

УДК 616.5-002

А.Ф. ШАМСУТДИНОВ^{1,3}, Ю.А. ТЮРИН^{1,2}, Л.Т. БАЯЗИТОВА¹, А.А. РИЗВАНОВ³, А.А. ШАРИФУЛЛИНА¹¹Казанский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора, 420025, г. Казань, ул. Большая Красная, д. 67²Казанский государственный медицинский университет, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 49³Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Распространенность токсигенных штаммов *Staphylococcus aureus* при атопическом дерматите

Шамсутдинов Антон Феликсович — научный сотрудник, аспирант кафедры микробиологии Института фундаментальной медицины и биологии КФУ, тел. (843) 236-56-59, e-mail: shamsutdinov2006@yandex.ru

Тюрин Юрий Александрович — кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией иммунологии и разработки аллергенов КНИИЭМ, ассистент кафедры биохимии КФУ, тел. (843) 238-99-79, e-mail: immunolab@yandex.ru

Баязитова Лира Табрисовна — кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией микробиологии КНИИЭМ, тел. (843) 236-67-91, e-mail: bajalt@mail.ru

Ризванов Альберт Анатольевич — доктор биологических наук, главный научный сотрудник, профессор кафедры генетики Института фундаментальной медицины и биологии, заведующий отделом поисковых исследований НОЦ фармацевтики КФУ, тел. (843) 233-78-98, e-mail: rizvanov@gmail.com

Шарифуллина Алсу Акрамовна — кандидат медицинских наук, врач аллерголог-иммунолог поликлиники КНИИЭМ, тел. (843) 236-56-59, e-mail: kniem@mail.ru

У 45 больных с различными формами атопического дерматита изучена трансформация кожной микрофлоры при развитии атопического дерматита и токсигенность штаммов *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), выделенных при различных формах этого заболевания. Контрольная группа состояла из 26 здоровых лиц. Штаммы культивировали на селективных питательных средах. Идентификацию выделенных штаммов осуществляли методом MALDI-TOF масс-спектрометрии. У больных АД установлены низкая частота встречаемости на коже лица таксона *S. epidermidis* и высокая частота встречаемости *S. aureus* на коже верхних и нижних конечностей, по сравнению со здоровыми лицами. Установлено, что встречаемость токсигенных штаммов *S. aureus* у больных АД в 3 раза превышает показатель встречаемости у здоровых носителей этого таксона.

Ключевые слова: атопический дерматит, *Staphylococcus aureus*, MALDI-TOF масс-спектрометрия, гены, энтеротоксины.

A.Ph. SHAMSUTDINOV^{1,3}, Yu.A. TYURIN^{1,2}, L.T. BAYAZITOVA¹, A.A. RIZVANOV³, A.A. SHARIPHULLINA¹¹Kazan Research Institute of Epidemiology and Microbiology of the Russian Agency for Consumer Supervision, 67 Bolshaya Krasnaya Str., Kazan, Russian Federation, 420015²Kazan State Medical University, 49 Butlerov Str., Kazan, Russian Federation, 420012³Kazan (the Volga Region) Federal University, 18 Kremlevskaya Str., Kazan, Russian Federation, 420008

Prevalence of toxigenic strains of *Staphylococcus aureus* in case of atopic dermatitis

Shamsutdinov A.Ph. — Researcher, postgraduate student of the Department of Microbiology of the Institute of fundamental medicine and biology of Kazan Federal University, tel. (843) 236-56-59, e-mail: shamsutdinov2006@yandex.ru

Tyurin Yu.A. — Cand. Med. Sc., Leading Researcher, Head of the laboratory of immunology and the development of allergens of the Kazan Research Institute of Epidemiology and Microbiology; Assistant of the Department of Biochemistry of the Kazan Federal University, tel. (843) 238-99-79, e-mail: immunolab@yandex.ru

Bayazitova L.T. — Cand. Med. Sc., Leading Researcher, Head of Laboratory of Microbiology of the Kazan Research Institute of Epidemiology and Microbiology, tel. (843) 236-67-91, e-mail: bajalt@mail.ru



Rizvanov A.A. — D. Biol. Sc., Chief Researcher, Professor of the Department of genetics of the Institute of fundamental medicine and biology, Head of Unit of exploratory research of the Research and Education Center of Pharmacy of the Kazan (the Volga region) Federal University, tel. (843) 233-78-98, e-mail: rizvanov@gmail.com

