

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.2>

УДК: 612.3

Тип статьи: Обзор литературы / Review



Влияние микронутриентов на показатели зрительных функций у спортсменов: ретроспективный анализ актуальных статей

И.Б. Медведев, Ш.А. Алиева*, М.В. Гусаков, Н.И. Медведева, Н.Н. Дергачёва

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Глаза, как и другие органы человека, испытывают существенный дефицит питательных веществ при чрезмерных нагрузках, что может резко отразиться на показателях зрительных функций и, соответственно, качестве жизни и тренировок спортсмена.

В данной статье определена зависимость между состоянием органа зрения и спортивными результатами. Также представлен обзор последних научных исследований, касающихся влияния биологически значимых микронутриентов на функции зрительного анализатора, с примерами продуктов, способствующих улучшению зрительных функций.

Ключевые слова: орган зрения, острота зрения, витамины, микронутриенты, каротиноиды, спортсмены

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Медведев И.Б., Алиева Ш.А., Гусаков М.В., Медведева Н.И., Дергачёва Н.Н. Влияние микронутриентов на показатели зрительных функций у спортсменов: ретроспективный анализ актуальных статей. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):60–66. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.2>

Поступила в редакцию: 15.07.2022

Принята к публикации: 15.09.2022

Online first: 16.09.2022

Опубликована: 30.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

The impact of micronutrients on athletes' vision: a retrospective analysis of relevant articles

Igor B. Medvedev¹, Shirin A. Alieva^{1,*}, Michail V. Gusakov¹, Natalia I. Medvedeva¹,
Nadezhda N. Dergacheva¹

¹Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

The eyes, like other human organs, are deficient in nutrients during over-training, which can affect visual acuity and, accordingly, the quality of training.

This article defines the importance of the organ of vision for sports results. It also provides an overview of the latest scientific research on the impact of biologically significant micronutrients on the functions of the visual analyzer with examples of products that help improve visual functions.

Keywords: organ of vision, visual acuity, nutrients, vitamins, carotenoids, athletes

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Medvedev I.B., Alieva S.A., Gusakov M.V., Medvedeva N.I., Dergacheva N.N. The impact of micronutrients on athletes' vision: a retrospective analysis of relevant articles. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):60–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.2>

Received: 15 July 2022

Accepted: 15 September 2022

Online first: 16 September 2022

Published: 30 September 2022

*Corresponding author

На сегодня роль органа зрения в выступлениях спортсменов остается крайне недооцененной. Зрение наряду со скоростью и силой — критически важное составляющее успеха спортивных соревнований. Острота зрения, способность действовать и отвечать на объекты в поле зрения оказывают непосредственное влияние на результаты.

Основные показатели зрительных функций, наиболее важные для спортсмена:

острота зрения — при снижении данного показателя спортсмен может не воспринимать некоторые элементы (например, траекторию вращения мяча);

контрастность — способность разделять объекты, имеющие различные цвета (например, темный круг на фоне белой мишени в биатлоне);

способность в короткие сроки возобновлять адекватную зрительную функцию после вспышек света или бликов (например, при игре на стадионе с большим количеством яркого искусственного освещения);

скорость обработки зрительной информации, которая включает в себя время, затрачиваемое на восприятие органом зрения, перенос информации в головной мозг и формирование соответствующей ответной реакции. Данный показатель может быть уменьшен с помощью специальных тренировок;

состояние слезной пленки на поверхности глаза — под воздействием таких внешних факторов, как сильный ветер, яркое освещение, сухой воздух в помещении, возможно появление чувства сухости, песка в глазах, что может вызвать ощущение дискомфорта у спортсмена и снижение результативности.

Одним из первостепенных шагов в улучшении зрительной функции является нормализация питания спортсмена. К примеру, благоприятным эффектом обладают витамины А, С и Е, цинк, селен и лютеин, которые обеспечивают защиту от возрастных изменений кристаллина хрусталика и структур сетчатки (катаракта и ВМД). Продукты, содержащие омега-3 жирные кислоты, предотвращают появление синдрома сухого глаза, а такие нутриенты, как лютеин, зеаксантин, бета-каротин, защищают сетчатку от воздействия солнечного излучения.

В данной работе представляем анализ научных статей, в которых было изучено влияние отдельных витаминов и микроэлементов на зрительные функции (и снижение риска отдельных патологий), а также подбираем оптимальные суточные дозы для реализации максимальных эффектов нутриентов.

