



Обзорная статья

ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЗДОРОВЬЕЯ. Штэйн^{1,2}¹Факультет медицины, Иерусалимский еврейский университет, Израиль, 9112102, г. Иерусалим, Кампус Эйн Керем²Кафедра анестезиологии, интенсивной терапии и обезболивания, медицинский центр «Хадасса», Израиль, 91120, г. Иерусалим

Искусственные электромагнитные волны являются наиболее распространенным и стремительно растущим источником воздействия в современном мире, включая экспозицию несколькими группами частот: крайне низкие частоты от линий электропередач, гибридных батарей автомобилей и высоковольтных линий (>3 Hz–3 kHz); радиочастоты; микроволновые частоты, включая миллиметровые волны (3 kHz–300 GHz) от мобильных телефонов, вышек, базовых станций и беспроводных устройств, и промежуточные частоты, так называемое «грязное электричество», производимое силовыми кабелями.

Международные организации, такие как Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения, продолжают заявлять, что электромагнитное излучение может вызывать «только термальные воздействия», «цепляясь» за теорию, которая противоречит фактам, и за устаревшие стандарты тепловой безопасности. Однако научные исследования позволили накопить большой объем доказательств того, что нетепловые воздействия на здоровье, вызванные электромагнитной радиацией, существуют на самом деле, важны с точки зрения потенциального вреда для здоровья, и их всегда следует учитывать при разработке стандартов безопасности. В обзоре представлены некоторые доказательства биологических эффектов на разные системы организма и предложены меры профилактики, призванные смягчить данные воздействия на здоровье.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, нетепловое воздействие, здоровье, электрогиперчувствительность, профилактические меры, стандарты безопасности.

Экспозиция электромагнитным излучением с интенсивностью более низкой, чем установлено стандартами тепловой безопасности, ассоциируется с нетепловыми биологическими эффектами [1–3], включая повреждение клеток и ДНК и изменения в них.

В данном обзоре приведены доказательства таких эффектов на примере кроветворной, нервной, иммунной, репродуктивной систем, кожи и мышц, сердечно-сосудистой системы, глюкозного обмена и электрогиперчувствительности («микроволновая болезнь»). Предложены профилактические меры, призванные смягчить эти эффекты.

Воздействие на ДНК. Lai и Singh [4] продемонстрировали, что после двухчасовой экспозиции 60 Гц излучение крайне низкой частоты (КНЧ) приводило к росту количества разрывов одно- и двунилевой ДНК в клетках мозга крысы, а также то, что данный эффект мог быть заблокирован мелатонином и N-терт-бутил-а-фенилнитроном (PBN). Udroui et al. [5] обнаружили значительное увеличение количества микроядер в образцах печени и периферической крови новорожденных мышей после внутриутробной экспозиции излучением 50 Гц (электромагнитное

поле 650 мТл). Zothansiana et al. [6] выявили значительно ($p < 0,0001$) более высокую встречаемость микроядер в лимфоцитах периферической крови людей, проживающих на расстоянии не более 80 м от базовых станций мобильной связи, по сравнению с теми, кто проживал на удалении 300 м от источника излучения радиочастоты (РЧ).

Кроветворная система. У работников, подверженных воздействию микроволнового излучения на рабочих местах, отмечались гематологические изменения в периферической крови, зависящие от времени экспозиции [7]. Значительные изменения были отмечены в концентрации и / или активности глутатиона (ГТ), каталазы (КАТ) и супероксиддисмутазы (СОД). Также наблюдалось увеличение перекрестного окисления липидов (ПОЛ) в лимфоцитах периферической крови людей, проживающих вблизи базовых станций мобильной связи [6]. Lai [8] выполнил обзор и суммировал данные множественных исследований, показавших изменения в активности свободных радикалов, таких как активные формы кислорода (ROS) / азота (RNS) и эндогенные антиокислитель-

© Штэйн Я., 2021

Штэйн Яэль – врач-ординатор, научный сотрудник кафедры анестезиологии (e-mail: yael.stein1@mail.huji.ac.il; тел.: +972-50-3310121; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7915-1853>).

ные ферменты, вызванные экспозицией излучения крайне низких частот.

Нервная система. Kim et al. [9] обсудили множественные воздействия на нервную систему, включая апоптоз нервных клеток, изменения в миелине нервной ткани и в ионных каналах. Sheppard et al. [10] использовали эффект вымывания кальция из мозговых тканей при экспозиции КНЧ определенной частоты и в определенных амплитудных окнах. Eberhardt et al. [11] продемонстрировали эффекты, произведенные экспозицией излучения в диапазоне радиочастот 900 МГц на проницаемость гематоэнцефалического барьера, и повреждение нейронов в опытах на крысах. Cartuba et al. [12] экспериментально показали, что низкочастотная пульсация мобильных телефонов вызывала пики на ЭЭГ волонтеров. Влияние, оказываемое КНЧ на нейродегенеративные заболевания, описано Venassi et al. [13] на примере болезни Паркинсона, когда было отмечено значительное ухудшение окислительно-восстановительного потенциала и содержания тиола в клетках SH-SY5Y, а также рост карбонилирования белков. Подобные явления описывались Bobkova et al. [14], которые отметили изменения в пространственной памяти и мозговом амилоиде- β на двух животных моделях с заболеванием Альцгеймера. В обзоре Terzi et al. [15] суммированы добавочные нейродегенеративные эффекты. Симптомы дефицита внимания и гиперактивности у детей ассоциировались с продолжительным использованием мобильного телефона [16]. Многие риски здоровью, связанные с экспозицией Wi-Fi [17], а также нервно-психиатрические эффекты как следствие экспозиции КНЧ описаны Pall [18].

Иммунная система. Szmigielski [19] выполнил обзор литературы и пришел к заключению, что «краткосрочное воздействие слабого радиочастотного излучения может временно стимулировать определенные гуморальные или клеточные функции иммунитета, в то время как длительное воздействие подавляет эти же самые функции». El-Gohary & Said [20] сообщали о воздействии КНЧ и РЧ мобильных телефонов на уровни иммуноглобулинов (IgA, IgE, IgM и IgG), а также на общие уровни лейкоцитов, лимфоцитов, эозинофилов, базофилов, нейтрофилов и моноцитов. Воздействия электромагнитного излучения на рецептор витамина D и 1,25-дигидрокси витамин-D (1,25-D), которые ассоциируются со многими воспалительными и аутоиммунными заболеваниями, обсуждаются Marshall и Heil [21]. Lushnikov et al. [22] показали, что при многократном повторяющемся воздействии крайне высокочастотное электромагнитное излучение с низкой интенсивностью (частота 42,0 ГГц и плотность энергопотока 0,15 мВт/см² в течение 20 мин ежедневно) влияло на иммуногенезис мышей. Belpomme & Irigaray [23] отметили у пациентов некоторое воспаление и аутоиммунный ответ с участием антител к О-миелину, а у 80 % пациентов с электрогиперчувствительностью в пери-

ферической крови были обнаружены несколько биомаркеров окислительного стресса.

Репродуктивная система. Saygin et al. [24] отмечали патофизиологические изменения в яичках крыс, экспонированных беспроводными частотами (2,45 ГГц) в течение 3 ч ежедневно. Schauer & Mohamad Al-Ali [25] показали, что у мужчин, которые регулярно носят мобильный телефон в кармане брюк, повышался процент сперматозоидов с патологической морфологией, а уровень лютропина снижался.

Кожа. Johansson [26, 27] одним из первых опубликовал исследование по «экранному дерматиту» – эффекту коротковолнового излучения на кожу. Он сообщил об увеличении количества мастоцитов в образцах кожи пациентов с электрогиперчувствительностью при длительном воздействии. Cardona-Hernández et al. [28] выполнили обзор подобных эффектов. Краткосрочное воздействие на кожу вызывает только незначительные изменения в эпидермальном гомеостазе, но это все же может привести к ухудшению ее защитных функций [29]. Esen & Esen [30] обнаружили более продолжительное время отклика защитной реакции кожи лица и головы – примерно на 200 мс – при воздействии излучения сотового телефона. Belpomme & Irigaray [23] выявили повреждения кожи в основном на руках пациентов, в особенности на руке, которой пациент держал мобильный телефон. Feldman et al. [31] установили, что клубочковидные потовые железы действовали аналогично набору солнечных батарей с резонирующей частотой в диапазоне ТГц, что влияло на поглощение человеческой кожей миллиметровых и субмиллиметровых волн РЧ-энергии.

