

**Для корреспонденции**

Кирпиченкова Екатерина Васильевна – ассистент кафедры экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

Адрес: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

Телефон: (495) 609-14-00

E-mail: kate.kirpichenkova@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7594-8336>

Кирпиченкова Е.В.<sup>1</sup>, Королев А.А.<sup>1</sup>, Онищенко Г.Г.<sup>1</sup>, Никитенко Е.И.<sup>1</sup>, Липатов Д.В.<sup>2</sup>, Кузьмин А.Г.<sup>2</sup>, Дыскин Ю.А.<sup>2</sup>, Денисова Е.Л.<sup>1</sup>, Фетисов Р.Н.<sup>1</sup>

## Изучение содержания лютеина и зеаксантина в рационе с оценкой взаимосвязи уровня алиментарного поступления невитаминных каротиноидов и плотности макулярной области сетчатки в молодом возрасте

Study of lutein and zeaxanthin content in the diet with the assessment of the relationship between the level of alimentary intake of non-vitamin carotenoids and the density of the macular region of the retina at a young age

Kirpichenkova E.V.<sup>1</sup>, Korolev A.A.<sup>1</sup>, Onishchenko G.G.<sup>1</sup>, Nikitenko E.I.<sup>1</sup>, Lipatov D.V.<sup>2</sup>, Kuz'min A.G.<sup>2</sup>, Dyskin Yu.A.<sup>2</sup>, Denisova E.L.<sup>1</sup>, Fetisov R.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

<sup>2</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Москва

<sup>1</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

<sup>2</sup> Endocrinology Research Centre, Moscow

*Лютеин и зеаксантин – невитаминные каротиноидные пигменты, оказывающие влияние на работу зрительного анализатора. Они избирательно накапливаются в желтом пятне сетчатки, формируют макулярный пигмент и определяют плотность макулы сетчатки, замедляя развитие возрастной макулодистрофии – одной из основных причин слепоты в старшем возрасте. Основными пищевыми источниками невитаминных каротиноидов являются зеленые листовые овощи, кабачки, тыква, зеленый горошек, брокколи. Цель данного исследования – ретроспективная гигиеническая оценка уровня и источников алиментарного поступления лютеина и зеаксантина у людей молодого возраста с изучением влияния количества лютеина и зеаксантина в рационе на плотность макулярной области сетчатки. Для количественной оценки содержания лютеина и зеаксантина в рационе была использована специально раз-*

**Для цитирования:** Кирпиченкова Е.В., Королев А.А., Онищенко Г.Г., Никитенко Е.И., Липатов Д.В., Кузьмин А.Г., Дыскин Ю.А., Денисова Е.Л., Фетисов Р.Н. Изучение содержания лютеина и зеаксантина в рационе с оценкой взаимосвязи уровня алиментарного поступления невитаминных каротиноидов и плотности макулярной области сетчатки в молодом возрасте // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 5. С. 20–26. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10049.

**Статья поступила в редакцию** 09.07.2018. **Принята в печать** 13.09.2018.

**For citation:** Kirpichenkova E.V., Korolev A.A., Onishchenko G.G., Nikitenko E.I., Lipatov D.V., Kuz'min A.G., Dyskin Yu.A., Denisova E.L., Fetisov R.N. Study of lutein and zeaxanthin content in the diet with the assessment of the relationship between the level of alimentary intake of non-vitamin carotenoids and the density of the macular region of the retina at a young age. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (5): 20–26. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10049. (in Russian)