1. Витамин С

На базе Оклендского университета группа молодых ученых (Lim и соавт.) провела исследование о влиянии витамина С на патогенез формирования катаракты, а также детально, опираясь на научные исследования, улучшила понимание механизмов, участвующих в доставке и поглощении антиоксидантов хрусталиком [1].

В целом благоприятное влияние витамина С на профилактику развития катаракты не было доказано в связи с большим количеством изменчивых переменных в исследованиях, но были отмечены важные особенности аскорбиновой кислоты, влияющие на протекцию глаза.

Во-первых, следует сказать, что концентрация витамина С в водянистой влаге, стекловидном теле и хрусталике превышает его концентрацию в плазме крови в 20–70 раз. Предполагается, что окислительный стресс, вызванный ультрафиолетовым излучением, нивелируется под действием витамина С, который также участвует в обмене витамина Е и глутатиона, тем самым потенцируя антиоксидантный эффект.

Во-вторых, в отличие от большинства живых существ, люди не способны синтезировать витамин С эндогенно. У человека превращение l-гулоно-γ-лактона в витамин С с участием фермента гулонолактоноксидазы нефункционально из-за накопления некоторых мутаций, влияющих на этот фермент. В связи с этим важным аспектом является обеспечение потребления продуктов, содержащих аскорбиновую кислоту в должном количестве.

Необходимо понимать, что при развитии патологических состояний или потреблении в высоких дозах витамин С в присутствии окислительно-активных ионов (например, железо или медь) может действовать как прооксидант, способствуя образованию гидроксирадикалов, что приводит к значительному окислительному повреждению [2]. Это означает, что витамин С, являясь антиоксидантом в физиологических условиях, может выполнять роль прооксиданта в патологических условиях. Поэтому перед приемом добавок необходима консультация врача.

2. Витамин Е

Результаты проведенных исследований не показали прямой зависимости между уровнем витамина Е в крови и риском развития возрастной катаракты или глаукомы. На сегодня роль токоферола в отношении профилактики вышеуказанных заболеваний остается до конца не изученной и нуждается в дальнейшем тщательном рассмотрении [3, 4].

3. Витамин D

В условиях постоянного воздействия агрессивных факторов окружающей среды (снег, ветер, УФ-излучение, высокие и низкие температуры, высокоинтенсивное искусственное освещение) на глазную поверхность у спортсменов важным остается вопрос поддержания целостности и нормального функционирования слезной пленки.

Витамин D — это жирорастворимый витамин, который человек получает с продуктами питания или через синтез в кожных покровах после воздействия солнечного света.

Витамин D играет иммуномодулирующую роль, подавляя ответы как Th1-, так и Th2-лимфоцитов. Кроме

того, он регулирует клеточную пролиферацию, дифференцировку и апоптоз, тем самым усиливая барьерные функции эпителия роговицы. Стимулируя производство поверхностно-активных веществ, он способствует формированию липидного компонента слезной пленки, тем самым стабилизируя состояние глазной поверхности [5]. Наконец, он модулирует системную абсорбцию кальция, которая играет решающую роль в поддержании секреции жидкости как в слюнных, так и в слезных железах [6]. Сывороточные уровни витамина D показали значимые корреляции с продукцией слезы, стабильностью слезной пленки и выраженностью симптомов синдрома сухого глаза (ССГ) [7].

Исходя из этих предположений, витамин D был определен как потенциальное средство терапии ССГ. Yang и соавт. в своем исследовании определили значительное сокращение степени выраженности симптомов сухого глаза, улучшение показателей пробы Норна и Ширмера после 2 месяцев приема добавок витамина D [8]. Кроме того, было установлено, что эффект слезозаместительной терапии зависит от уровня этого витамина в сыворотке крови и дополнительный прием в качестве добавки вызывает пропорциональное повышение ее эффективности [9].

4. Витамин А

Витамин А включает в себя ретинол (биологически активная форма), полученный из продуктов животного происхождения, и каротиноиды, из растений. Витамин А необходим для поддержания функций слизистых, процесса фототрансдукции сетчатки, метаболизма костей, репродуктивной функции и иммунной системы. В частности, витамин А участвует в метаболизме, росте и дифференцировке эпителия глазной поверхности [10].