Shariphullina A.A. — Cand. Med. Sc., allergist-immunologist of the clinic of Kazan Research Institute of Epidemiology and Microbiology, tel. (843) 299-42-05, e-mail: kniem@mail.ru

In 45 patients with various forms of atopic dermatitis was studied transformation of skin microflora at the development of atopic dermatitis and toxigenicity of Staphylococcus aureus (S. aureus) strains, distinguished in various forms of the disease. The control group consisted of 26 healthy individuals. The strains were cultured on elective nutrient media. Identification of the distinguished strains was performed by MALDI-TOF mass spectrometry. In patients with atopic dermatitis was found low incidence of taxon S. epidermidis on facial skin and high frequency of S. aureus on skin of the upper and lower extremities as compared with healthy individuals. It is found that the occurrence of toxigenic strains of S. aureus in patients with atopic dermatitis is three times higher than the number of healthy carriers of this taxon.

Key words: atopic dermatitis, Staphylococcus aureus, MALDI-TOF mass spectrometry, genes, enterotoxines.

В настоящее время возрос интерес к изучению микроорганизмов, заселяющих кожу и слизистые как открытые нестерильные части организма [1]. С современных позиций вся совокупность микроорганизмов, населяющих нестерильные органы, получила названия микробиота, а при использовании современных методов идентификации с секвенированием генома образца, полученного с нестерильных полостей — микробиома, который, по мнению, некоторых исследователей, представляет еще один «орган» человека [2]. В физиологических условиях кожа характеризуется полимикробной колонизацией, а при патологии качественный состав микробных сообществ этих тканей претерпевает существенные изменения [3]. Однако, данные, касающиеся трансформации полимикробных сообществ кожи и слизистых при развитии аллергических реакций в этих органах, изучены недостаточно.

Цель исследования — изучить трансформацию кожной микрофлоры при развитии атопического дерматита (АтД) и распространенность токсигенных генотипов золотистого стафилококка (ЗС) среди изолятов *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) современными методами молекулярно-генетического типирования.

Материал и методы

Обследовали 45 больных АтД в возрасте от 3,5 до 16 лет. Контрольная группа состояла из 26 здоровых лиц в возрасте от 4,0 до 18 лет без патологических изменений кожи, не страдающих аллергической патологией.

Забор материала с кожи осуществляли ватным тампоном, смоченным стерильным 0,85% раствором хлористого натрия, с пораженных и интактных участков в следующих топографических зонах, при информированном добровольном согласии на исследование. Смывы в количестве 0,1 мл засеивали на различные элективные питательные среды (5% кровяной агар, ЖСА, МБА, элективная среда Notman-агар, питательная среда Сабуро с хлорамфениколом, 1000 мкг/100 мл), культивировали при 37°C и через 36-48 ч., а для грибов через 2-3 недели, учитывали количество колоний в КОЕ на 1 см² по методу [4].

Идентификацию таксонов микроорганизмов осуществляли методом MALDI-TOF масс-спектрометрии, как высоконадежным методом идентификации микроорганизмов, в основе которого лежит сравнение масс-спектра высоко консервативных рибосомаль-

ных белков исследуемых микроорганизмов с масс-спектрами, содержащимися в базе данных NCBI (*The National Center for Biotechnology Information*) [5, 6]. Образцы колоний микроорганизмов, выделенные в чистом виде, ресуспендировали в 15,0 мкл специального раствора (матрицы), 1 мл которой состоит из 475,0 мкл деионизованной воды, 25 мкл 100% трифторуксусной кислоты и 500 мкл ацетонитрила. После подготовки образцы помещали в ячейки мишени (MSP 96 ground steel) масс-спектрометра MALDI Biotyper Systems, серии FLEX™. Каждый образец тестировали в 2-х повторах. Снятие спектров проводилось в автоматическом режиме. Всего исследовано 216 таксонов микроорганизмов, из них 85 таксонов относящихся к видам *S. aureus*, *S. epidermidis*. Идентификация микроорганизмов производилась с помощью базы данных Biotyper 3 (Bruker, Германия) (исследование проводили в КПФУ, Институт Фундаментальной медицины и биологии, с.н.с., к.б.н. Тойменцева А.А.). Учет достоверной видовой идентификации принимали по таксонам при Score Value $\geq 2,3$.