**Received** 09.07.2018. **Accepted for publication** 13.09.2018.

работанная анкета-опросник с отражением количества потребления основных источников этих каротиноидов в день, предшествующий опросу. Для определения плотности макулы применялся неинвазивный бесконтактный метод оптической когерентной томографии сетчатки глаза. В исследовании приняли участие 96 студентов ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России в возрасте 21 года – 27 лет. В ходе исследования установлено, что лишь у 6,25% опрошенных уровень поступления лютеина и зеаксантина соответствует рекомендуемому количеству и составляет 6 мг и более, у 8,33% – 4,6–5,9 мг, у 8,33% – 3,0–4,5 мг, у 18,75% – 1,5–2,9 мг, у 45,83% – <1,4 мг. Не включают в рацион источники лютеина и зеаксантина 12,5% респондентов. В качестве основных источников лютеина и зеаксантина в рационе чаще других встречаются яйца и свежие томаты. Показатели плотности макулы соответствуют возрастным нормативам у большинства обследованных. У 8,3% отмечено снижение толщины сетчатки, у 4,2% – более высокие показатели толщины сетчатки по сравнению с нормативами. Выявлены достоверные различия показателей центральной толщины сетчатки у мужчин и женщин. Не выявлена зависимость показателей толщины сетчатки от уровней лютеина и зеаксантина, поступающих с пищевыми источниками.

**Ключевые слова:** каротиноиды, лютеин, зеаксантин, оптическая когерентная томография, макулярная область сетчатки

*Lutein and zeaxanthin are carotenoid pigments that affect the function of the visual analyzer. They selectively accumulate in the yellow spot of the retina, form macular pigment and determine the density of the retina macula. Lutein and zeaxanthin slow down the progression of age-related macular degeneration, a leading cause of senior-age blindness. The main food sources of non-vitamin carotenoids are green leafy vegetables, zucchini, pumpkin, green peas, broccoli. The aim of the study is a retrospective assessment of the levels and sources of alimentary intake of lutein and zeaxanthin in young people and research of the effect of lutein and zeaxanthin in the diet on macula density. A specially designed questionnaire was used to quantify the content of lutein and zeaxanthin in the diet, reflecting the amount of consumption of the main sources of these carotenoids on the day preceding the survey. A non-invasive non-contact method of optical coherence tomography of the retina was used to determine the density of the macula. The study involved 96 students of Sechenov University at the age of 21–27 years. The study found that only 6.25% of the respondents had daily intake of lutein and zeaxanthin of 6 mg or more, 8.33% had 4.6–5.9 mg, 8.33% had 3.0–4.5 mg, in 18.75% – 1.5–2.9 mg, in 45.83% <1.4 mg. 12.5% of respondents didn't include sources of lutein and zeaxanthin in the diet. The more common sources of lutein and zeaxanthin in the diet were eggs and fresh tomatoes. Retinal density indices corresponded to the age standards in the majority of the examined. In 8.3% surveyed the thickness of the retina was decreased, and 4.2% had higher thickness of the retina in comparison with the standards. Significant differences in the Central subfield thickness in men and women were revealed. There was no dependence of the levels of lutein and zeaxanthin coming from food sources on the retina thickness indicators.*

**Keywords:** carotenoids, lutein, zeaxanthin, optical coherence tomography, macular area of the retina

Лютеин и зеаксантин являются каротиноидными пигментами и принадлежат к группе ксантофиллов. По химической структуре лютеин и зеаксантин представляют собой тетратерпены и относятся к дигидроксипроизводным  $\alpha$ -каротина (лютеин) и  $\beta$ -каротина (зеаксантин) [1]. С гигиенических позиций они являются важнейшими невитаминными каротиноидами, обладающими определенным биологическим потенциалом, связанным с функционированием зрительного анализатора [2].

Лютеин и зеаксантин избирательно накапливаются в желтом пятне сетчатки, формируя макулярный пигмент. При этом концентрация зеаксантина в центральной части макулы значительно превышает количество лютеина, который преимущественно содержится в периферической части макулы. Наибольшие концентрации каротиноидов отмечены в слое волокон Генле и в аксонах фоторецепто-

ров [3]. Кроме того, лютеин и зеаксантин являются единственными пигментами, обнаруженными в хрусталике, но в более низкой концентрации по сравнению с макулой [4]. На клеточном уровне пигменты распределены между липидным и протеиновым компонентами мембран [5]. Лютеин и зеаксантин оказывают защитное действие в отношении фоторецепторов сетчатки, эффективно поглощая световые волны длиной 446 нм (синюю часть спектра), которые оказывают прямое повреждающее воздействие на чувствительные рецепторы макулы. Кроме того, благодаря наличию двух гидроксильных групп лютеин способен захватывать свободные радикалы, в первую очередь кислородные, тормозя механизм апоптоза фоторецепторов [6].