Ранним клиническим проявлением дефицита витамина А является никталопия («куриная слепота»). На первых стадиях дефицита зрительные функции обычно нормализуются после введения дополнительной терапии [11]. Однако у пациентов с длительным дефицитом могут развиваться такие осложнения, как ороговение конъюнктивы (ксерофтальмия), эпителиопатия роговицы и изъязвление [12].

Согласно проведенным исследованиям, применение трансретиноевой кислоты привело к заметному повышению регенераторной способности поврежденного эпителия роговицы и конъюнктивы [13,14]. Это связано с обращением вспять процесса плоскоклеточной метаплазии, что задокументировано цитологией слепков конъюнктивы [13]. Кроме того, недавнее клиническое исследование показало, что кратковременное добавление в рацион витамина А у пациентов с ССГ улучшает качество слезы [15].

5. Макулярные каротиноиды: зеаксантин и лютеин

Зеаксантин и лютеин выполняют антиоксидантную функцию в сетчатке: защищают от повреждения

свободными радикалами и способствуют сохранению центрального зрения. Данные соединения поступают в организм с продуктами питания (красный перец, шпинат, листовая капуста Кале, базилик, паприка, желток яйца куриного), а зеаксантин также может быть синтезирован из лютеина.

Использование зеаксантина и лютеина для улучшения элементов зрительной функции имеет доказательную базу. Так, в исследовании Stuart P. Richer и соавт. было установлено, что употребление зеаксантина в течение 12 месяцев привело к повышению остроты зрения на 1,5 строчки. В других группах, принимавших лютеин и комбинацию зеаксантина и лютеина, — повышение остроты зрения произошло лишь на 1 строчку [16].

В исследовании Dong-Wouk Park и соавт. была доказана положительная корреляция между потреблением зеаксантина и контрастной чувствительностью в темноте. Также зеаксантин показал свою эффективность в отношении снижения раздражения от яркого света и бликов. Данную положительную корреляцию наблюдали и в группе пациентов, принимавших лютеин, который показал большую эффективность в сравнении с зеаксантином [17]. Полученные данные указывают на особую значимость макулярных каротиноидов для спортсменов, выступающих на открытых аренах с прямым воздействием УФ-излучения, множеством бликов, на воде, снегу и закрытых площадках с ярким высокоинтенсивным искусственным освещением. Высокая чувствительность к бликам и длительное восстановление зрительных функций после их воздействия приводят к росту числа ошибок, вероятности получить травму и снижению результативности спортсмена.

Сегодня невозможно представить жизнь без использования смартфонов. Именно поэтому стоит упомянуть исследование, касающееся пользы макулярных каротиноидов для людей, активно использующих телефон. При употреблении комбинации зеаксантина и лютеина в дозировке 24 мг/день были выявлены следующие эффекты: снижение субъективных жалоб на головные боли и блики в глазах после длительного использования смартфона, а также улучшение качества сна [18].

Отдельного упоминания заслуживает роль лютеина в профилактике и улучшения течения таких заболеваний глаза, как ВМД и катаракта. Например, в исследовании итальянских ученых CARMIS была выявлена следующая закономерность: в группе пациентов с ВМД, употреблявших лютеин в дозе 10 мг/день в течение года, наблюдалось снижение дисфункции в центральной сетчатке (по результатам мультифокальной электроретинограммы), а также повышение остроты зрения [19].

При изучении вопроса о подборе наиболее эффективной дозировки макулярного каротиноида были рассмотрены три исследования, в результатах которых наблюдалась следующая закономерность: ежедневное употребление 20 мг лютеина не оказывало большего

эффекта на зрительные функции в сравнении с группой, употреблявшей 10 мг/день [20, 21, 22].

6. Омега-3 и -6 жирные кислоты

Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты (ЖК) являются фундаментальными структурными компонентами клеточных мембран, а также предшественниками синтеза многочисленных биологически активных веществ. Основные омега-3 ЖК включают короткоцепочечную альфа-линолевую кислоту (АЛК) и длинноцепочечную эйкозапентаеновую кислоту (ЭПК), докозапентаеновую кислоту (ДПК) и докозагексаеновую кислоту (ДГК). В то время как короткоцепочечные омега-3 ЖК получают из растительных источников, длинноцепочечные омега-3 ЖК получают из жирной рыбы и могут быть синтезированы путем удлинения короткоцепочечных ЖК. Биологическая активность полиненасыщенных жиров зависит также от соотношения потребления омега-6 и омега-3.