Мышцы. Blank [32] обсуждал изменения в биосинтетических структурах клеток мышц, экспонированных КНЧ, сходные с изменениями, вызванными другими известными стрессами, например тепловым ударом. McCarty et al. [33] продемонстрировали, что в ответ на изменения в воздействии КНЧ (вкл./выкл.) в мышцах возникали судороги.

Сердечно-сосудистая система. Vangelova et al. [34] оценивали отдаленные последствия профессиональной экспозиции КНЧ для сердечно-сосудистой системы и обнаружили, что электромагнитное излучение в диапазоне радиочастот ассоциировалось с повышенным риском гипертензии и дислипидемии. Еще в одном исследовании состояния здоровья работающих, выполненном Wilen et al. [35], сравнивались данные здоровья операторов RF-пластиковых уплотнителей (RF-операторы) (профессиональная категория, которая сильно подвержена воздействию радиочастотных электромагнитных полей) и неэкспонированных работников. Исследование выявило, что параметры экспозиции, интегрированные по времени, оказывали влияние на такие симптомы, как усталость, головные боли и ощущение тепла в руках. У RF-операторов частота сердечных сокращений была ниже, чем у группы сравнения, а явления брадикардии – более частыми.

У крыс, экспонированных мощным микроволновым радиочастотным излучением, частота сердечных сокращений была ниже, чем у неэкспонированных животных (30 мВт/см² в течение 15 мин – воздействие очень сильное, но основной целью было показать патологические изменения в миокарде). У экспонированных крыс обнаружены гистологические и структурные изменения в миокарде с отеками и нерегулярно расположенными миоцитами, а также некоторой конденсацией хроматина и темными пятнами в ядрах [36].

Авторами данного обзора продемонстрирована значительная и уникальная кальцификация в аортах крыс, экспонированных промежуточными частотами 150–155 кГц в модельном эксперименте хронического почечного заболевания. Предполагалось, что излучение сможет удалить кальций из сердечных клапанов, но результат оказался прямо противоположным [37]. Данное исследование повторили при экспозиции КНЧ 50 Гц с использованием зарядных устройств мобильных телефонов и получили те же результаты, но результаты не были опубликованы. Два исследования длительной экспозиции РЧ, выполненные институтом Ramazzini и в рамках Национальной токсикологической программы Министерства здравоохранения и социальных служб США, обнаружили четкие доказательства взаимосвязи между длительной экспозицией низкоинтенсивным радиочастотным излучением и опухолями сердца (и мозга) у самцов крыс [38, 39].

Глюкоза и метаболизм. Meo & Al Rubeaan [40] сравнивали группы крыс после воздействия излучения мобильного телефона. У крыс, экспонированных более 15 мин/сут в течение трех месяцев, были более высокие уровни глюкозы в крови натощак ($p < 0,015$) и инсулина в сыворотке ($p < 0,01$) по сравнению с неэкспонированными животными, а их инсулинорезистентность была значительно повышена ($p < 0,003$) по сравнению с группой контроля. Ben Salah et al. [41] подвергали крыс воздействию Wi-Fi (2,4 ГГц) и отметили чередование уровня глюкозы в крови: от гипо- до гипергликемии в течение 21 дня, во время которых крысы были экспонированы, чего не было отмечено в контрольной группе. У экспонированных крыс отмечалось повышение в уровне белков, триглицеридов, креатинина, АЛАТ, АСАТ и железа в плазме крови и снижение уровня мочево́й кислоты.

Электрогиперчувствительность, ранее известная как «микроволновая болезнь». Многие из симптомов, описанных пациентами, страдающими данным заболеванием, являются следствием повреждения нервных волокон и сверхчувствительных нервных реакций [42]. Velromme & Irigaray [43] показали, что примерно у 30 % пациентов из их внушительной выборки в 2000 человек многосторонняя химическая чувствительность сочетается с электрогиперчувствительностью. Типичными симптомами у этих пациентов были «головная боль, звон в ушах,

гиперакузия, головокружение, нарушения равновесия, расстройства поверхностной и / или глубокой чувствительности, фибромиалгия, вегетативные нервные расстройства, а также ухудшение когнитивных способностей, включая потерю непосредственной памяти, трудности с концентрацией внимания, а также пространственно-временная дезориентация. Эти симптомы ассоциировались с хронической бессонницей, усталостью и депрессивными тенденциями в дополнение к эмоциональной неустойчивости и иногда раздражительности».

В обширном исследовании с участием пациента с электрогиперчувствительностью McCarty et al. [33] показали, что в течение 100 с экспозиции ЭМП ($p < 0,05$) у пациента возникали соматические реакции, включая нервные симптомы (головные, в том числе височные боли), мышечные симптомы (судороги) и сердечно-сосудистые симптомы (экстрасистолия). Симптомы появлялись вслед за переходами поля (вкл./выкл., выкл./вкл.) и не были вызваны только его присутствием. Пациент был не в состоянии сознательно определить, включено поле или выключено.

Исследования механических воздействий электромагнитных полей. Во многих исследованиях описаны нетепловые взаимодействия между ЭМП и биологическими тканями [43]. Blackman et al. [44] изложили концепцию множественных диапазонов мощности. Liboff [45] обсуждали эффекты резонанса. Panagopoulos et al. [46] предположили, что вибрации внешнего пульсирующего поля высвобождали ионы на поверхности клеточных мембран в плазме и воздействовали на электрочувствительные каналы в плазме, что приводило к нарушению электрохимического баланса клетки и ее функционирования. Friedman et al. [47] предположили, что воздействие РЧ приводило к краткосрочной активации киназ, регулируемых внеклеточными сигналами (ERK). Giuliani et al. [48] исследовали «ток Жадина», последовательные возбуждения в мезоскопических областях ионов и биомолекул, что приводило к возникновению электрического тока в клетке и, как следствие, появлению магнитных полей. Zhadin [49] анализировал квантовые механизмы для дальнейшего объяснения данных эффектов. Blank and Goodman [50] показали, что ДНК обладает двумя структурными характеристиками фрактальной антенны в электромагнитном поле, а именно электронной проводимостью и симметрией.

Результаты и их обсуждение. На основании приведенных доказательств того, что воздействие ЭМП, как обычное, так и хроническое, оказывает определенные эффекты на здоровье, мы предлагаем следующие профилактические и защитные меры, адаптированные в соответствии с рекомендациями, опубликованными международными группами ученых, медицинскими организациями, активистами по защите окружающей среды и взаимопомощи. Многие из этих групп призывают к снижению допустимых уровней ЭМП и отказу от

внедрения сетей 5G, что приведет к возрастанию уровней экспозиции [51–63].

Увеличение дистанции и сокращение времени использования являются важными факторами в сокращении экспозиции и, следовательно, рисков здоровью. Близость к источнику – самый важный фактор экспозиции. Уровни облучения значительно снижаются по мере удаления от источника.

А. Общественная сфера. На рис. 1 сравниваются допустимые уровни экспозиции РЧ-излучения (включая вышки сотовой связи) в разных странах. Снижение экспозиции, вызванной вышками / антеннами сотовой связи, является вполне достижимым, и в некоторых странах реализовано лучше, чем в других. Очень важно сохранять значительную дистанцию между такими объектами и школами и детскими садами, поскольку дети являются группой населения, наиболее восприимчивой к воздействиям окружающей среды. Также важно размещать антенны мобильных телефонов подальше от спальных мест во избежание вредного воздействия во время сна.

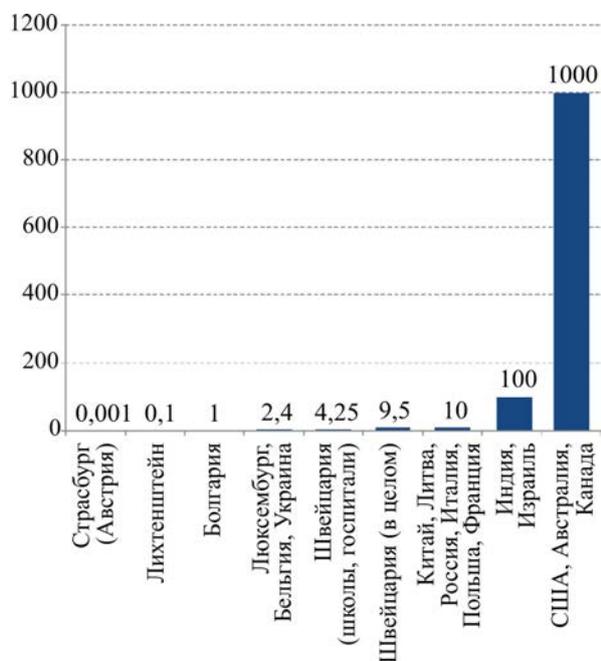


Рис. 1. Сравнение стран по уровню экспозиции пульсирующими РЧ ЭМП на открытом воздухе, мВт/см²¹

Беспроводные счетчики и беспроводные устройства, используемые в общественной сфере, возможно, являются источниками ЭМП низкой интенсивности, но они же являются и источником биологически значимого пульсирующего воздействия, которое расценивается как более вредное, даже при низкой интенсивности. Более того, интенсивность ЭМП часто измеряется некорректно, так как при этом используется прибор, у которого отсутствует соответствующая скорость измерения [64].