Содержание лютеина и зеаксантина в тканях сетчатки определяет оптическую плотность макулярного

пигмента и зависит в свою очередь от алиментарного поступления данных каротиноидов. Их основными пищевыми источниками являются овощи и фрукты [7], а также биологически активные добавки к пище [8].

Всасывание каротиноидов происходит в двенадцатиперстной кишке, их биодоступность определяется степенью кулинарной обработки пищевого источника и наличием совместно поступающих жиров и пищевых волокон [9].

Среди пищевых источников лютеина и зеаксантина важное значение имеют зеленые листовые овощи (капуста кале, шпинат, петрушка, листовой салат), кабачки, тыква, зеленый горошек, брокколи. В качестве распространенных источников исследуемых каротиноидов также рассматриваются томаты красного цвета; данные о наличии лютеина и зеаксантина в желтых, оранжевых и зеленых томатах отсутствуют (табл. 1) [10]. В таких европейских странах, как Франция и Испания, основную роль играют такие источники, как шпинат и листовой салат, в Великобритании и Ирландии – зеленый горошек и брокколи, в Нидерландах – шпинат и брокколи [11]. Исследования подтверждают, что концентрация лютеина и зеаксантина в крови прямо пропорциональна количеству потребляемых овощей и фруктов [12].

**Таблица 1.** Содержание лютеина и зеаксантина в основных пищевых источниках

Пищевой источник	Сумма лютеина и зеаксантина, мг/100 г
Шпинат	13,07
Капуста кале	6,26
Бasilik	5,65
Петрушка	5,56
Листовой салат	1,92
Зеленый горошек	1,70
Кабачки	1,51
Брюссельская капуста	1,42
Брокколи	1,22
Фисташки	1,16
Тыква	1,01
Зеленый лук	0,86
Кукуруза	0,85
Хурма	0,83
Яйца (желтки)	0,47
Сельдерей	0,30
Морковь	0,26
Кетчуп	0,16
Свежие красные томаты	0,12
Апельсиновый сок	0,12
Киви	0,12

Следует отметить, что большинство овощных источников невитаминных каротиноидов содержит только лютеин, в то время как кукуруза, желтки яиц и сладкий перец оранжевого цвета являются основными источниками зеаксантина. Биодоступность лютеина и зеаксантина из желтков яиц значительно выше по сравнению с источниками растительного происхождения, что объясняется наличием в желтке компонентов липидной природы [13].

Связь между концентрацией в сыворотке лютеина и зеаксантина, оптической плотностью макулярного

пигмента и риском развития возрастной дегенерации сетчатки у людей старшего возраста была неоднократно подтверждена различными исследованиями [14]. Кроме того, подтверждены генетический риск и влияние образа жизни на скорость развития ранних стадий возрастной макулодистрофии [15].

Многоцентровое рандомизированное клиническое исследование AREDS II (Age-Related Eye Disease Study) показало, что ежедневное применение 10 мг лютеина и 2 мг зеаксантина в сочетании с витаминами С, Е и цинком существенно снизило риск развития неоваскулярной стадии возрастной макулодистрофии [16].

Рандомизированное плацебо-контролируемое двойное слепое исследование CARMA (The Carotenoids in Age-Related Maculopathy) подтвердило замедление прогрессирования возрастной дегенерации сетчатки при приеме лютеина (6 мг/сут), зеаксантина (0,3 мг/сут) в комплексе с витаминами С и Е, цинком и медью [17].

В Российской Федерации рекомендуемый суточный уровень поступления лютеина составляет 5 мг, зеаксантина – 1 мг [18].

**Цель** настоящего исследования – гигиеническая оценка уровня и источников алиментарного поступления лютеина и зеаксантина с изучением взаимосвязи количества каротиноидов в рационе и плотности макулярной области сетчатки в молодом возрасте.

