. 2003. Vol. 549, № 3. P. 945–952. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.040477>
 34. Kumar D., Sharma A., Taliyan R. et al. Orchestration of the circadian clock and its association with Alzheimer's disease: Role of endocannabinoid signaling // Ageing Res. Rev. 2022. Vol. 73. P. 101533. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101533>
 35. Kvetnoy I., Ivanov D., Mironova E. et al. Melatonin as the Cornerstone of Neuroimmunoendocrinology // Int. J. molec. Sci. 2022. Vol. 23, № 3. P. 1835. <https://doi.org/10.3390/ijms23031835>
 36. Lam R.W., Levitt A.J., Levitan R.D. Efficacy of Bright Light Treatment, Fluoxetine, and the Combination in Patients with Nonseasonal Major Depressive Disorder: A Randomized Clinical Trial // J.A.M.A. Psychiatr. 2016. Vol. 73, № 1. P. 56–63. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2015.2235>
 37. Leichtfried V., Matteucci Gothe R., Kantner-Rumplmair W. et al. Short-Term Effects of Bright Light Therapy in Adults with Chronic Nonspecific Back Pain: A Randomized Controlled Trial // Pain Med. 2014. Vol. 15, № 12. P. 2003–2012. <https://doi.org/10.1111/pme.12503>
 38. Li J., Vitiello M.V., Gooneratne N.S. Sleep in Normal Aging // Sleep Med. Clin. 2018. Vol. 13, № 1. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2017.09.001>
 39. Liguori C., Romigi A., Nuccetelli M. et al. Orexinergic system dysregulation, sleep impairment, and cognitive decline in Alzheimer disease // J.A.M.A. Neurol. 2014. Vol. 71, № 12. P. 1498–1505. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2014.2510>
 40. López-Otín C., Blasco M.A., Partridge L. et al. The hallmarks of aging // Cell. 2013. Vol. 153, № 6. P. 1194–1217. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.05.039>
 41. Mander B.A., Winer J.R., Jagust W.J., Walker M.P. Sleep: A Novel Mechanistic Pathway, Biomarker, and Treatment Target in the Pathology of Alzheimer's Disease? // Trends Neurosci. 2016. Vol. 39, № 8. P. 552–566. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2016.05.002>
 42. Martorell A.J., Paulson A.L., Suk H.J. et al. Multisensory Gamma Stimulation Ameliorates Alzheimer's-Associated Pathology and Improves Cognition // Cell. 2019. Vol. 177, № 2. P. 256–271. e22. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.02.014>
 43. Marzbani H., Marateb H.R., Mansourian M. Neurofeedback: A Comprehensive Review on System Design, Methodology and Clinical Applications // Basic Clin. Neurosci. 2016. Vol. 7 № 2. P. 143–158. <https://doi.org/10.15412/J.BCN.03070208>
 44. Mishima K., Hishikawa Y., Okawa M. Randomized, dim light controlled, crossover test of morning bright light therapy for rest-activity rhythm disorders in patients with vascular dementia and dementia of Alzheimer's type // Chronobiol. Int. 1998. Vol. 15, № 6. P. 647–654. <https://doi.org/10.3109/07420529808993200>
 45. Mishima K., Okawa M., Shimizu T., Hishikawa Y. Diminished melatonin secretion in the elderly caused by insufficient environmental illumination // J. clin. Endocr. Metab. 2001. Vol. 86, № 1. P. 129–134. <https://doi.org/10.1210/jcem.86.1.7097>
 46. Moskalev A., Chernyagina E., de Magalhães J.P. et al. Geroprotectors.org: a new, structured and curated database of current therapeutic interventions in aging and age-related disease // Aging. 2015. Vol. 7, № 9. P. 616–628. <https://doi.org/10.18632/aging.100799>
 47. Moskalev A., Chernyagina E., Tsvetkov V. et al. Developing criteria for evaluation of geroprotectors as a key stage toward translation to the clinic // Aging Cell. 2016. Vol. 15, № 3. P. 407–415. <https://doi.org/10.1111/acel.12463>
 48. Palop J.J., Chin J., Roberson E.D. et al. Aberrant excitatory neuronal activity and compensatory remodeling of inhibitory hippocampal circuits in mouse models of Alzheimer's disease // Neuron. 2007. Vol. 55, № 5. P. 697–711. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.07.025>
 49. Pavlides A., Hogan S.J., Bogacz R. Computational Models Describing Possible Mechanisms for Generation of Excessive Beta Oscillations in Parkinson's Disease // PLoS Comput. Biol. 2015. Vol. 11, № 12. P. e1004609. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1004609>
 50. Pickens T.A., Khan S.P., Berlau D.J. White noise as a possible therapeutic option for children with ADHD // Complement.