Избегайте использования Wi-Fi в школе – всегда отдавайте предпочтение безопасным проводным технологиям, которые не генерируют радиочастотные электромагнитные поля.

Б. Экспозиция персональными устройствами.

Наиболее продолжительная и проблемная для контроля экспозиция возникает вследствие использования персональных устройств, поскольку они, как правило, находятся близко к телу. Устройства, генерирующие пульсирующие волны, являются особенно опасными, даже если интенсивность воздействия не является высокой. На рис. 2–4 показаны стратегии по снижению экспозиции².

Рекомендации по предотвращению нарушений здоровья вследствие экспозиции ЭМП. Сохраняйте дистанцию между беспроводными устройствами и телом:

- Не носите постоянно мобильный телефон в непосредственной близости от тела. Чувствительными являются репродуктивная система (особенно во время беременности), нервная система и сердечно-сосудистая система.
 - При разговоре или наборе сообщения отдалите телефон, используйте микрофон или проводные наушники (не Bluetooth).
 - Старайтесь убирать беспроводные стационарные телефоны подальше от себя, особенно во время сна.
 - Не располагайте ноутбук у себя на коленях, так как подобное устройство создает радиочастотное излучение, подобное мобильному телефону. Особенно важно избегать этого во время беременности.
 - Не держите заряженный сотовый телефон поблизости во время сна.
 - Не заряжайте сотовый телефон рядом с телом.
 - Сократите использование беспроводных устройств у себя в доме.
 - Используйте проводные стационарные телефоны, которые не генерируют РЧ-излучение во время большинства звонков.
 - Подсоединяйте роутер для выхода в Интернет посредством кабелей Ethernet и отключите Wi-Fi.
 - Пользуйтесь проводной клавиатурой, мышью, и т.д.
 - Отключите Wi-Fi, когда он не используется (роутером, другими приборами), особенно ночью.
 - Отключите опцию Wi-Fi в принтере, так как принтеры являются постоянным источником мощного РЧ-излучения.
- Минимизируйте экспозицию:
- Пользуйтесь телефоном как можно меньше. Пишите сообщения вместо длительных разговоров.
 - Сократите использование потоковых медиа на сотовом телефоне. Всегда, когда это возможно, загружайте контент, а затем просматривайте его в режиме полета при выключенном Wi-Fi и других

¹ Правообладатель: Environmental Health Trust; публикация разрешена.

² Правообладатель: Environmental Health Trust; разрешение на публикацию получено.



Рис. 2. Способы сокращения экспозиции сотовыми телефонами

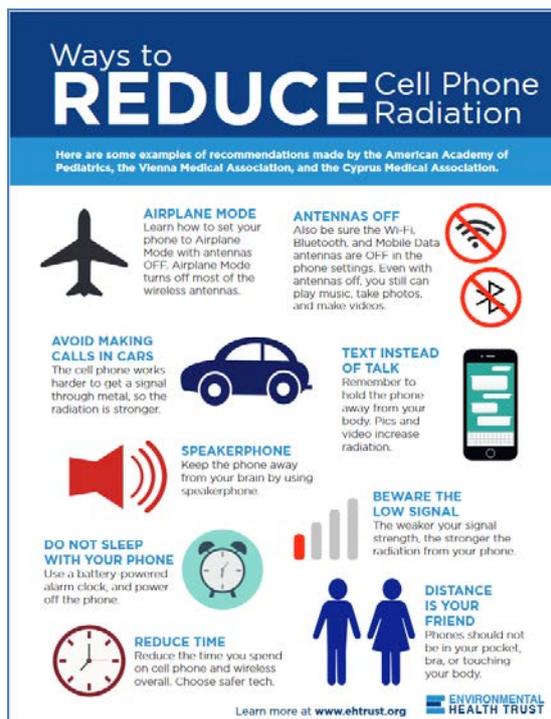


Рис. 3. Способы сокращения экспозиции беспроводными устройствами

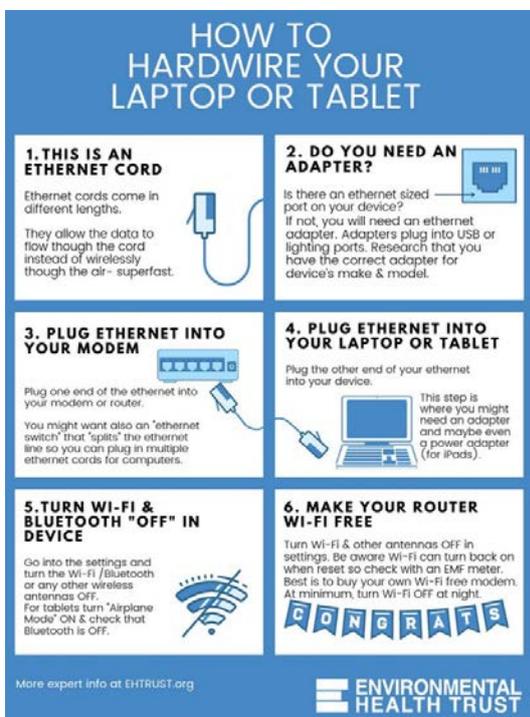


Рис. 4. Проводное использование ноутбука / планшета



Рис. 5. Сокращение экспозиции ЭМП компьютера

режимах (например Bluetooth) для сокращения экспозиции во время использования устройства.

- Детям следует использовать сотовый телефон только в чрезвычайной ситуации, так как его излучение глубже проникает в их мозг.

- Избегайте использования сотового телефона в пространствах, ограниченных металлом, когда сигнал слаб или при движении на высокой скорости, например в автомобиле или лифте. Сотовый телефон излучает сильнее, так как в таких местах для соединения с антенной или переключения между удаленными антеннами (во время движения) нужно больше мощности.

- Не заряжайте ноутбук во время использования. При зарядке используйте кабель с заземлением (вилка с тремя штырьками) [65].

Важность данного обзора. Риски здоровью, вызванные экспозицией ЭМП, до настоящего времени не изучены национальными или международными организациями, такими как Всемирная организация здравоохранения, должным образом [66–71]. Как следствие, согласно принципу предосторожно-

сти, необходимо сокращать экспозицию всеми частотами ЭМП. Сотовые сети должны быть спланированы таким образом, чтобы экспозиция сокращалась, но глобальные планы предусматривают только ее увеличение, как на земле, так и в космосе [70]. В недавнем исследовании анализировались ожидаемые эффекты воздействия, вызванные запланированной плотностью расположения вышек G5 [72]. Результаты расчетов, проведенных Ben Ishai [73] на основании хорошо известной модели потребления энергии, позволили предположить, что сети G5 будут генерировать в шесть раз более мощное излучение по сравнению с существующими сетями, и для их функционирования потребуется в тысячу раз больше электричества.