## Материал и методы

Для количественной оценки содержания лютеина и зеаксантина в рационе была использована специально разработанная анкета-опросник. Из списка пищевой продукции с высоким содержанием лютеина и зеаксантина [10] были отобраны и внесены в анкету-опросник продукты, наиболее распространенные на продовольственном рынке Москвы: зеленый горошек, кабачки, брокколи, кукуруза, тыква, брюссельская капуста, шпинат, петрушка, зеленый лук, листовой салат, яйца, томаты (томатпродукты), морковь, апельсиновый сок, киви. Анкета предусматривала регистрацию количества их потребления в день, предшествующий опросу.

Для определения плотности макулы применялся неинвазивный бесконтактный метод оптической когерентной томографии сетчатки глаза, выполненный на базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России с помощью бесконтактного оптического когерентного томографа с высоким разрешением и высокой четкостью «Cirrus™ HD-OCT» модель 5000 (производитель Carl Zeiss Meditec AG, Германия). Данный прибор позволяет визуализировать передний и задний сегменты глазного яблока и содержит нормативные базы данных для слоя нервных волокон и макулярной области. С помощью исследования был проведен высокоточный анализ толщины сетчатки и построены послойные топографические карты на основе анализа более 100 топографических срезов. В проведенном исследовании использовался

протокол Macula Cube 512×128 (512 сканов в 128 линиях в квадрате 6×6 мм). Для последовательного анализа были использованы следующие параметры: центральная толщина сетчатки (мкм), объем сетчатки (мм<sup>3</sup>) и средняя толщина сетчатки (мкм).

В ретроспективном исследовании приняли участие 96 студентов ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет) в возрасте 21–27 лет (средний возраст 22±1,1 года), из них 78 женщин в возрасте 21–25 лет (22±0,9 года) и 18 мужчин в возрасте 21–27 лет (средний возраст 22±1,6 года). Анкетирование проведено в сентябре 2016 г.

Исследование проведено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации для врачей, проводящих медико-биологические исследования с участием людей (пересмотр 59-й Генеральной ассамблеи Всемирной медицинской ассоциации, Сеул, 2008 г.).

Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием пакета Microsoft Excel 2007. Достоверность различий между гендерными группами определяли с помощью критерия Фишера и двухвыборочного *t*-критерия Стьюдента.

## Результаты и обсуждение

В ходе исследования установлено, что у 6 (6,3%) опрошенных уровни поступления лютеина и зеаксантина соответствовали рекомендуемому количеству и составляли 6 мг/сут и более. Потребление лютеина и зеаксантина в количестве, составляющем 75,0–99,9% от рекомендуемого уровня, наблюдалось у 8 (8,3%) студентов. Поступление исследуемых каротиноидов на уровне 50,0–74,9% от рекомендуемого отмечено у 8 (8,33%) респондентов, а на уровне 25,0–49,9% от рекомендуемого – у 18 (18,75%) участников исследования. У большинства студентов (56 человек, 58,33%) поступление невитаминных каротиноидов было на крайне низком уровне: у 44 (45,83%) – менее 24,9% от рекомендуемого количества, а 12 (у 12,5%) – полностью отсутствовали значимые источники в рационе.

Источники лютеина и зеаксантина в каждой группе потребления оказались различны (табл. 2).

При анализе полученных результатов установлено, что у студентов с низким уровнем поступления каротиноидов (5-я группа) основными источниками лютеина и зеаксантина в рационе являются яйца и свежие томаты, т.е. продукты с невысоким содержанием лютеина и зеаксантина. В то же время продукты, богатые лютеином и зеаксантином, либо присутствуют в рационе в недостаточном количестве (шпинат, листовой салат, зеленый горошек, кабачки, брокколи, хурма), либо отсутствуют в рационе большинства студентов (базилик, брюссельская капуста, фисташки, тыква, зеленый лук).

Сравнительный анализ уровней поступления лютеина и зеаксантина в зависимости от пола не выявил статистически значимых различий между процентными долями участников исследования во всех группах потребления (см. рисунок).