На токсигенность исследованы 69 изолятов *S. aureus*, выделенных с кожных покровов больных АтД. В качестве контрольных штаммов использованы музейные штаммы *S. aureus* ATCC 29213, ATCC 8095, ATCC 14458, ATCC 27664, ATCC 27661 из Государственной коллекции патогенных микроорганизмов ГНИИ стандартизации и контроля медицинских биологических препаратов им. Л.А. Тарасевича, любезно предоставленные для молекулярно-генетического типирования лабораторией микробиологии ФБУН КНИИЭМ Роспотребнадзора (зав. лаб., к.м.н. Л.Т. Баязитова).

Хранение штаммов. Выделенные штаммы *S. aureus* культивировали в течении 16 часов при 37°C в жидкой питательной среде (МПА), полученную культуру сохраняли в объеме 850 мкл с добавлением 150 мкл стерильного 15% глицерина при 70°C в рефрижераторе. Высев клеток из криоконсерванта осуществляли на твердую питательную среду (МПА).

Молекулярно-генетическое типирование штаммов. Выделение ДНК штаммов стафилококков проводили с использованием наборов ZR Genomic DNA II Kit™ (Zymo Research, США) в соответствии с прилагаемым протоколом и набором для выделения нуклеиновых кислот из сыворотки и плазмы крови (НПФ «Литех», Россия). Детекцию генов токсинов в ДНК штаммов *Staphylococcus aureus* осуществляли методом мультипраймерной полимеразной цепной

реакции (М-ПЦР). За семь этапов М-ПЦР (см. рис.) осуществлялся скрининг генома штамма на наличие 19 наиболее распространенных генотипов энтеротоксинов, а также TSST-токсина. Амплификацию исследуемых фрагментов ДНК (~ 100 нг) выполняли в 25 мкл реакционной смеси, содержащей 1-кратный ПЦР-буфер pH 9,0 250 мкМ каждого дНТФ, 1,5 мМ MgCl₂, 0,4 мМ каждого праймера и 1,0 U TaqF полимеразы (Fermentas Inc.) концентрацию ДНК определяли с помощью NanoDrop 2000с. Амплификацию проводили на амплификаторе Терцик. Протокол амплификации состоял из следующих циклов: 95° С — 3 мин. (начальная денатурация), 30 циклов: 95°С — 1 мин., 50°С — 1 мин., 72°С — 1 мин. Амплифицированные фрагменты ДНК разделяли в 1,5% агарозном геле окрашивали бромистым этидием. Специфичность ПЦР обеспечивалась применением положительных и отрицательных контрольных образцов ДНК и специфичных для каждого гена праймеров (см. табл.) [7]. Синтез и очистка праймеров осуществлена в ЗАО «Синтол» (Москва, Россия). Положительные контрольные образцы содержали ДНК выделенной из токсин-положительных референс-штаммов: *S. aureus* ATCC 8095 для *sea*, *sed*, *sej*, *sek*, *seq*, *ser*; *S. aureus* ATCC 14458 — *seb*; *S. aureus* ATCC 27664 — *see*; *S. aureus* ATCC 27661 — *seg*, *sei*, *sel*, *sem*, *sen*, *seo*. Отрицательные контрольные образцы содержали бидистиллированную воду ddH₂O (Fermentas).

Продукты амплификации (праймер специфичные ампликоны) разделяли методом горизонтального электрофореза в 1,5% агарозном геле, используя для визуализации интеркалирующий этидий бромид и маркер 100bp Ladder DNA (100,0-2000 bp), Ахургер. Анализ ампликонов осуществляли с помощью гель-документирующей системы Quantum ST-4-3020WL/LC/20M и программного обеспечения Quantum-Capt (Vilbert Lourmat, Франция).

Статистический анализ. Доверительный интервал (95% ДИ) для частот встречаемости таксонов рассчитывали по методу Уилсона с поправкой на непрерывность, а достоверность различий между частотами оценивали в открытом статистическом ресурсе Website for Statistical Computation (<http://vassarstats.net/>) с использованием критерия Z. Абсолютный риск встречаемости (EER и CER) условно-патогенных таксонов рассчитывали в сравнимых группах с 95% доверительным интервалом, используя программное обеспечение ресурса <http://medstatistic.ru/index.php>. Среднее значение (M), ошибку средней (m) и достоверность различий между средними величинами определяли в двухвыборочном t-тесте с различными дисперсиями (p<0,05) программа AnalystSoft Inc., StatPlus 2009.