Благодарность. Автор благодарит *Environmental Health Trust* за предоставленную графическую информацию.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Markov M. Thermal Vs. Nonthermal Mechanisms of Interactions Between Electromagnetic Fields and Biological Systems // *Bioelectromagnetics Current Concepts. NATO Security Through Science Series / eds. by S.N. Ayrapetyan, M.S. Markov. – Dordrecht: Springer, 2006. – P. 1–15. DOI: 10.1007/1-4020-4278-7_1*
2. ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 Khz To 300 ghz) // *Health Phys. – 2020. – Vol. 118, № 5. – P. 483–524. DOI: 10.1097/HP.0000000000001210.*
3. Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective / D. Belpomme, L. Hardell, I. Belyaev, E. Burgio, D.O. Carpenter // *Environmental Pollution. – 2018. – Vol. 242, pt. A. – P. 643–658. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.019*
4. Lai H., Singh N.P. Melatonin and N-tert-butyl-alpha-phenylnitronone block 60-Hz magnetic field-induced DNA single and double strand breaks in rat brain cells // *J. Pineal Res. – 1997. – Vol. 22, № 3. – P. 152–162. DOI: 10.1111/j.1600-079x.1997.tb00317.x*
5. Clastogenicity and aneuploidy in newborn and adult mice exposed to 50 Hz magnetic fields / I. Udrouiu, M. Cristaldi, L.A. Ieradi, A. Bedini, L. Giuliani, C. Tanzarella // *Int. J. Rad. Biol. – 2006. – Vol. 82, № 8. – P. 561–567. DOI: 10.1080/09553000600876660*
6. Impact of radiofrequency radiation on DNA damage and antioxidants in peripheral blood lymphocytes of humans residing in the vicinity of mobile phone base stations / Zothansiana, M. Zosangzuali, M. Lalramdinpuii, G.C. Jagetia // *Electromagnetic Biology & Medicine. – 2017. – Vol. 36, № 3. – P. 295–305. DOI: 10.1080/15368378.2017.1350584*
7. Marino A.A. Time-dependent hematological changes in workers exposed to electromagnetic fields // *Am. Ind. Hyg. Assoc. J. – 1995. – Vol. 56, № 2. – P. 189–192. DOI: 10.1080/15428119591017231*
8. Lai H. Exposure to Static and Extremely-Low Frequency Electromagnetic Fields and Cellular Free Radicals // *Electromagnetic Biology and Medicine. – 2019. – Vol. 38, № 4. – P. 231–248. DOI: 10.1080/15368378.2019.1656645*
9. Possible Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure on Central Nerve System / J.H. Kim, J.-K. Lee, H.-G. Kim, K.-B. Kim, H.R. Kim // *Biomol. Ther. – 2019. – Vol. 27, № 3. – P. 265–275. DOI: 10.4062/biomolther.2018.152*
10. Sheppard A.R., Bawin S.M., Adey W.R. Models of long-range order in cerebral macromolecules: Effects of sub-ELF and of modulated VHF and UHF fields // *Radio Science. – 1979. – Vol. 14, № 6S. – P.141–145. DOI: 10.1029/RS014i06Sp00141*
11. Blood-brain barrier permeability and nerve cell damage in rat brain 14 and 28 days after exposure to microwaves from GSM mobile phones / J.L. Eberhardt, B.R. Persson, A.E. Brun, L.G. Salford, L.O. Malmgren // *Electromagn Biol. Med. – 2008. – Vol. 27, № 3. – P. 215–229. DOI: 10.1080/15368370802344037*
12. Mobile-phone pulse triggers evoked potentials / S. Carrubba, C. Frilot 2nd, A.L. Chesson Jr., A.A. Marino // *Neurosci Lett. – 2010. – Vol. 469, № 1. – P. 164–168. DOI: 10.1016/j.neulet.2009.11.068*
13. Extremely Low Frequency Magnetic Field (ELF-MF) Exposure Sensitizes SH-SY5Y Cells to the Pro-Parkinson's Disease Toxin MPP (.) / B. Benassi, G. Filomeni, C. Montagna, C. Merla, V. Lopresto, R. Pinto, C. Marino, C. Consales // *Mol. Neurobiol. – 2016. – Vol. 53, № 6. – P. 4247–4260. DOI: 10.1007/s12035-015-9354-4*
14. Effect of weak combined static and extremely low-frequency alternating magnetic fields on spatial memory and brain amyloid- β in two animal models of Alzheimer's disease / N.V. Bobkova, V.V. Novikov, N.I. Medvinskaya, I.Y. Aleksandrova, I.V. Nesterova, E.E. Fesenko // *Electromagn. Biol. Med. – 2018. – Vol. 37, № 3. – P. 127–137. DOI: 10.1080/15368378.2018.1471700*
15. The role of electromagnetic fields in neurological disorders / M. Terzi, B. Ozberk, O.G. Deniz, S. Kaplan // *J. Chem. Neuroanat. – 2016. – Vol. 7, pt. B. – P. 77–84. DOI: 10.1016/j.jchemneu.2016.04.003*

16. Mobile Phone Use, Blood Lead Levels, and Attention Deficit Hyperactivity Symptoms in Children: a longitudinal study / Y.-H. Byun, M. Ha, H.-J. Kwon, Y.-C. Hong, J.-H. Leem, J. Sakong, S.Y. Kim, C.G. Lee [et al.] // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8, № 3. – P. e59742 DOI: 10.1371/journal.pone.0059742
17. Pall M.L. Wi-Fi is an important threat to human health // *Environmental Research*. – 2018. – № 164. – P. 405–416. DOI: 10.1016/j.envres.2018.01.035
18. Pall M.L. Microwave frequency electromagnetic fields (EMFs) produce widespread neuropsychiatric effects including depression // *J. Chem. Neuroanat.* – 2016. – Vol. 75, pt. B. – P. 43–51. DOI: 10.1016/j.jchemneu.2015.08.001
19. Szmigielski S. Reaction of the immune system to low-level RF/MW exposures // *Sci. Total. Environ.* – 2013. – Vol. 454–455. – P. 393–400. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.03.034
20. El-Gohary O.A., Said M.A. Effect of electromagnetic waves from mobile phone on immune status of male rats: possible protective role of vitamin D // *Can. J. Physiol. Pharmacol.* – 2017. – Vol. 95, № 2. – P. 151–156. DOI: 10.1139/cjpp-2016-0218
21. Marshall T.G., Rumann Heil T.J. Electromog and autoimmune disease // *Immunol. Res.* – 2017. – Vol. 65, № 1 – P. 129–135. DOI 10.1007/s12026-016-8825-7
22. Effect of the weak extremely-high-frequency electromagnetic radiation on the indices of the Humoral Immunity in healthy mice / K.V. Lushnikov, A.B. Gapeev, V.B. Sadovnikov, N.K. Chemeris // *Biophysics*. – 2001. – Vol. 46, № 4. – P. 711–719.
23. Belpomme D., Irigaray P. Electrohypersensitivity as a Newly Identified and Characterized Neurologic Pathological Disorder: How to Diagnose, Treat, and Prevent It // *Int. J. Mol. Sci.* – 2020. – Vol. 21, № 6. – P. 1915. DOI: 10.3390/ijms21061915
24. Impact of 2.45 GHz microwave radiation on the testicular inflammatory pathway biomarkers in young rats: The role of gallic acid / M. Saygin, H. Asci, O. Ozmen, F.N. Cankara, D. Dincoglu, I. Ilhan // *Environ Toxicol.* – 2016. – Vol. 31, № 12. – P. 1771–1784. DOI: 10.1002/tox.22179
25. Schauer I., Mohamad Al-Ali B. Combined effects of varicocele and cell phones on semen and hormonal parameters // *Wien Klin Wochenschr.* – 2018. – Vol. 130. – P. 335–340. DOI: 10.1007/s00508-017-1277-9
26. Skin changes in patients claiming to suffer from “screen dermatitis”: a two-case open-field provocation study / O. Johansson, M. Hilliges, V. Björnhagen, K. Hall // *Exp. Dermatol.* – 1994. – Vol. 3, № 5. – P. 234–238. DOI: 10.1111/j.1600-0625.1994.tb00282.x
27. Johansson O., Liu P.-Y. “Electrosensitivity”, “electrosupersensitivity” and “screen dermatitis”: preliminary observations from on-going studies in the human skin // *Proceedings of the COST 244: Biomedical Effects of Electromagnetic Fields – Workshop on Electromagnetic Hypersensitivity* / Ed. by D. Simunic. – Brussels/Graz: EU/EC (DG XIII). – 1995. – P. 52–57.
28. Efectos de la radiación electromagnética en la piel [Effects of electromagnetic radiation on skin] / M.A. Cardona-Hernández, L. Fierro-Arias, A.L. Cabrera Pérez, A.A. Vidal-Flores // *Dermatol. Rev. Mex.* – 2017. – Vol. 61, № 4. – P. 292–302.
29. Exposure to acute electromagnetic radiation of mobile phone exposure range alters transiently skin homeostasis of a model of pigmented reconstructed epidermis / D. Simon, A. Daubos, C. Pain, R. Fitoussi, K. Vié, A. Taieb, L. de Benetti, M. Cario-André // *Int. J. Cosmet Sci.* – 2013. – Vol. 35, № 1. – P. 27–34. DOI: 10.1111/j.1468-2494.2012.00746.x
30. Esen F., Esen H. Effect of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the latency of evoked electrodermal activity // *Int. J. Neurosci.* – 2006. – Vol. 116, № 3. – P. 321–329. DOI: 10.1080/00207450500403371
31. The electromagnetic response of human skin in the millimetre and submillimetre wave range / Y. Feldman, A. Puzenko, P.B. Ishai, A. Caduff, I. Davidovich, F. Sakran, A.J. Agranat // *Phys. Med. Biol.* – 2009. – Vol. 54, № 11. – P. 3341–3363. DOI: 10.1088/0031-9155/54/11/005
32. Blank M. Electric stimulation of protein synthesis in muscle // *Advances in Chemistry*. – 1995. – Vol. 250. – P. 143–153. DOI: 10.1021/ba-1995-0250.ch009
33. Electromagnetic hypersensitivity: evidence for a novel neurological syndrome / D.E. McCarty, S. Carrubba, A.L. Chesson, C. Frilot, E. Gonzalez-Toledo, A.A. Marino // *Int. J. Neurosci.* – 2011. – Vol. 121, № 12. – P. 670–676. DOI: 10.3109/00207454.2011.608139
34. Vangelova K., Deyanov C., Israel M. Cardiovascular risk in operators under radiofrequency electromagnetic radiation // *Int. J. Hyg. Environ. Health.* – 2006. – Vol. 209, № 2. – P. 133–138. DOI: 10.1016/j.ijheh.2005.09.008
35. Electromagnetic field exposure and health among RF plastic sealer operators / J. Wilen, R. Hornsten, M. Sandstrom, P. Bjerle, U. Wiklund, O. Stensson, E. Lyskov, K.H. Mild // *Bioelectromagnetics*. – 2004. – Vol. 25, № 1. – P. 5–15. DOI: 10.1002/bem.10154
36. The Compound Chinese Medicine “Kang Fu Ling” Protects against High Power Microwave-Induced Myocardial Injury / X. Zhang, Y. Gao, J. Dong, S. Wang, B. Yao, J. Zhang, S. Hu, X. Xu [et al.] // *PLoS One*. – 2014. – Vol. 9, № 7. – P. e101532. DOI: 10.1371/journal.pone.0101532
37. Electromagnetic fields promote severe and unique vascular calcification in an animal model of ectopic calcification / M. Shuvy, S. Abedat, R. Beeri, M. Valitzki, Y. Stein, K. Meir, C. Lotan // *Experimental and Toxicologic Pathology*. – 2014. – Vol. 66, № 7. – P. 345–350. DOI: 10.1016/j.etp.2014.05.001
38. Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission / L. Falcioni, L. Bua, E. Tibaldi, M. Lauriola, L. De Angelis, F. Gnudi, D. Mandrioli, M. Manservigi [et al.] // *Environ. Res.* – 2018. – Vol. 165. – P. 496–503. DOI: 10.1016/j.envres.2018.01.037
39. NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in Sprague Dawley Rats Exposed to Whole-body Radio Frequency Radiation at a Frequency (900 Mhz) and Modulations (GSM and CDMA) Used by Cell Phones: Technical Report 595 [Электронный ресурс] // National Toxicology Program. Public Health Service. U.S. Department of Health and Human Services. – 2018. – URL: https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/lt_rpts/tr595_508.pdf?utm_source=direct&utm_medium=prod&utm_campaign=ntpgolinks&utm_term=tr595 (дата обращения: 05.06.2021)
40. Meo S.A., Rubeaan K.A.I. Effects of exposure to electromagnetic field radiation (EMFR) generated by activated mobile phones on fasting blood glucose // *Int. J. Occup. Med. Environ. Health.* – 2013. – Vol. 26, № 2. – P. 235–241. DOI: 10.2478/s13382-013-0107-1