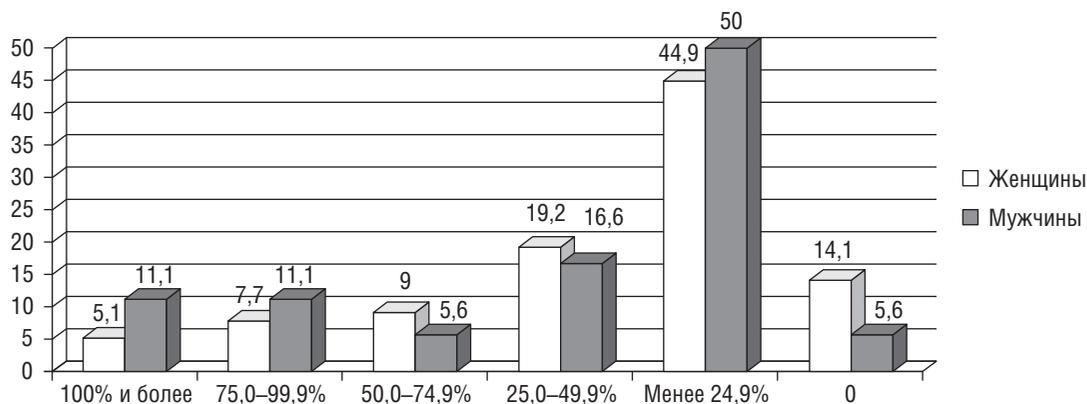
В результате исследований выявлены различия в источниках лютеина и зеаксантина, включаемых в рацион мужчин и женщин во всех группах по уровням потребления (табл. 3). У женщин отмечено большее разнообразие включаемых в рацион пищевых источников лютеина и зеаксантина, что, однако, может быть связано с большим объемом выборки. Высокие уровни поступления лютеина и зеаксантина (1-я и 2-я группы) обусловлены главным образом включением в рацион продуктов с высоким содержанием данных каротиноидов: хурмы, шпината, брокколи, петрушки, тыквы в значимых количествах. В то же время потребление яиц и свежих томатов в качестве основных источников каротиноидов в рационе 5-й группы не приводит к достижению рекомендуемого суточного уровня вследствие невысокого содержания в них лютеина и зеаксантина.

С целью оценки взаимосвязи уровня поступления лютеина и зеаксантина и плотности макулярной области сетчатки всем участникам исследования была проведена оптическая когерентная томография (табл. 4).

Оцениваемые параметры сетчатки соответствовали возрастным референсным значениям у большинства обследованных. Лишь у 12 (12,5%) студентов были отмечены симметричные изменения данных показателей по сравнению со средними значениями, причем у 8 (8,3%) – снижение толщины сетчатки, а у 4 (4,2%) – более высокие показатели толщины сетчатки.

Таблица 2. Источники лютеина и зеаксантина в группах с различным уровнем их поступления

Группа исследования	Уровень поступления лютеина и зеаксантина (в % от рекомендуемого суточного уровня)	Источники, вносящие наибольший вклад в обеспечение поступления лютеина и зеаксантина
1-я	100 и более	Брокколи, петрушка, тыква, хурма, шпинат
2-я	75,0–99,9	Листовой салат, брокколи, хурма, зеленый горошек
3-я	50,0–74,9	Брокколи, зеленый горошек, листовой салат, попкорн, хурма, шпинат
4-я	25,0–49,9	Листовой салат, кабачки, хурма, зеленый горошек, апельсиновый сок, кукуруза, соленые красные томаты
5-я	Менее 24,9	Яйца, свежие красные томаты, кабачки, апельсиновый сок, листовой салат, петрушка, кетчуп, морковь, кукуруза, пицца, рыбные консервы в томатном соусе
6-я	0	–



Доля лиц с различными уровнями поступления лютеина и зеаксантина

Таблица 3. Источники лютеина и зеаксантина у женщин и мужчин из различных групп их уровня потребления