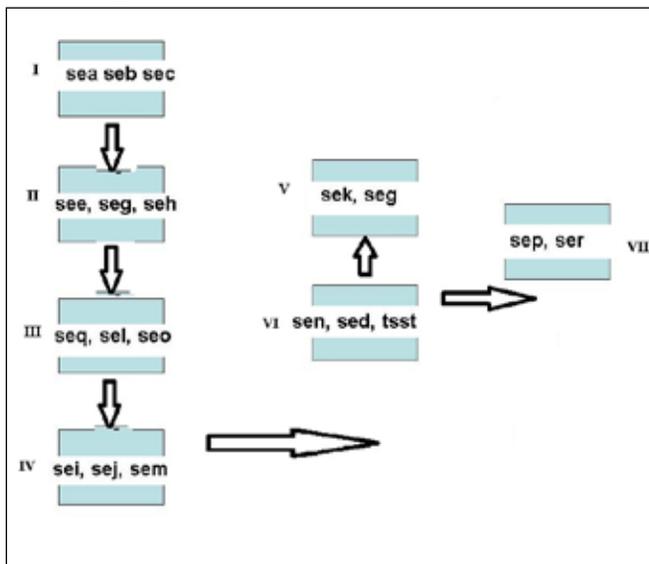
Результаты

Частота таксона *S. epidermidis* различна у больных atopическим дерматозом и здоровых лиц без патологии кожи. Таксоны микроорганизмов, выделенные от больных и здоровых, по данным MALDI-TOF спектрометрии, гомологичны по таким микроорганизмам, как *S. epidermidis* ATCC 14990T THL, *S. epidermidis* DSM 1798 DSM. Выявлены достоверные различия в частоте на коже лица таксона *S. epidermidis* между здоровыми и больными (z=2,25, p=0,024).

Таксон *S. epidermidis* свойственен здоровой коже лица, частота выявления 47,0% (38,2-57,4), у больных он встречался реже — в 18% (16,6-42,7). Что касается кожи верхних конечностей, нижних

Рисунок.

Этапы проведения МП-ПЦР для детекции 19 различных генов энтеротоксинов в геноме *S. aureus* генов. 1 этап — скрининг на гены *sea*, *seb*, *sec*, 2 этап — скрининг генов *see*, *seg*, *seh* и т.д.



конечностей, области шеи и тела, то существенных различий в частоте таксона *S. epidermidis* не установлено. Достаточно распространен этот таксон на коже тела как у больных, так и у здоровых лиц: 50,0% (35,7-64,3) и 45,0% (32,6-51,5) соответственно. На коже конечностей частота этого таксона в группах больных и здоровых лиц была меньше, чем на коже тела и составила от 34% (23,9-44,2) до 38,0% (29,3-44,7) без существенных различий между группами больных и здоровых лиц.

Частота таксона *S. aureus* у здоровых лиц и больных atopическим дерматозом на всех топографических зонах тела существенно различались. Кожные таксоны, выделенные от больных и здоровых лиц, были гомологичны по таким таксонам как *S. aureus* ATCC33591 THL, *S. aureus* ATCC29213 THL, *S. aureus* spp *aureus* DSM 4910 DSM, *S. aureus* ATCC33591 THL, *S. aureus* ATCC33862 THL, *S. aureus* spp *aureus* DSM 3463 DSM. На коже лица у больных АД частота обнаружение *S. aureus* составила 68,0% (53,4-73,2), у здоровых лиц — 7,3% (5,8-8,5), p<0,0002, z=7,7. На коже тела у больных АД частота этого таксона составила 25,0% (14,5-41,6), а у здоровых — 11,5% (5,4-23,5), z=1,9, p<0,05. Выявлена очень высокая встречаемость *S. aureus* у больных АД на коже верхних и нижних конечностей — 90,0% (84,9-98,5) и 92,0% (97,8-100,0), соответственно, тогда как у здоровых лиц, кожа этих областей тела колонизировалась золотистым стафилококком значительно реже — с частотой 12,5% (7,5-21,7) и 4,2% (1,5-8,9), p<0,0002, z=9,1, z=10,6. Из 23 штаммов ЗС, выделенных от здоровых бактерионосителей, токсигенными установлены 4 (17,0%) штамма с генотипом *sea-sed*. Из 69 выбранных от больных АД штаммов ЗС у 36 (52,0%) выявлены генетические локусы генов энтеротоксинов методом М-ПЦР при анализе геномной ДНК. У 12 детей со среднетяжелой формой atopического экземы были выделены 9 штаммов ЗС, содержащих в геноме одновременно 6 генов энтеротоксинов со следующим генотипом *tsst-sea-sek-seq-sej-ser* и 3 штамма с генотипом *tsst-seh*, содержащих в ге-