41. Salah M.B., Abdelmelek H., Abderraba M. Effects of olive leave extract on metabolic disorders and oxidative stress induced by 2.45 GHz WIFI signals // *Environ Toxicol Pharmacol.* – 2013. – Vol. 36, № 3. – P. 826–834. DOI: 10.1016/j.etap.2013.07.013
42. Stein Y., Udasin I. Electromagnetic hypersensitivity (EHS, microwave syndrome) – Review of mechanisms // *Environmental Research.* – 2020. – Vol. 186. – P. 09445. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109445
43. Belyaev I. Biophysical Mechanisms for Nonthermal Microwave Effects // *Electromagnetic Fields in Biology and Medicine (1st ed.)* / Ed. by M.S. Markov. – Boca Raton: CRC Press, 2015. – Chapter 5. – P. 49–68.
44. Multiple power-density windows and their possible origin / C.F. Blackman, L.S. Kinney, D.E. House, W.T. Joines // *Bioelectromagnetics.* – 1989. – Vol. 10, № 2. – P. 115–128. DOI: 10.1002/bem.2250100202
45. Liboff A.R. Geomagnetic cyclotron resonance in living cells // *J. Biological. Phys.* – 1985. – Vol. 13, № 4. – P. 99–102.
46. Panagopoulos D.J., Karabarbounis A., Margaritis L.H. Mechanism for action of electromagnetic fields on cells // *Biochemical and Biophysical Research Communications.* – 2002. – Vol. 298, № 1. – P. 95–102. DOI: 10.1016/S0006-291X(02)02393-8
47. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies / J. Friedman, S. Kraus, Y. Hauptman, Y. Schiff, R. Seger // *The Biochemical journal.* – 2007. – Vol. 405, № 3. – P. 559–568. DOI: 10.1042/BJ20061653
48. Investigating the Icr Effect in a Zhadin's Cell / L. Giuliani, E. D'Emilia, S. Grimaldi, A. Lisi, N. Bobkova, M.N. Zhadin // *Int. J. Biomed. Sci.* – 2009. – Vol. 5, № 2. – P. 181–186.
49. Zhadin M. On mechanism of combined extremely weak magnetic field action on aqueous solution of amino acid // *Non-thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter. ICEMS Monograph. Eur. J. Oncology.* – 2010. – Vol. 5. – P. 1–5.
50. Blank M., Goodman R. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields // *Int. J. Radiat. Biol.* – 2011. – Vol. 87, № 4. – P. 409–415. DOI: 10.3109/09553002.2011.538130
51. Guideline of the Austrian Medical Association for diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses (EMF Syndrome) [Электронный ресурс] // Austrian Medical Association. – 2012. – URL: <https://vagbrytaren.org/Guideline%20%20AG-EMF.pdf> (дата обращения: 11.08.2021).
52. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses / I. Belyaev, A. Dean, H. Eger, G. Hubmann, R. Jandrisovits, M. Kern, M. Kundi, H. Moshammer [et al.] // *Rev. Environ. Health.* – 2016. – Vol. 31, № 3. – P. 363–397. DOI: 10.1515/reveh-2016-0011
53. О рекомендациях родителям по безопасному использованию мобильного телефона [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека: официальный сайт. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=13375 (дата обращения: 15.07.2021).
54. What you need to know about wireless radiation and your baby. The Baby Safe Project [Электронный ресурс]. – URL: https://128441a4-6b5e-4ac8-8d74-a461f5bada16.filesusr.com/ugd/2cea04_9747b215cd62435aa100d3d331ab0673.pdf (дата обращения: 04.06.2021).
55. Living with Technology, Children's Health Remains their Inexplicable Right and our Own Obligation: Press release 24 June 2019 [Электронный ресурс] // Cyprus Committee on Environment and Children's Health. – URL: <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/PRESS-RELEASE-Cyprus-2019-Campaign-3.pdf> (дата обращения: 07.06.2021).
56. Mallery-Blythe E. 2020 Consensus Statement of UK and International Medical and Scientific Experts and Practitioners on Health Effects of Non-Ionising Radiation (NIR) [Электронный ресурс] // Physicians' Health Initiative for Radiation and Environment (PHIRE) & British Society for Ecological Medicine (BSEM). – URL: <https://phiremedical.org/wp-content/uploads/2020/11/2020-Non-Ionising-Radiation-Consensus-Statement.pdf> (дата обращения: 07.06.2021).
57. Switzerland Doctors For Environmental Protection [Электронный ресурс] // 2020 Consensus Statement of UK and International Medical and Scientific Experts and Practitioners on Health Effects of Non-Ionising Radiation (NIR). – URL: <https://ehtrust.org/science/medical-doctors-consensus-statements-recommendations-cell-phoneswireless/> (дата обращения: 07.06.2021).
58. Cell Phone Radiation & Children's Health: What Parents Need to Know [Электронный ресурс] // American academy of Pediatrics. – URL: <https://www.healthychildren.org/English/safety-prevention/all-around/Pages/Cell-Phone-Radiation-Childrens-Health.aspx> (дата обращения: 08.06.2021).
59. 10 Years after the Freiburg Appeal: Radio-frequency Radiation Poses a Health Risk. Physicians Demand Overdue Precaution [Электронный ресурс] // International Doctors Appeal 2012. – URL: http://freiburger-appell-2012.info/media/International_Doctors_Appeal_2012_Nov.pdf (дата обращения: 17.05.2021).
60. Di Ciaula A. 5G networks in European Countries: appeal for a standstill in the respect of the precautionary principle [Электронный ресурс] // International Society of Doctors for Environment. – URL: https://www.isde.org/5G_appeal.pdf (дата обращения: 14.06.2021).
61. The Venice Resolution [Электронный ресурс] // International commission for electromagnetic safety. – 2008. – URL: <http://www.icems.eu/resolution.htm> (дата обращения: 13.06.2021).
62. The Benevento Resolution [Электронный ресурс] // International Commission for Electromagnetic Safety. – 2006. – URL: http://www.icems.eu/docs/BeneventoResolution_REVISED_march2008.pdf (дата обращения: 13.06.2021).
63. Scientists call for Protection from Non-ionizing Electromagnetic Field Exposure: International Appeal [Электронный ресурс]. – URL: <https://emfscientist.org/index.php/emf-scientist-appeal> (дата обращения: 20.06.2021).
64. Simunic D. Measurement of RF Near and Far Fields // WHO International Seminar on Biological Effects, Health Consequences and Standards for Pulsed Radiofrequency fields. – Erice, November 21–30, 1999.
65. Step by step to safe technology [Электронный ресурс] // Environmental Health Trust. – URL: <https://ehtrust.org/resources-to-share/printable-resources/> (дата обращения: 17.08.2021).
66. Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective / D. Belhomme, L. Hardell, I. Belyaev, E. Burgio, D.O. Carpenter // *Environ. Pollut.* – 2018. – Vol. 242, pt. A. – P. 643–658. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.019
67. Adverse Effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions / N. Kostoff, P. Heroux, M. Aschner, A. Tsatsakis // *Toxicology Letters.* – 2020. – Vol. 323. – P. 35–40. DOI: 10.1016/j.toxlet.2020.01.020