Группа исследования	Уровень поступления лютеина и зеаксантина (в % от рекомендуемого суточного уровня)	Источники, вносящие наибольший вклад в обеспечение поступления лютеина и зеаксантина	
		женщины	мужчины
1-я	100 и более	Брокколи, петрушка, тыква	Хурма, шпинат
2-я	75,0–99,9	Листовой салат, брокколи, хурма	Зеленый горошек, листовой салат
3-я	50,0–74,9	Брокколи, зеленый горошек, листовой салат, попкорн, шпинат	Хурма
4-я	25,0–49,9	Листовой салат, хурма, зеленый горошек, кабачки, тыква, кукуруза, соленые красные томаты	Апельсиновый сок, кабачки, листовой салат
5-я	Менее 24,9	Яйца, свежие красные томаты, апельсиновый сок, кабачки, петрушка, листовой салат, морковь, зеленый лук, кетчуп, кукуруза, рыбные консервы в томатном соусе	Яйца, кабачки, кетчуп, листовой салат, пицца, свежие красные томаты

Таблица 4. Результаты оптической когерентной томографии (96 участников, 192 исследования)

Параметр	<i>M±SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Центральная толщина сетчатки, мкм	252,5±19,22	182	308
Объем сетчатки, мм <sup>3</sup>	10,1±0,53	7,6	11,3
Средняя толщина сетчатки, мкм	281±14,73	211	314

Таблица 5. Распределение показателей толщины сетчатки у мужчин и женщин

Показатель	Мужчины (n=18)			Женщины (n=78)		
	<i>M±SD</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>M±SD</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Центральная толщина сетчатки, мкм	257±19,4	226	308	250±19,0	182	298
Объем сетчатки, мм <sup>3</sup>	10,0±0,66	8,9	11,3	10,1±0,50	7,6	11,1
Средняя толщина сетчатки, мкм	278±18,5	246	314	282±13,8	211	308

Таблица 6. Число участников с показателями толщины сетчатки, отличными от нормативов, в зависимости от уровня потребления лютеина и зеаксантина

Группа исследования	Уровень поступления лютеина и зеаксантина (в % от рекомендуемого суточного уровня)	Доля студентов с показателями выше нормативных данных, %	Доля студентов с показателями ниже нормативных данных, %
1-я	100 и более	0	0
2-я	75,0–99,9	0	1,0
3-я	50,0–74,9	0	1,0
4-я	25,0–49,9	0	1,0
5-я	Менее 24,9	4,2	4,2
6-я	0%	0	1,0

Анализ зависимости толщины сетчатки от пола респондентов выявил статистически значимые ( $p < 0,05$ ) различия в центральной толщине сетчатки. Гендерные различия по показателям объема и средней толщины сетчатки статистически незначимы (табл. 5).

Среди студентов с измененными показателями преобладали женщины (у 3 отмечено увеличение толщины сетчатки, у 5 – снижение данных показателей).

Зависимость показателей толщины сетчатки от уровня лютеина и зеаксантина, поступающих с пищевыми источниками, не выявлена (табл. 6).

При этом у участников исследования, потребляющих данные каротиноиды в количестве 100% и более от рекомендуемого уровня, не обнаружены отклонения от нормативных параметров по всем изученным показателям.

## Выводы

1. Более чем у половины (58,3%) студентов поступление невитаминных каротиноидов (лютеина и зеаксантина) с рационом было на крайне низком уровне – менее 24,9% от рекомендуемого количества, что глав-

ным образом связано с ограниченным ассортиментом источников лютеина и зеаксантина (в основном яйца и свежие томаты) и малым размером порций используемых продуктов в их рационах.

2. Среди пищевых источников, вносящих наибольший вклад в общее количество лютеина и зеаксантина в рационе студентов, получающих более 75% от адекватного суточного потребления каротиноидов, нами установлены брокколи, листовая салат, зеленый горошек, хурма, петрушка, тыква, шпинат.

3. Во всех группах, ранжированных по уровню потребления лютеина и зеаксантина, не зафиксировано патологических изменений в макулярной области. Тенденция к снижению толщины сетчатки отмечена у 8,3% респондентов, представляющих различные группы по уровню поступления каротиноидов. Таким образом, у людей данной возрастной категории не выявлена достоверная зависимость показателей толщины и объема сетчатки от уровней лютеина и зеаксантина, поступающих с пищевыми источниками.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## Сведения об авторах

*Кирпиченкова Екатерина Васильевна* – ассистент кафедры экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

E-mail: kate.kirpichenkova@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7594-8336>

*Королев Алексей Анатольевич* – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

E-mail: ecolog.n@1msmu.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2294-7444>