**Таблица.**

Последовательность специфических праймеров для детекции специфических локусов 19 генов токсинов в геноме *Staphylococcus aureus* [7]

Ген	Последовательность праймеров 3'-5'	Продукт амплификации, bp
sea	Sea-F ATTAACCGAAGGTTCTGTAGA Sea-R TTGCGTAAAAAGTCTGAATT	552
seb	Seb-F TGTATGTATGGAGGTGTAAC Seb-R ATAGTGACGAGTTAGGTA	270
sec	Sec-F ACCAGACCCTATGCCAGATG Sec-R TCCCATTATCAAAGTGGTTTCC	371
see	See-F TAGATAAAGTAAAAACAAGC See-R TAACTTACCGTGGACCCTTC	170
seu	Seu-F ATGGCTCTAAAATTGATGGTTCTA Seu-R GCCAGACTCATAAGGCGAACTA	409
seh	Seh-F CACATCATATGCGAAAAGCAGA Seh-R CCTTTTAAATCATAAATGTGCAATGA	617
seq	Seq-F GAACCTGAAAAGCTTCAAGGA Seq-R CCAGTTCCGGTGTA AAAACAAA	509
sel	Sel-F CACCAGAATCACACCGCTTA Sel-R CTGTTTGATGCTTGCCATTG	240
seo	Seo-F AGTTTGTGTAAGAAGTCAAGTGTAGA Seo-R TCTTTAAATTCAGCAGATATCCATCTAAC	180
sei	Sei-F CTCAAGGTGATATTGGTGTAGG Sei-R CAGGCAGTCCATCTCCTGTA	529
sej	Sej-F CAGCGATAGCAAAAATGAAACA Sej-R TCTAGCGGAACAACAGTTCTGA	426
sem	Sem-F CTATTAATCTTTGGGTTAATGGAGAAC Sem-R TTCAGTTTCGACAGTTTGTGTCAT	300
sek	Sek-F CGCTCAAGGCGATATAGGAA Sek-R GGTAACCCATCATCTCCTGTGT	570
seg	Seg-F CCACCTGTTGAAGGAAGAGG Seg-R TGCAGAACCATCAAACCTCGT	432
sen	Sen-F ATGAGATTGTTCTACATAGCTGCAAT Sen-R AACTCTGCTCCCACTGAAC	680
sed	Sed-F CTAGTTTGGTAATATCTCCT Sed-R TAATGCTATATCTTATAGGG	317
tsst	Tsst-F TGCAAAAGCATCTACAAACGA Tsst-R TGTGGATCCGTCATTCATTG	499
sep	Sep-F GAATTGCAGGGAAGTCTTT Sep-R ACCAACCGAATCACCAGAAG	537
ser	Ser-F TTCAGTAAGTGCTAAACCAGATCC Ser-R CTGTGGAGTGCATTGTAACGCC	367

номе 2 токсигенных гена. У 24 взрослых больных с АД выявлены 4 типа токсигенных штаммов (всего 24 штамма): 6 штаммов с генотипом *tsst-sea-sek-seq*, 6 штаммов с генотипом *sea-sek-seq*, 6 штаммов с генотипом *sea-seb-sek-seq-seh* и 6 штаммов с генотипом *sea-seg-sei-sem-sen-seo*. Выявление токсигенного генотипа *sea-sek-seq* характерно для штаммов носителей фага *φSa3mu*. Выявление *seh*-позитивных изолятов характерно для штаммов *S. aureus* CC1-клональной группы.

Такими образом, установлен важный факт, играющий существенную роль в патогенезе АД: встречаемость токсигенных штаммов *S. aureus* у больных

АД в 3 раза превышает показатель встречаемости у здоровых носителей этого таксона.

Обсуждение

Таксон *S. epidermidis* имеет существенное значение в защите от патогенных бактерий, является нормальным комменсалом кожи человека [8]. Таксон *S. epidermidis* выявляется на здоровой коже лица, а при развитии атопического дерматита, частота выявления его на коже лица снижается.