Недавние исследования, которые позволили понять внутренние механизмы разрешения воспаления, указали на роль резольвинов и протектинов, полученных из омега-3 ЖК, препятствующих инфильтрации лейкоцитов и усиливающих очистительную функцию макрофагов [23].

Резольвины продемонстрировали противовоспалительную активность на эпителиальных клетках роговицы человека *in vitro*. Кроме того, липооксигеназы роговицы синтезируют нейропротектин D1, производный от ДГК липидный медиатор с противовоспалительной, эпителиотрофической и нейропротекторной активностью [24].

Эффект добавок, содержащих омега-3 ЖК, может варьироваться в зависимости от подтипов ССГ. Например, у пациентов с дисфункцией мейбомиевых желез (ДМЖ) их эффективность может зависеть не только от противовоспалительной активности, но и от влияния на липидный состав.

В культивируемых эпителиальных клетках мейбомиевой железы человека воздействие омега-3 и омега-6 ЖК влияет на качество и количество внутриклеточных липидов [25].

В настоящее время изучается использование глазных капель, содержащих полиненасыщенные жирные кислоты. Исследование, оценивающее эффективность местного АЛК на мышинной модели с синдромом сухого глаза (ССГ), зафиксировало положительный эффект со снижением экспрессии CD11b+ клеток роговицы, IL-1 α , TNF- α и конъюнктивного IL-1 α , TNF- α , IFN- γ , IL-2, IL-6 и IL-10 [26].

Кроме того, местное введение линолевой кислоты, как было показано, повышает стабильность и распространение липидного слоя слезной пленки за счет повышения ее эластичности и сжимаемости [27]. Недавнее рандомизированное контролируемое исследование продемонстрировало более высокую эффективность

заменителя слезы, содержащего льняное масло и трегалозу, по сравнению с аналоговым заменителем без этих двух ингредиентов в улучшении признаков и симптомов ССГ [28].

7. Цинк

Цинк содержится в пигментном эпителии сетчатки (ПЭС) в составе антиоксидантного фермента — супероксиддисмутазы-1 (СОД1) и меланина [29].

Данный микроэлемент не синтезируется в организме человека, поэтому его необходимо получать экзогенно из пищи (к примеру, желток куриных яиц, морепродукты) или добавок.

Стоит упомянуть роль цинка в снижении риска развития осложнений возрастной макулярной дегенерации (ВМД): наблюдалось уменьшение неоваскулярных проявлений у пациентов с ВМД при суточном употреблении микроэлемента в объеме 9,6 мг [30].

8. Суточные дозы микроэлементов и примеры продуктов, улучшающих зрительные функции

Основываясь на данных метаанализов [19, 31], нами были выведены следующие суточные дозы для витаминов и микроэлементов, благодаря которым происходит снижение риска развития заболеваний глаз и поддержание оптимальных значений показателей органа зрения (см. табл. 1).

Необходимость использования витамина С, Е и цинка в дозах, превышающих значения, указанные нами, с целью достижения более выраженного позитивного эффекта требует дальнейшего изучения.

Коллектив авторов считает опасным увеличение макулярных каротиноидов выше указанной суточной дозировки, так как имеются статистические данные о риске развития рака легких при употреблении каротиноидов в высоких дозах [32].

Основываясь на представленных требованиях, в таблице 2 приведен примерный перечень продуктов, способствующих повышению уровня антиоксидантных витаминов и микроэлементов в организме, улучшению зрительных функций и снижению развития катаракты и ВМД у спортсменов [33].

Таблица 1

Суточные дозы для витаминов, поддерживающих физиологическое состояние органа зрения

Table 1

Daily vitamins doses that support the physiological state of the organ of vision

Микроэлемент	Суточная доза
Витамин С	114–120 мг
Витамин Е	13 мг
Макулярные каротиноиды	8–10 мг
Цинк	9,6–10 мг

Таблица 2

Примерный перечень продуктов, способствующих повышению уровня антиоксидантных витаминов и микроэлементов в организме, улучшению зрительных функций и снижению развития катаракты и ВМД у спортсменов

Table 2

An indicative products list that help to increase the level of antioxidant vitamins and trace elements in the body, improve visual function and reduce the development of cataracts and age-related macular degeneration in athletes