*Онищенко Геннадий Григорьевич* – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой экологии человека и гигиены окружающей среды кафедры экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

E-mail: ecolog.n@1msmu.ru

*Никитенко Елена Ивановна* – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

E-mail: ecolog.n@1msmu.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2302-3008>

*Липатов Дмитрий Валентинович* – доктор медицинских наук, заведующий отделением диабетической ретинопатии и офтальмохирургии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России (Москва)

E-mail: ecolog.n@1msmu.ru

*Кузьмин Анатолий Геннадьевич* – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения диабетической ретинопатии и офтальмохирургии Института диабета, офтальмолог, эндокринолог ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России (Москва)

E-mail: dr.anatoly.kuzmin@gmail.com

*Дыскин Юрий Александрович* – кандидат медицинских наук, кардиолог ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России (Москва)

E-mail: dr.anatoly.kuzmin@gmail.com

*Денисова Елена Леонидовна* – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

E-mail: ecolog.n@1msmu.ru

Фетисов Роман Николаевич – ассистент кафедры экологии человека и гигиены окружающей среды ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)  
E-mail: ecolog.n@1msmu.ru

## Литература

1. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. М. : Мир, 1986. 422 с.
2. Королев А.А. Гигиена питания : руководство для врачей. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. 624 с.
3. Егоров Е.А., Романенко И.А. Возрастная макулярная дегенерация. Вопросы патогенеза, диагностики и лечения // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2009. № 1. С. 42.
4. Дадали, В. А., Дадали Ю.В., Тутельян В.А., Кравченко Л.В. Каротиноиды. Биологическая активность // Вопр. питания. 2011. № 4. С. 4–18.
5. Grudzinski W., Nierzwicki L., Welc R., Reszczynska E., Luchowski R., Czub J., Gruszecki W. Localization and orientation of xanthophylls in a lipid bilayer // Sci. Rep. 2017. Vol. 7, N 1. P. 1–10.
6. Koushan K., Rusovici R., Li W., Ferguson L., Chalam K. The role of lutein in eye-related disease // Nutrients. 2013. Vol. 5, N 5. P. 1823–1839.
7. Khoo H.-E., Prasad K.N., Kong K.-W., Jiang Y., Ismail A. Carotenoids and their isomers: color pigments in fruits and vegetables // Molecules. 2011. Vol. 16, N 2. P. 1710–1738.
8. Ma L., Liu R., Du J.H., Liu T., Wu S.S., Liu X.H. Lutein, zeaxanthin and meso-zeaxanthin supplementation associated with macular pigment optical density // Nutrients. 2016. Vol. 8, N 7. P. 426.
9. Abdel-Aal el S.M., Akhtar H., Zaheer K., Ali R. Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health // Nutrients. 2013. Vol. 5, N 4. P. 1169–1185.
10. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. URL: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>. (date of access March 15, 2016).
11. O'Neill M., Carroll Y., Corridan B., Olmedilla B., Granado F., Blanco I. et al. A European carotenoid database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study // Br. J. Nutr. 2001. Vol. 85, N 4. P. 499–507.
12. Couillard C., Lemieux S., Vohl M., Couture P., Lamarche B. Carotenoids as biomarkers of fruit and vegetable intake in men and women // Br. J. Nutr. 2016. Vol. 116, N 7. P. 1206–1215.
13. Eisenhauer B, Natoli S, Liew G, Flood V.M. Lutein and zeaxanthin – food sources, bioavailability and dietary variety in age-related macular degeneration protection // Nutrients. 2017. Vol. 9, N 2. P. 120.
14. Moeller S., Jacques P., Blumberg J. The potential role of dietary xanthophylls in cataract and age-related macular degeneration // J. Am. Coll. Nutr. 2000. Vol. 19, suppl. 5. P. 522–527.
15. Meyers K., Liu Z., Millen A., Iyengar S., Blodi B., Johnson E. et al. Joint associations of diet, lifestyle, and genes with age-related macular degeneration // Ophthalmology. 2015. Vol. 122, N 11. P. 2286–2294.
16. Chew E., Clemons T., Sangiovanni J., Danis R., Ferris F., Elman M. et al. Secondary analyses of the effects of lutein/zeaxanthin on age-related macular degeneration progression: AREDS2 report No. 3 // JAMA Ophthalmol. 2014. Vol. 132, N 2. P. 142–149.
17. Neelam K., Hogg R., Stevenson M., Johnston E., Anderson R., Beatty S. et al. Carotenoids and co-antioxidants in age-related maculopathy: design and methods // Ophthalmic Epidemiol. 2008. Vol. 15, N 6. P. 389–401.
18. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 46 с.