Наиболее патогенный вид *S. aureus* является распространенным микроорганизмом, по литературным данным до 20-30% здоровых людей являются

бессимптомными носителями данного вида бактерий, который преимущественно колонизирует преддверие и слизистую носа, но может встречаться и на коже [9, 10]. У больных АД выявлена высокая частота идентификации данного таксона на коже лица, верхних и нижних конечностей. Абсолютный риск колонизации кожных покровов данным таксоном при развитии АД для кожи лица составил EER=0,9 (основная группа) и CER=0,25 (контрольная группа), при (Se)=0,68 и (Sp)=0,93; для рук EER=0,88 (основная группа) и CER=0,1 (контрольная группа), при (Se)=0,9 и (Sp)=0,89; для кожи ног EER=0,89 (основная группа) и CER=0,08 (контрольная группа) при (Se)=0,9 и (Sp)=0,89; для кожи шеи EER=0,85 (основная группа), и CER=0,24 (контрольной группа) при (Se)=0,72 и (Sp)=0,87. Таким образом, можно констатировать, что патогенный таксон *S. aureus* является своего рода «маркерным» таксоном у больных с АД.

Токсигенные штаммы *S. aureus* сохраняют существенное эпидемиологическое значение, так как являются этиологическими факторами пищевых отравлений у человека и приматов, причиной которых являются энтеротоксины. Энтеротоксины, также как и аллергены, стимулируют продукцию иммуноглобулинов IgE (реагинов), индуцируют резистентность иммунных клеток к стероидным препаратам через активацию системы MAPK каскада внутриклеточных белков и участвуют в развитии клинических обострений аллергического воспаления в коже и дыхательных путях при аллергических заболеваниях (экзема, аллергическая бронхиальная астма).

Благодарности

Ведущему научному сотруднику, к.б.н., Тойменцевой А.А.

Исследование выполнено с использованием оборудования Междисциплинарного центра коллективного пользования Казанского федерального университета, который поддерживается Минобрнауки России (ID RFMEFI59414X0003).

ЛИТЕРАТУРА

1. Chiller K., Selkin B.A., Murakawa G.J. Skin microflora and bacterial infections of the skin // J. Investig Dermatol. Symp. Proc. — 2001. — 6 (3). — P. 170-174.
2. Власов В.В. Микробный «орган» человека // Наука из первых рук. — 2014. — №1 (55). — С. 33.
3. Baker B.S. The role of microorganisms in atopic dermatitis // Clin. Experimental Immunology. — 2006. — 144. — P. 1-9.
4. Иванова Н.А., Данилова Е.Г. Количественное исследование микрофлоры здоровой кожи // Вестник дерматологии и венерологии. — 1984. — №2. — С. 59-61.
5. Маянский Н.А., Калакуцкая А.Н., Мотузова О.В. и др. MALDI-TOF масс-спектрометрия в рутинной работе микробиологической лаборатории // Вопросы диагностики в педиатрии. — 2011. — Т. 3, №5. — С. 20-25.
6. Murray P.R. What is new in clinical microbiology-microbial identification by MALDI-TOF mass spectrometry: a paper from the 2011 William Beaumont Hospital Symposium on molecular pathology // J. Mol. Diagn. — 2012. — 14 (5). — P. 419-23.
7. Xie Y., He Y., Gehring A. et al. Genotypes and toxin gene profiles of *Staphylococcus aureus* clinical isolates from China // PLoS One. — 2011. — 6 (12). — e282769.
8. Iwase T., Uehara Y., Shinji H. et al. *Staphylococcus epidermidis* Esp inhibits *Staphylococcus aureus* biofilm formation and nasal colonization // Nature. — 2010. — May 20. — 465 (7296). — P. 346-349
9. Frank D.N., Feazel L.M., Bessesen M.T. et al. The human nasal microbiota and *Staphylococcus aureus* carriage // PLoS One. — 2010. — 17. — 5 (5). — e10598.
10. Wertheim H.F., Melles D.C., Vos M.C. et al. The role of nasal carriage in *Staphylococcus aureus* infections // Lancet Infect. Dis. — 2005. — 5 (12). — P. 751-762.

НОВОЕ В МЕДИЦИНЕ. ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ

НАЙДЕНЫ КИШЕЧНЫЕ БАКТЕРИИ ЗАЩИЩАЮЩИЕ ОТ ПИЩЕВОЙ АЛЛЕРГИИ

Присутствие в составе кишечной микрофлоры условно-патогенных бактерий рода *Clostridia* защищает от пищевой аллергии, выяснили исследователи из Чикагского университета в ходе экспериментов на мышах. Запуская реакцию иммунного ответа, препятствующую поступлению аллергенов в кровоток, клостридии минимизируют их воздействие и предотвращают сенсibilизацию — ключевой этап в развитии пищевых аллергий. Сделанное открытие, чьи результаты опубликованы в журнале *Proceedings of the National Academy of Sciences*, говорит о возможности превентивной пробиотической терапии острых аллергических реакций на продукты питания.

Источник: Medportal.ru