Название продукта	Содержание витамина С на 100 г продукта, мг	Содержание витамина Е на 100 г продукта, мг	Содержание каротина на 100 г продукта, мг	Содержание цинка на 100 г продукта, мг
Красный перец	250	0,67	2	0,44
Шпинат	55	2,5	4,5	0,53
Листовая капуста коллард	35,3	2,26	2	0,21
Лосось	1	1,8	-	1,5
Морковь	5	0,4	12	0,4
Батат	23	2	0,3	0,3
Говядина, вырезка	-	0,57	-	3,24
Нут	4	0,82	0,09	2,86
Яичный желток куриный	-	2	0,21	3,11

Для улучшения личных результатов спортсменов требуется комплексный подход. Помимо стандартных тренировок в своем виде спорта необходимо работать над такими показателями, как острота зрения, скорость ответной реакции на визуальный раздражитель, контрастность и т. д.

В данной статье приведены результаты научных исследований, в которых отражена эффективность витаминов и микроэлементов в отношении достижения

максимальных показателей зрительных функций, снижения рисков развития глазных заболеваний. Также были определены приблизительные суточные дозы необходимых для спортсменов витаминов и приведены примеры продуктов с их высоким содержанием.

Все это подтверждает необходимость развития нового направления в спортивной медицине — спортивной офтальмологии с целью достижения высоких результатов, профилактики развития глазных заболеваний.

Вклад авторов:

Медведев Игорь Борисович — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Алиева Ширин Алиевна — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

Гусаков Михаил Владимирович — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

Медведева Наталья Игоревна — написание текста статьи, редактирование.

Дергачёва Надежда Николаевна — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

Authors' contributions:

Igor B. Medvedev — editing, approval of the article final version.

Shirin A. Alieva — collection and processing of material, article text writing.

Mikhail V. Gusakov — collection and processing of material, article text writing.

Natalya I. Medvedeva — article text writing, editing.

Nadezhda N. Dergacheva — collection and processing of material, article text writing.

Список литературы / References

1. Lim J. C., Arredondo M. C., Braakhuis J. A., Donaldson P.J. Vitamin C and the Lens: New Insights into Delaying the Onset of Cataract. *Nutrients*. 2020;12(10):31–42. <https://doi.org/10.3390/nu12103142>
2. Koppenol W.H. Hider R.H. Iron and Redox Cycling. Do's and Don'ts. *Free Radic. Biol. Med.* 2019;133:3–10. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.09.022>
3. Tanito M. Reported evidence of vitamin E protection against cataract and glaucoma. *Free Radic. Biol. Med.* 2021;177(12):100–119. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.10.027>
4. McNeil J. J., Robman L. G., Tikellis M.I., Sinclair C.A. Vitamin E supplementation and cataract. *Ophthalmology*. 2004;111(1):75–84. <https://doi.org/10.1016/j.ophttha.2003.04.009>

5. Pellegrini M., Senni C., Bernabei F., Cicero A.F.G., Vagge A. The Role of Nutrition and Nutritional Supplements in Ocular Surface Diseases. *Nutrients*. 2020;12(4): 952. <https://doi.org/10.3390/nu12040952>

6. Hou Y.-C., Huang J.-Y., Yeh P.-T. A randomized, double-blind, placebo-controlled study of oral antioxidant supplement therapy in patients with dry eye syndrome. *Clin. Ophthalmol.* 2016;10:813–820. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S106455>

7. Jin K.W., Ro J.W., Shin Y.J., Hyon J.Y., Wee W.R. Correlation of vitamin D levels with tear film stability and secretion in patients with dry eye syndrome. *Acta Ophthalmol.* 2016;95(3):230–235. <https://doi.org/10.1111/aos.13241>

8. Yang C.-H., Albietz J., Harkin D.G., Kimlin M.G., Schmid K.L. Impact of oral vitamin D supplementation on the ocular surface in people with dry eye and/or low serum vita-

min D. Cont. Lens Anterior Eye. 2017;41(1):69–76. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2017.09.007>

9. **Hwang J.S., Hwang J.S., Lee Y.P., Shin Y.J.** Vitamin D Enhances the Efficacy of Topical Artificial Tears in Patients with Dry Eye Disease. *Cornea*. 2019;38(3):304–310. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000001822>

10. **Tei M., Spurr-Michaud S.J., Tisdale A.S., Gipson I.K.** Vitamin A deficiency alters the expression of mucin genes by the rat ocular surface epithelium. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2000;41(1):82–88.