68. Russian National Committee of Non-Ionizing Radiation Protection – 2008 report [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.who.int/peh-emf/project/mapnatreps/RUSSIA % 20report % 202008.pdf](https://www.who.int/peh-emf/project/mapnatreps/RUSSIA%20report%202008.pdf) (дата обращения: 11.08.2021).

69. Scientists and Doctors Demand Moratorium on 5G. Increased radiation from cell towers poses potential risks, say scientists from around the world [Электронный ресурс] // Environmental Health Trust. – 2017. – URL: <https://ehtrust.org/scientists-and-doctors-demand-moratorium-on-5g-warning-of-health-effects/> (дата обращения: 09.06.2021).

70. The 5G appeal [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.5gappeal.eu/> (дата обращения: 09.06.2021).

71. Stop 5G on Earth and in Space: International Appeal, An Emergency Appeal to the World's Governments by Scientists, Doctors, Environmental Organizations and Others [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.5gspaceappeal.org/the-appeal> (дата обращения: 20.06.2021).

72. El-Hajj A.M., Naous T. Radiation Analysis in a Gradual 5G Network Deployment Strategy // 2020 IEEE 3rd 5G World Forum (5GWF). – 2020. – P. 448–453. DOI: 10.1109/5GWF49715.2020.9221314

73. Ishaï P.B. The Green Dilemma of 5G Densification [Электронный ресурс] // The Times of Israel. – URL: <https://blogs.timesofisrael.com/the-green-dilemma-of-5g-densification/> (дата обращения: 19.06.2021).

Штэйн Я. Профилактические меры, призванные смягчить негативное воздействие электромагнитной радиации на здоровье // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 3. – С. 42–53. DOI: 10.21668/health.risk/2021.3.04

UDC 614.87
DOI: 10.21668/health.risk/2021.3.04.eng



Review article

PREVENTIVE MEASURES TO REDUCE HARMFUL EFFECTS PRODUCED BY ELECTROMAGNETIC RADIATION ON HEALTH

Y. Stein^{1,2}

¹Faculty of Medicine, Hebrew University of Jerusalem, Campus Ein Kerem, Jerusalem, 9112102, Israel

²Department of Anesthesiology, Critical Care and Pain Medicine, Hadassah Medical Center, Jerusalem, 91120, Israel

Man-made electromagnetic waves are the most widely and rapidly expanding exposure in today's world, including exposure in several frequency groups: extremely low frequencies (ELF) from electricity lines, hybrid car batteries and high power lines (>3 Hz–3 kHz), radiofrequency (RF) and microwave frequencies including millimeter waves (3 kHz–300 GHz) from mobile phones, towers, base stations and wireless devices, and intermediate frequencies "Dirty Electricity" emitted from power lines.

While such organizations as ICNIRP (the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) still continue to claim that electromagnetic radiation can cause "only thermal effects", clinging to theory that does not match facts and upholding obsolete thermal safety standards, extensive scientific evidence has clearly demonstrated that non-thermal health effects produced by electromagnetic radiation do exist, are important to health, and should be taken into consideration when safety standards are set. This review aims to highlight some evidence of biologic effects in various body systems, and to suggest preventive measures to reduce such effects on health.

Exposure to electromagnetic radiation at intensities lower than thermal safety standards has been associated with non-thermal biological effects including damage and changes to cells and DNA.

This review presents evidence of such effects demonstrated in: the hematologic system, the nervous system, the immune system, the reproductive system, the skin and muscles, the cardiovascular system, glucose metabolism, and Electrohypersensitivity ("Microwave sickness"). Protective measures are then suggested to reduce these effects.

Key words: *electromagnetic radiation, non-thermal exposure, health, electrohypersensitivity, protective measures, safety standards.*

© Stein Y., 2021

Yael Stein – a resident physician and researcher at the department of Anesthesiology (e-mail: yael.stein1@mail.huji.ac.il; tel.: +972-50-3310121; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7915-1853>).