## References

1. Britton G. The biochemistry of natural pigments. Moscow: Mir, 1986: 422 p. (in Russian)
2. Korolev A.A. Food hygiene. Guide for doctors. Moscow: GEOTAR-Media, 2016: 624 p. (in Russian)
3. Egorov E.A., Romanenko I.A. Age-related macular degeneration. Questions of its pathogenesis, diagnostics and treatment. RMZH. Klinicheskaya oftal'mologiya [RMJ. Clinical Ophthalmology]. 2009; (1): 42. (in Russian)
4. Dadali V.A., Tutel'yan V.A., Dadali U.V., et al. Carotenoids. Biological activity. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2011; (4): 4–18. (in Russian)
5. Grudzinski W., Nierzwicki L., Welc R., Reszczynska E., Luchowski R., Czub J., Gruszecki W. Localization and orientation of xanthophylls in a lipid bilayer. Sci Rep. 2017; 7 (1): 1–10.
6. Koushan K., Rusovici R., Li W., Ferguson L., Chalam K. The role of lutein in eye-related disease. Nutrients. 2013; 5 (5): 1823–39.
7. Khoo H.-E., Prasad K.N., Kong K.-W., Jiang Y., Ismail A. Carotenoids and their isomers: color pigments in fruits and vegetables. Molecules. 2011; 16 (2): 1710–38.
8. Ma L., Liu R., Du J.H., Liu T., Wu S.S., Liu X.H. Lutein, zeaxanthin and meso-zeaxanthin supplementation associated with macular pigment optical density. Nutrients. 2016; 8 (7): 426.
9. Abdel-Aal el S.M., Akhtar H., Zaheer K., Ali R. Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. Nutrients. 2013; 5 (4): 1169–85.
10. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. URL: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>. (date of access March 15, 2016).
11. O'Neill M., Carroll Y., Corridan B., Olmedilla B., Granado F., Blanco I., et al. A European carotenoid database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study. Br J Nutr. 2001; 85 (4): 499–507.
12. Couillard C., Lemieux S., Vohl M., Couture P., Lamarche B. Carotenoids as biomarkers of fruit and vegetable intake in men and women. Br J Nutr. 2016; 116 (7): 1206–15.
13. Eisenhauer B, Natoli S, Liew G, Flood V.M. Lutein and zeaxanthin – food sources, bioavailability and dietary variety in age-related macular degeneration protection. Nutrients. 2017; 9 (2): 120.
14. Moeller S., Jacques P., Blumberg J. The potential role of dietary xanthophylls in cataract and age-related macular degeneration. J Am Coll Nutr. 2000; 19 (5): 522–7.
15. Meyers K., Liu Z., Millen A., Iyengar S., Blodi B., Johnson E., et al. Joint associations of diet, lifestyle, and genes with age-related macular degeneration. Ophthalmology. 2015; 122 (11): 2286–94.
16. Chew E., Clemons T., Sangiovanni J., Danis R., Ferris F., Elman M., et al. Secondary analyses of the effects of lutein/zeaxanthin on age-related macular degeneration progression: AREDS2 report No. 3. JAMA Ophthalmol. 2014; 132 (2): 142–9.
17. Neelam K., Hogg R., Stevenson M., Johnston E., Anderson R., Beatty S., et al. Carotenoids and co-antioxidants in age-related maculopathy: design and methods. Ophthalmic Epidemiol. 2008; 15 (6): 389–401.
18. Recommended levels of consumption of food and biologically active substances: Guidelines. 2.3.1.1915-04. Moscow: Federal'niy tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004: 46 p. (in Russian)