- Ther. Med. 2019. Vol. 42. P. 151–155. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2018.11.012>
51. Popa-Wagner A., Buga A.M., Tica A.A., Albu C.V. Perfusion deficits, inflammation and aging precipitate depressive behaviour // Biogerontology. 2014. Vol. 15, № 5. P. 439–448. <https://doi.org/10.1007/s10522-014-9516-1>
 52. Rausch V.H., Bauch E.M., Bunzeck N. White Noise Improves Learning by Modulating Activity in Dopaminergic Midbrain Regions and Right Superior Temporal Sulcus // J. Cogn. Neurosci. 2014. Vol. 26, № 7. P. 1469–1480. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00537
 53. Rodríguez-Lavado J., Alarcón-Espósito J., Mallea M., Lorente A. A new paradigm shift in antidepressant therapy? From dual-action to multitarget-directed ligands // Curr. Med. Chem. 2022. Epub ahead of print. <https://doi.org/10.2174/0929866220317121551>
 54. Ross B., Lopez M.D. 40-Hz Binaural beats enhance training to mitigate the attentional blink // Sci. Rep. 2020. Vol. 10. P. 7002. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63980-y>
 55. Rot M., Benkelfat C., Boivin D.B., Young S.N. Bright light exposure during acute tryptophan depletion prevents a lowering of mood in mildly seasonal women // Eur. Neuropsychopharmacol. 2008. Vol. 18, № 1. P. 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2007.05.003>
 56. Rudnitskaya E.A., Muraleva N.A., Maksimova K.Y. et al. Melatonin Attenuates Memory Impairment, Amyloid- β Accumulation, and Neurodegeneration in a Rat Model of Sporadic Alzheimer's Disease // J. Alzheimers Dis. 2015. Vol. 47, № 1. P. 103–116. <https://doi.org/10.3233/JAD-150161>
 57. Shkodina A.D., Tan S.C., Hasan M.M. et al. Roles of clock genes in the pathogenesis of Parkinson's disease // Ageing Res. Rev. 2022. Vol. 74. P. 101554. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101554>
 58. Sloane P.D., Williams C.S., Mitchell C.M. et al. High-intensity environmental light in dementia: effect on sleep and activity // J. Amer. Geriatr. Soc. 2007. Vol. 55, № 10. P. 1524–1533. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01358.x>
 59. Söderlund G.B.W., Johnels J.Å., Rothén B. et al. Sensory white noise improves reading skills and memory recall in children with reading disability // Brain Behav. 2021. Vol. 11, № 7. P. e02114. <https://doi.org/10.1002/brb3.2114>
 60. Study on Safety, Feasibility and Neural Activation of Non-Invasive Light Therapy System // US National Library of Medicine. ClinicalTrials.gov. 2021. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04574921>
 61. Tang H.J., McCurry S.M., Riegel B. et al. Open-Loop Audiovisual Stimulation Induces Delta EEG Activity in Older Adults with Osteoarthritis Pain and Insomnia // Biol. Res. Nurs. 2019. Vol. 21, № 3. P. 307–317. <https://doi.org/10.1177/1099800419833781>
 62. Tolstun D.A., Knyazer A., Tushynska T.V. et al. Metabolic remodelling of mice by hypoxic-hypercapnic environment: imitating the naked mole-rat // Biogerontology. 2020. Vol. 21, № 2. P. 143–153. <https://doi.org/10.1007/s10522-019-09848-9>
 63. Tracy J.I., Ahmed N., Khan W., Sperling M.R. A test of the efficacy of the MC Square device for improving verbal memory, learning and attention // Int. J. Lear. Technol. 2007. Vol. 3 № 2. P. 183–202. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2007.014844>
 64. Tse M.M., Ng J.K., Chung J.W., Wong T.K. The effect of visual stimuli on pain threshold and tolerance // J. clin. Nurs. 2002. Vol. 11, № 4. P. 462–469. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2702.2002.00608.x>
 65. Verret L., Mann E.O., Hang G.B. et al. Inhibitory interneuron deficit links altered network activity and cognitive dysfunction in Alzheimer model // Cell. 2012. Vol. 149, № 3. P. 708–721. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2012.02.046>
 66. Vincent E., Battista D., Grimes L., McCubbin J. The effects of nature images on pain in a simulated hospital patient room // HERD. 2010. Vol. 3, № 3. P. 42–55. <https://doi.org/10.1177/193758671000300306>
 67. Walker W.H., Walton J.C., DeVries A.C., Nelson R.J. Circadian rhythm disruption and mental health // Transl. Psychiat. 2020. Vol. 10, № 28. <https://doi.org/10.1038/s41398-020-0694-0>
 68. Wams E.J., Woelders T., Marring I. et al. Linking Light Exposure and Subsequent Sleep: A Field Polysomnography Study in Humans // Sleep. 2017. Vol. 40, № 12. P. zsx165. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsx165>
 69. Whitlock E.L., Diaz-Ramirez L.G., Glymour M.M. et al. Association Between Persistent Pain and Memory Decline and Dementia in a Longitudinal Cohort of Elders // J.A.M.A. Intern. Med. 2017. Vol. 177, № 8. P. 1146–1153. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2017.1622>
 70. WHO. 2015. <https://www.who.int/news-room/detail/ageing-and-health>
 71. Yamadera H., Ito T., Suzuki H. et al. Effects of bright light on cognitive and sleep-wake (circadian) rhythm disturbances in Alzheimer-type dementia // Psychiatr. Clin. Neurosci. 2000. Vol. 54, № 3. P. 352–353. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1819.2000.00711.x>

Поступила в редакцию 24.03.2022

После доработки 11.06.2022

Принята к публикации 03.07.2022

Adv. geront. 2022. Vol. 35. № 4. P. 559–568

K.V. Babak¹, L.P. Fomenko¹, A.N. Fomenko¹, V.E. Fraifeld²

VISUAL AND ACOUSTIC INTERVENTIONS FOR IMPROVING MENTAL HEALTH IN ADVANCED AGE

¹ ООО «Vechnaya molodost», 1 Tchaikovsky str., St. Petersburg 191187, e-mail: k.babak@ivao.com;² Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva 8410501, Israel

Data accumulated in the last years indicate that certain visual and acoustic interventions are of geroprotective potential. Among them are bright light, white noise, and also rhythmic sensory stimulation (flickering light, binaural rhythms), etc. It should be noted that visual and acoustic interventions are simple in use, safe and practically do not have adverse side effects and do not need special medical control. Here, we review the studies on using the visual and acoustic interventions for improving mental health with regard to the advanced age and age-related pathology. We also discuss possible mechanisms of their therapeutic action and points for the future investigations.

Key words: light, sound, aging, mental disorders, chronic pain