References

1. Markov M. Thermal Vs. Nonthermal Mechanisms of Interactions Between Electromagnetic Fields and Biological Systems. *Bioelectromagnetics Current Concepts. NATO Security Through Science Series*. In: S.N. Ayrapetyan, M.S. Markov eds. Dordrecht, Springer, 2006, pp. 1–15. DOI: 10.1007/1-4020-4278-7_1
2. ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 Khz To 300 ghz). *Health Phys*, 2020, vol. 118, no. 5, pp. 483–524. DOI: 10.1097/HP.0000000000001210
3. Belpomme D., Hardell L., Belyaev I., Burgio E., Carpenter D.O. Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective. *Environmental Pollution*, 2018, vol. 242, pt. A, pp. 643–658. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.019
4. Lai H., Singh N.P. Melatonin and N-tert-butyl-alpha-phenylnitron block 60-Hz magnetic field-induced DNA single and double strand breaks in rat brain cells. *J. Pineal Res*, 1997, vol. 22, no. 3, pp. 152–162. DOI: 10.1111/j.1600-079x.1997.tb00317.x
5. Udroui I., Cristaldi M., Ieradi L.A., Bedini A., Giuliani L., Tanzarella C. Clastogenicity and aneuploidy in newborn and adult mice exposed to 50 Hz magnetic fields. *Int. J. Rad. Biol.*, 2006, vol. 82, no. 8, pp. 561–567. DOI: 10.1080/09553000600876660
6. Zothansiana, Zosangzuali M., Lalramdinpuii M., Jagetia G.C. Impact of radiofrequency radiation on DNA damage and antioxidants in peripheral blood lymphocytes of humans residing in the vicinity of mobile phone base stations. *Electromagnetic Biology & Medicine*, 2017, vol. 36, no. 3, pp. 295–305. DOI: 10.1080/15368378.2017.1350584
7. Marino A.A. Time-dependent hematological changes in workers exposed to electromagnetic fields. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1995, vol. 56, no. 2, pp. 189–192. DOI: 10.1080/15428119591017231
8. Lai H. Exposure to Static and Extremely-Low Frequency Electromagnetic Fields and Cellular Free Radicals. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2019, vol. 38, no 4, pp. 231–248. DOI: 10.1080/15368378.2019.1656645
9. Kim J.H., Lee J.-K., Kim H.-G., Kim K.-B., Kim H.R. Possible Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure on Central Nerve System, *Biomol. Ther.*, 2019, vol. 27, no. 3, pp. 265–275. DOI: 10.4062/biomolther.2018.152
10. Sheppard A.R., Bawin S.M., Adey W.R. Models of long-range order in cerebral macromolecules: Effects of sub-ELF and of modulated VHF and UHF fields. *Radio Science*, 1979, vol. 14, no. 6S, pp. 141–145. DOI: 10.1029/RS014i06Sp00141
11. Eberhardt J.L., Persson B.R., Brun A.E., Salford L.G., Malmgren L.O. Blood-brain barrier permeability and nerve cell damage in rat brain 14 and 28 days after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Electromagn. Biol. Med.*, 2008, vol. 27, no. 3, pp. 215–229. DOI: 10.1080/15368370802344037
12. Carrubba S., Frilot C. 2nd, Chesson A.L. Jr., Marino A.A. Mobile-phone pulse triggers evoked potentials. *Neurosci. Lett.*, 2010, vol. 469, no. 1, pp. 164–168. DOI: 10.1016/j.neulet.2009.11.068
13. Benassi B., Filomeni G., Montagna C., Merla C., Lopresto V., Pinto R., Marino C., Consales C. Extremely Low Frequency Magnetic Field (ELF-MF) Exposure Sensitizes SH-SY5Y Cells to the Pro-Parkinson's Disease Toxin MPP (.). *Mol. Neurobiol.*, 2016, vol. 53, no. 6, pp. 4247–4260. DOI: 10.1007/s12035-015-9354-4
14. Bobkova N.V., Novikov V.V., Medvinskaya N.I., Aleksandrova I.Y., Nesterova I.V., Fesenko E.E. Effect of weak combined static and extremely low-frequency alternating magnetic fields on spatial memory and brain amyloid- β in two animal models of Alzheimer's disease. *Electromagn. Biol. Med.*, 2018, vol. 37, no. 3, pp. 127–137. DOI: 10.1080/15368378.2018.1471700
15. Terzi M., Ozberk B., Deniz O.G., Kaplan S. The role of electromagnetic fields in neurological disorders. *J. Chem. Neuroanat.*, 2016, vol. 7, pt. B, pp. 77–84. DOI: 10.1016/j.jchemneu.2016.04.003
16. Byun Y.-H., Ha M., Kwon H.-J., Hong Y.-C., Leem J.-H., Sakong J., Kim S.Y., Lee C.G. [et al.]. Mobile Phone Use, Blood Lead Levels, and Attention Deficit Hyperactivity Symptoms in Children: a longitudinal study. *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 3, pp. e59742. DOI: 10.1371/journal.pone.0059742
17. Pall M.L. Wi-Fi is an important threat to human health. *Environmental Research*, 2018, no. 164, pp. 405–416. DOI: 10.1016/j.envres.2018.01.035
18. Pall M.L. Microwave frequency electromagnetic fields (EMFs) produce widespread neuropsychiatric effects including depression. *J. Chem. Neuroanat.*, 2016, vol. 75, pt. B, pp. 43–51. DOI: 10.1016/j.jchemneu.2015.08.001
19. Szmigielski S. Reaction of the immune system to low-level RF/MW exposures. *Sci. Total. Environ.*, 2013, vol. 454–455, pp. 393–400. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.03.034
20. El-Gohary O.A., Said M.A. Effect of electromagnetic waves from mobile phone on immune status of male rats: possible protective role of vitamin D. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 2017, vol. 95, no. 2, pp. 151–156. DOI: 10.1139/cjpp-2016-0218
21. Marshall T.G., Rumann Heil T.J. Electrosmog and autoimmune disease. *Immunol. Res.*, 2017, vol. 65, no. 1, pp. 129–135. DOI 10.1007/s12026-016-8825-7
22. Lushnikov K.V., Gapeev A.B., Sadovnikov V.B., Chemeris N.K. Effect of the weak extremely-high-frequency electromagnetic radiation on the indices of the Humoral Immunity in healthy mice. *Biophysics*, 2001, vol. 46, no. 4, pp. 711–719.
23. Belpomme D., Irigaray P. Electrohypersensitivity as a Newly Identified and Characterized Neurologic Pathological Disorder: How to Diagnose, Treat, and Prevent It. *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21, no. 6, pp. 1915. DOI: 10.3390/ijms21061915
24. Saygin M., Asci H., Ozmen O., Cankara F.N., Dincoglu D., Ilhan I. Impact of 2.45 GHz microwave radiation on the testicular inflammatory pathway biomarkers in young rats: The role of gallic acid. *Environ. Toxicol.*, 2016, vol. 31, no. 12, pp. 1771–1784. DOI: 10.1002/tox.22179
25. Schauer I., Mohamad Al-Ali B. Combined effects of varicocele and cell phones on semen and hormonal parameters. *Wien Klin Wochenschr*, 2018, vol. 130, pp. 335–340. DOI: 10.1007/s00508-017-1277-9
26. Johansson O., Hilliges M., Björnhagen V., Hall K. Skin changes in patients claiming to suffer from “screen dermatitis”: a two-case open-field provocation study. *Exp. Dermatol.*, 1994, vol. 3, no. 5, pp. 234–238. DOI: 10.1111/j.1600-0625.1994.tb00282.x
27. Johansson O., Liu P.-Y. “Electrosensitivity”, “electrosupersensitivity” and “screen dermatitis”: preliminary observations from on-going studies in the human skin. *Proceedings of the COST 244: Biomedical Effects of Electromagnetic Fields. Workshop on Electromagnetic Hypersensitivity*. In: D. Simunic ed. Brussels/Graz: EU/EC (DG XIII), 1995, pp. 52–57.

28. Cardona-Hernández M.A., Fierro-Arias L., Cabrera Pérez A.L., Vidal-Flores A.A. Efectos de la radiación electromagnética en la piel [Effects of electromagnetic radiation on skin]. *Dermatol. Rev. Mex.*, 2017, vol. 61, no. 4, pp. 292–302 (in Spain).
29. Simon D., Daubos A., Pain C., Fitoussi R., Vié K., Taieb A., de Benetti L., Cario-André M. Exposure to acute electromagnetic radiation of mobile phone exposure range alters transiently skin homeostasis of a model of pigmented reconstructed epidermis. *Int. J. Cosmet. Sci.*, 2013, vol. 35, no. 1, pp. 27–34. DOI: 10.1111/j.1468-2494.2012.00746.x
30. Esen F., Esen H. Effect of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the latency of evoked electrodermal activity. *Int. J. Neurosci.*, 2006, vol. 116, no. 3, pp. 321–329. DOI: 10.1080/002074505000403371
31. Feldman Y., Puzenko A., Ishai P.B., Caduff A., Davidovich I., Sakran F., Agranat A.J. The electromagnetic response of human skin in the millimetre and submillimetre wave range. *Phys. Med. Biol.*, 2009, vol. 54, no. 11, pp. 3341–3363. DOI: 10.1088/0031-9155/54/11/005
32. Blank M. Electric stimulation of protein synthesis in muscle. *Advances in Chemistry*, 1995, vol. 250, pp. 143–153. DOI: 10.1021/ba-1995-0250.ch009
33. McCarty D.E., Carrubba S., Chesson A.L., Frilot C., Gonzalez-Toledo E., Marino A.A. Electromagnetic hypersensitivity: evidence for a novel neurological syndrome. *Int. J. Neurosci.*, 2011, vol. 121, no. 12, pp. 670–676. DOI: 10.3109/00207454.2011.608139
34. Vangelova K., Deyanov C., Israel M. Cardiovascular risk in operators under radiofrequency electromagnetic radiation. *Int. J. Hyg. Environ. Health.*, 2006, vol. 209, no. 2, pp. 133–138. DOI: 10.1016/j.ijheh.2005.09.008
35. Wilen J., Hornsten R., Sandstrom M., Bjerle P., Wiklund U., Stensson O., Lyskov E., Mild K.H. Electromagnetic field exposure and health among RF plastic sealer operators. *Bioelectromagnetics*, 2004, vol. 25, no. 1, pp. 5–15. DOI: 10.1002/bem.10154
36. Zhang X., Gao Y., Dong J., Wang S., Yao B., Zhang J., Hu S., Xu X. [et al.] The Compound Chinese Medicine “Kang Fu Ling” Protects against High Power Microwave-Induced Myocardial Injury. *PLoS One*, 2014, vol. 9, no. 7, pp. e101532. DOI: 10.1371/journal.pone.0101532
37. Shuvy M., Abedat S., Beeri R., Valitzki M., Stein Y., Meir K., Lotan C. Electromagnetic fields promote severe and unique vascular calcification in an animal model of ectopic calcification. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 2014, vol. 66, no. 7, pp. 345–350. DOI: 10.1016/j.etp.2014.05.001
38. Falcioni L., Bua L., Tibaldi E., Lauriola M., De Angelis L., Gnudi F., Mandrioli D., Manservigi M. [et al.]. Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. *Environ. Res.*, 2018, vol. 165, pp. 496–503. DOI: 10.1016/j.envres.2018.01.037
39. NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in Sprague Dawley Rats Exposed to Whole-body Radio Frequency Radiation at a Frequency (900 Mhz) and Modulations (GSM and CDMA) Used by Cell Phones: Technical Report 595. *National Toxicology Program. Public Health Service*. U.S. Department of Health and Human Services, 2018. Available at: https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/lt_rpts/tr595_508.pdf?utm_source=direct&utm_medium=prod&utm_campaign=ntpgolinks&utm_term=tr595 (05.06.2021).
40. Meo S.A., Rubeaan K.A.I. Effects of exposure to electromagnetic field radiation (EMFR) generated by activated mobile phones on fasting blood glucose. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health.*, 2013, vol. 26, no. 2, pp. 235–241. DOI: 10.2478/s13382-013-0107-1
41. Salah M.B., Abdelmelek H., Abderraba M. Effects of olive leave extract on metabolic disorders and oxidative stress induced by 2.45 GHz WIFI signals. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 2013, vol. 36, no. 3, pp. 826–834. DOI: 10.1016/j.etap.2013.07.013
42. Stein Y., Udasin I. Electromagnetic hypersensitivity (EHS, microwave syndrome) – Review of mechanisms. *Environmental Research*, 2020, vol. 186, pp. 09445. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109445
43. Belyaev I. Biophysical Mechanisms for Nonthermal Microwave Effects. *Electromagnetic Fields in Biology and Medicine (1st ed.)*. In: M.S. Markov ed. Boca Raton, CRC Press, 2015, Chapter 5, pp. 49–68.
44. Blackman C.F., Kinney L.S., House D.E., Joines W.T. Multiple power-density windows and their possible origin. *Bioelectromagnetics*, 1989, vol. 10, no. 2, pp. 115–128. DOI:10.1002/bem2250100202
45. Liboff A.R. Geomagnetic cyclotron resonance in living cells. *J. Biological. Phys.*, 1985, vol. 13, no. 4, pp. 99–102.
46. Panagopoulos D.J., Karabarbounis A., Margaritis L.H. Mechanism for action of electromagnetic fields on cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2002, vol. 298, no. 1, pp. 95–102. DOI: 10.1016/S0006-291X(02)02393-8
47. Friedman J., Kraus S., Hauptman Y., Schiff Y., Seger R. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies. *The Biochemical journal*, 2007, vol. 405, no. 3, pp. 559–568. DOI: 10.1042/BJ20061653
48. Giuliani L., D’Emilia E., Grimaldi S., Lisi A., Bobkova N., Zhadin M.N. Investigating the Icr Effect in a Zhadin’s Cell. *Int. J. Biomed. Sci.*, 2009, vol. 5, no. 2, pp. 181–186.
49. Zhadin M. On mechanism of combined extremely weak magnetic field action on aqueous solution of amino acid. *Non-thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter. ICEMS Monograph. Eur. J. Oncology.*, 2010, vol. 5, pp. 1–5.
50. Blank M., Goodman R. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. *Int. J. Radiat. Biol.*, 2011, vol. 87, no. 4, pp. 409–415. DOI: 10.3109/09553002.2011.538130
51. Guideline of the Austrian Medical Association for diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses (EMF Syndrome). Austrian Medical Association, 2012. Available at: <https://vagbrytaren.org/Guideline%20%20AG-EMF.pdf> (11.08.2021).
52. Belyaev I., Dean A., Eger H., Hubmann G., Jandrisovits R., Kern M., Kundi M., Moshhammer H. [et al.]. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. *Rev. Environ. Health.*, 2016, vol. 31, no. 3, pp. 363–397. DOI: 10.1515/reveh-2016-0011