11. **Spits Y., De Laey J.-J., Leroy B.P.** Rapid recovery of night blindness due to obesity surgery after vitamin A repletion therapy. *Br. J. Ophthalmol*. 2004;88(4):583–585. <https://doi.org/10.1136/bjo.2003.022459>

12. **Lee W.B., Hamilton S.M., Harris J.P., Schwab I.R.** Ocular Complications of Hypovitaminosis A after Bariatric Surgery. *Ophthalmology*. 2005;112(6):1031–1034. <https://doi.org/10.1016/j.opht.2004.12.045>

13. **Tseng S.C., Maumenee A.E., Stark W.J., Maumenee I.H., Jensen A.D., Green W.R., Kenyon K.R.** Topical Retinoid Treatment for Various Dry-eye Disorders. *Ophthalmology*. 1985;92(6):717–727. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(85\)33968-4](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(85)33968-4)

14. **Ohashi Y., Watanabe H., Kinoshita S., Hosotani H., Umemoto M.** Vitamin A Eyedrops for Superior Limbic Keratoconjunctivitis. *Am. J. Ophthalmol*. 1988;105(5):523–527. [https://doi.org/10.1016/0002-9394\(88\)90245-0](https://doi.org/10.1016/0002-9394(88)90245-0)

15. **Alanazi S.A., El-Hiti G.A., Al-Baloud A.A., Alfarhan M.I., Al-Shahrani A.** Effects of short-term oral vitamin A supplementation on the ocular tear film in patients with dry eye. *Clinical Ophthalmology*. 2019;13:599–604. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S198349>

16. **Richer P. S., Stiles W., Graham-Hoffman K., Levin M., Ruskin D.** Randomized, double-blind, placebo-controlled study of zeaxanthin and visual function in patients with atrophic age-related macular degeneration. *Optometry*. 2011;82(11):667–680. <https://doi.org/10.1016/j.optm.2011.08.008>

17. **Richer S., Park D.-W., Epstein R., Wrobel J. S., Thomas C.** Macular Re-pigmentation Enhances Driving Vision in Elderly Adult Males with Macular Degeneration. *Clin. Exp. Ophthalmol*. 2012;3(3):217–222. <https://doi.org/10.4172/2155-9570.1000217>

18. **Stringham J.M., Stringham N.T., O'Brien K. J.** Macular Carotenoid Supplementation Improves Visual Performance, Sleep Quality, and Adverse Physical Symptoms in Those with High Screen Time Exposure. *Foods*. 2017;6(7):47. <https://doi.org/10.3390/foods6070047>

19. **Parisi V., Tedeschi M., Gallinaro G., Varano M., Saviano S.** Carotenoids and antioxidants in age-related maculopathy italian study: multifocal electroretinogram modifications after 1 year. *Ophthalmology*. 2008;115(2):324–333. <https://doi.org/10.1016/j.opht.2007.05.029>

20. **Stringham J.M., Stringham N.T.** Serum and retinal responses to three different doses of macular carotenoids over 12 weeks of supplementation. *Exp. eye res*. 2016;151:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2016.07.005>

21. **Dawczynski J., Jentsch S., Schweitzer D., Hammer M., Lang G. E., Strobel J.** Long term effects of lutein, zeaxanthin and

omega-3-LCPUFAs supplementation on optical density of macular pigment in AMD patients: the LUTEGA study. *Graefes arch. clin. exp. ophthalmol*. 2013;251(12):2711–2723. <https://doi.org/10.1007/s00417-013-2376-6>

22. **Huang Y.-M., Dou H.-L., Huang F.-F., Xu X.-R., Zou Z.-Y.** Effect of supplemental lutein and zeaxanthin on serum, macular pigmentation, and visual performance in patients with early age-related macular degeneration. *Biomed. Res. Int.*. 2015;2015: 564738. <https://doi.org/10.1155/2015/564738>

23. **Serhan C.N.** Novel Lipid Mediators and Resolution Mechanisms in Acute Inflammation. *Am. J. Ophthalmol*. 2010;177(4):1576–1591. <https://doi.org/10.2353/ajpath.2010.100322>

24. **Gronert K., Maheshwari N., Khan N., Hassan I.R., Dunn M.** A role for the mouse 12/15-lipoxygenase pathway in promoting epithelial wound healing and host defense. *J. biol. chem*. 2005;280(15):15267–15278. <https://doi.org/10.1074/jbc.M410638200>