53. O rekomendatsiyakh roditelyam po bezopasnomu ispol'zovaniyu mobil'nogo telefona [Recommendations for parents on the safe use of a mobile phone]. Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'ei i blagopoluchiya cheloveka. Available at: https://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=13375 (15.07.2021) (in Russian).
54. What you need to know about wireless radiation and your baby. The Baby Safe Project. Available at: https://128441a4-6b5e-4ac8-8d74-a461f5bada16.filesusr.com/ugd/2cea04_9747b215cd62435aa100d3d331ab0673.pdf (04.06.2021).
55. Living with Technology, Children's Health Remains their Inexplicable Right and our Own Obligation: Press release 24 June 2019. Cyprus Committee on Environment and Children's Health. Available at: <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/PRESS-RELEASE-Cyprus-2019-Campaign-3.pdf> (07.06.2021).
56. Mallery-Blythe E. 2020 Consensus Statement of UK and International Medical and Scientific Experts and Practitioners on Health Effects of Non-Ionising Radiation (NIR). Physicians' Health Initiative for Radiation and Environment (PHIRE) & British Society for Ecological Medicine (BSEM). Available at: <https://phiremedical.org/wp-content/uploads/2020/11/2020-Non-Ionising-Radiation-Consensus-Statement.pdf> (07.06.2021).
57. Switzerland Doctors For Environmental Protection. 2020 Consensus Statement of UK and International Medical and Scientific Experts and Practitioners on Health Effects of Non-Ionising Radiation (NIR). Available at: <https://ehtrust.org/science/medical-doctors-consensus-statements-recommendations-cell-phoneswireless/> (07.06.2021).
58. Cell Phone Radiation & Children's Health: What Parents Need to Know. American academy of Pediatrics. Available at: <https://www.healthychildren.org/English/safety-prevention/all-around/Pages/Cell-Phone-Radiation-Childrens-Health.aspx> (08.06.2021).
59. 10 Years after the Freiburg Appeal: Radio-frequency Radiation Poses a Health Risk. Physicians Demand Overdue Precaution. International Doctors' Appeal 2012. Available at: http://freiburger-appell-2012.info/media/International_Doctors_Appeal_2012_Nov.pdf (17.05.2021).
60. Di Ciaula A. 5G networks in European Countries: appeal for a standstill in the respect of the precautionary principle. International Society of Doctors for Environment. Available at: https://www.isde.org/5G_appeal.pdf (14.06.2021).
61. The Venice Resolution. International commission for electromagnetic safety, 2008. Available at: <http://www.icems.eu/resolution.htm> (13.06.2021).
62. The Benevento Resolution. International Commission for Electromagnetic Safety, 2006. Available at: http://www.icems.eu/docs/BeneventoResolution_REVISED_march2008.pdf (13.06.2021).
63. Scientists call for Protection from Non-ionizing Electromagnetic Field Exposure: International Appeal. Available at: <https://emfscientist.org/index.php/emf-scientist-appeal> (20.06.2021).
64. Simunic D. Measurement of RF Near and Far Fields. WHO International Seminar on Biological Effects, Health Consequences and Standards for Pulsed Radiofrequency fields. Erice, November 21–30, 1999.
65. Step by step to safe technology. Environmental Health Trust. Available at: <https://ehtrust.org/resources-to-share/printable-resources/> (17.08.2021).
66. Belpomme D., Hardell L., Belyaev I., Burgio E., Carpenter D.O. Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective. *Environ. Pollut.*, 2018, vol. 242, pt. A, pp. 643–658. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.019
67. Kostoff N., Heroux P., Aschner M., Tsatsakis A. Adverse Effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions. *Toxicology Letters*, 2020, vol. 323, pp. 35–40. DOI: 10.1016/j.toxlet.2020.01.020
68. Russian National Committee of Non-Ionizing Radiation Protection – 2008 report. Available at: <https://www.who.int/peh-emf/project/mapnatreps/RUSSIA%20report%202008.pdf> (11.08.2021).
69. Scientists and Doctors Demand Moratorium on 5G. Increased radiation from cell towers poses potential risks, say scientists from around the world. Environmental Health Trust, 2017. Available at: <https://ehtrust.org/scientists-and-doctors-demand-moratorium-on-5g-warning-of-health-effects/> (09.06.2021).
70. The 5G appeal. Available at: <https://www.5gappeal.eu/> (09.06.2021).
71. Stop 5G on Earth and in Space: International Appeal, An Emergency Appeal to the World's Governments by Scientists, Doctors, Environmental Organizations and Others. Available at: <https://www.5gspaceappeal.org/the-appeal> (20.06.2021).
72. El-Hajj A.M., Naous T. Radiation Analysis in a Gradual 5G Network Deployment Strategy. *2020 IEEE 3rd 5G World Forum (5GWF)*, 2020, pp. 448–453. DOI: 10.1109/5GWF49715.2020.9221314
73. Ishai P.B. The Green Dilemma of 5G Densification. *The Times of Israel*. Available at: <https://blogs.timesofisrael.com/the-green-dilemma-of-5g-densification/> (19.06.2021).

Stein Y. Preventive measures to reduce harmful effects produced by electromagnetic radiation on health. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 3, pp. 42–53. DOI: 10.21668/health.risk/2021.3.04.eng

Получена: 03.06.2021

Принята: 15.09.2021

Опубликована: 30.09.2021