25. **Liu Y., Kam W.R., Sullivan D.A.** Influence of Omega 3 and 6 Fatty Acids on Human Meibomian Gland Epithelial Cells. *Cornea*. 2016;35(8):1122–1126. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000000874>

26. **Rashid S., Jin Y., Ecoiffier T., Barabino S., Schaumberg D.A.** Topical Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids for Treatment of Dry Eye. *Arch. ophthalmol*. 2008;126(2):219–225. <https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2007.61>

27. **Mudgil P.** Evaluation of use of essential fatty acids in topical ophthalmic preparations for dry eye. *The ocular surface*. 2020;18:74–79. <https://doi.org/10.1016/j.jtos.2019.10.001>

28. **Downie L.E., Hom M.M., Berdy G.J., El-Harazi S., Verachtert A.** An artificial tear containing flaxseed oil for treating dry eye disease: A randomized controlled trial. *Ocul. Surf*. 2020;18(1):148–157. <https://doi.org/10.1016/j.jtos.2019.11.004>

29. **Borovanský J.** Zinc in pigmented cells and structures, interactions and possible roles. *Sborník lékař ský*. 1994;95(4): 309–320.

30. **Fletcher A.E.** Free radicals, antioxidants and eye diseases: evidence from epidemiological studies on cataract and age-related macular degeneration. *Ophthalmic Res*. 2010;44(3):191–198. <https://doi.org/10.1159/000316476>

31. **Albanes D., Heinonen O.P., Huttunen J.K., Taylor P.R., Virtamo J.** Effects of alpha-tocopherol and beta-carotene supplements on cancer incidence in the Alpha-Tocopherol Beta-Carotene Cancer Prevention Study. *Am. J. Clin. Nutr*. 1995;62(6 Suppl):1427–1430. <https://doi.org/10.1093/ajcn/62.6.1427S>

32. **Omenn G.S., Thornquist M.D., Balmes J., Cullen M.R., Glass A.** Risk factors for lung cancer and for intervention effects in CARET, the Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial. *J. Natl. Cancer Inst*. 1996;88(21):1550–1559. <https://doi.org/10.1093/jnci/88.21.1550>

33. **Скурихин И.М., Тутельян В.А., ред.** Химический состав российских пищевых продуктов: справочник. Москва: ДеЛи принт; 2002.

34. **Skurikhina I.M., Tutel'yan V.A., eds.** Chemical composition of Russian food products: a reference book. Moscow: DeLi print Publ.; 2002 (In Russ.).

Информация об авторах:

Медведев Игорь Борисович, д.м.н., ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра офтальмологии ФДПО. Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1. SPIN-код: 5779-2406, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8111-0919> (7280033@mail.ru)

Алиева Ширин Алиевна*, студент 6-го курса, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра офтальмологии ФДПО. Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1453-0163> (shirin.aliewa@yandex.ru)

Гусаков Михаил Владимирович, студент 5-го курса, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра офтальмологии ФДПО. Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1. SPIN-код: 8949-9300, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4447-5919> (gmiklv@gmail.com)

Медведева Наталья Игоревна, к.м.н., ассистент, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического факультета. Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1. SPIN-код: 1949-5793, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9190-4632> (smirnula@yandex.ru)

Дергачева Надежда Николаевна, ассистент, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра офтальмологии ФДПО. Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1. SPIN-код: 4932-0400, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3441-9072> (deb20052005@yandex.ru)

Information about the authors:

Igor B. Medvedev, M.D., Ph.D. (Medicine), Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Department of Ophthalmology. 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. SPIN: 5779-2406, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8111-0919> (7280033@mail.ru)

Shirin A. Alieva*, 6th year student, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Department of Ophthalmology. 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1453-0163> (shirin.aliewa@yandex.ru)

Mikhail V. Gusakov, 5th year student, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Department of Ophthalmology. 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. SPIN: 8949-9300, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4447-5919> (gmiklv@gmail.com)

Natalya I. Medvedeva, Ph.D. (Medicine), Assistant, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Department of Sports Medicine and Physical Culture, Faculty of pediatrics. 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. SPIN: 1949-5793, ORCID: <https://orcid.org/00000002-9190-4632> (smirnula@yandex.ru)

Nadezhda N. Dergacheva, Assistant, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Department of Ophthalmology. 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. SPIN: 4932-0400, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3441-9072> (deb20052005@yandex.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author