

Таблица 2   Характеристики кишечного микобиома при различных заболеваниях.				
Выраженные грибковые сигнатуры от здоровых контролей				
Наблюдательные исследования		Подтверждающие ссылки	Исследования механизма действия	Подтверждающие ссылки
<b>Заболевания кишечника</b>				
Болезнь Крона	Повышение альфа-разнообразия, увеличение грибковой нагрузки в фекалиях, возрастание отношения <i>Ascomycota: Basidiomycota</i> , возрастание количества <i>Candida</i> , возрастание количества <i>Candida albicans</i> , возрастание количества <i>Candida tropicalis</i> , возрастание количества <i>Candida glabrata</i> , возрастание количества <i>Aspergillus clavatus</i> , возрастание количества <i>Cryptococcus neoformans</i> , возрастание количества <i>Debaryomyces hansenii</i> и уменьшение количества <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Liguori et al (2016), <sup>14</sup> Sokol et al (2017), <sup>15</sup> Nelson et al (2021), <sup>16</sup> Limon et al (2019), <sup>23</sup> Li et al (2014), <sup>48</sup> Ott et al (2008), <sup>49</sup> Hoarau et al (2016), <sup>50</sup> и Chehoud et al (2015) <sup>51</sup>	<i>Candida albicans</i> запускает иммунные реакции, опосредованные Th17, и нарушает формирование кишечного микробиома, усугубляя воспаление кишечника; <i>Malassezia</i> усиливает колит у мышей с участием CARD9; <i>Debaryomyces hansenii</i> препятствует заживлению толстой кишки из-за стимуляции синтеза IFN 1 типа CCL5 миелоидными клетками	Jain et al (2021), <sup>22</sup> Limon et al (2019), <sup>23</sup> Leonardi et al (2022), <sup>52</sup> Hernández-Santoset and Gaffen (2012), <sup>53</sup> Iliev et al (2012), <sup>54</sup> и Uryu et al (2015) <sup>55</sup>
Язвенный колит	Возрастание количества <i>Debaryomyces</i> , возрастание количества <i>Candida albicans</i> снижение альфа-разнообразия, уменьшение количества <i>Alternaria alternata</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , уменьшение количества <i>Aspergillus cibarius</i> и уменьшение количества <i>Candida sojae</i>	Sokol et al (2017), <sup>15</sup> Chehoud et al (2015), <sup>51</sup> и Leonardi et al (2020) <sup>56</sup>	<i>Candida albicans</i> запускает иммунные реакции, опосредованные Th17, и нарушает формирование кишечного микробиома, усугубляя воспаление кишечника; <i>Malassezia</i> усиливает колит у мышей с участием CARD9; <i>Debaryomyces hansenii</i> препятствует заживлению толстой кишки из-за стимуляции синтеза IFN 1 типа CCL5 миелоидными клетками	Jain et al (2021), <sup>22</sup> Limon et al (2019), <sup>23</sup> Leonardi et al (2022), <sup>52</sup> Hernández-Santoset и Gaffen (2012), <sup>53</sup> Iliev et al (2012), <sup>54</sup> и Uryu et al (2015) <sup>55</sup>
Синдром воспаленного кишечника	Возрастание количества <i>Candida</i> , возрастание количества <i>Malassezia</i> , возрастание количества <i>Cladosporium</i> , возрастание количества <i>Candida albicans</i> , возрастание количества <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , уменьшение количества <i>Mycosphaerella</i> , уменьшение количества <i>Aspergillus</i> , уменьшение количества <i>Sporidiobolus</i> , уменьшение количества <i>Pandora</i> и снижение общего видового богатства	Botschuijver et al (2017), <sup>57</sup> Hong et al (2020), <sup>58</sup> Sciavilla et al (2021), <sup>59</sup> и Das et al (2021) <sup>60</sup>	Фунгициды уменьшают висцеральную гиперчувствительность у крыс	Botschuijver et al (2017) <sup>57</sup> и Botschuijver et al (2018) <sup>61</sup>
Кишечная РТПХ	Возрастание количества <i>Candida</i> , возрастание количества <i>Candida albicans</i> и возрастание количества <i>Candida parapsilosis</i>	van der Velden et al (2013), <sup>62</sup> Marr et al (2000), <sup>63</sup> и Malard et al (2021) <sup>64</sup>	Грибковый α-маннан индуцирует ответы Th17 и IL-23, усиливая таким образом РТПХ у мышей	van der Velden et al (2013) <sup>62</sup>
<b>Злокачественные опухоли</b>				
Колоректальный рак	Возрастание отношения <i>Basidiomycota: Ascomycota</i> , возрастание количества <i>Trichosporon</i> , возрастание количества <i>Malassezia</i> и снижение альфа-разнообразия	Luan et al (2015), <sup>65</sup> Gao et al (2017), <sup>66</sup> Richard et al (2018), <sup>67</sup> и Chinet al (2018) <sup>68</sup>	Грибки-комменсалы способствуют активации инфламмосомы с участием CARD9 для ограничения рака толстой кишки; гликолиз в макрофагах, индуцированный <i>Candida albicans</i> , способствует развитию рака толстой кишки за счет усиления секреции IL-22 лимфоидными клетками врожденного иммунитета	Malik et al (2018) <sup>69</sup> and Zhu et al (2021) <sup>70</sup>
Протоковая аденокарцинома поджелудочной железы	Возрастание количества <i>Malassezia Malassezia</i>	Aykut et al (2019) <sup>21</sup>	<i>Malassezia</i> может активировать лектин, связывающий маннозу, активируя каскад комплемента и способствуя таким образом развитию протоковой аденокарциномы поджелудочной железы	Aykut et al (2019) <sup>21</sup>
Желудочный канцерогенез	Возрастание количества <i>Candida</i> , возрастание количества <i>Alternaria</i> , уменьшение количества <i>Saitozyma</i> и уменьшение количества <i>Thermomyces</i>	Zhong et al (2021) <sup>71</sup>	Отсутствуют	НП
<b>Заболевания печени</b>				
Алкогольная болезнь печени	Увеличение альфа-разнообразия, возрастание количества <i>Candida</i> , уменьшение количества <i>Penicillium</i> , уменьшение количества <i>Episocsum</i> , уменьшение количества <i>Galactomyces</i> и уменьшение количества <i>Debaryomyces</i>	Lang et al (2020) <sup>72</sup> и Yang et al (2017) <sup>73</sup>	β-глюкан и кандидализин переносятся в системный кровоток и вызывают воспаление печени; индуцированная грибами выработка PGE2 способствует развитию алкогольного гепатостеатоза	Yang et al (2017), <sup>73</sup> Chu et al (2020), <sup>74</sup> и Sun et al (2020) <sup>75</sup>
Неалкогольная жировая болезнь печени	Возрастание логарифмического отношения <i>Mucor: Saccharomyces cerevisiae</i> и возрастание логарифмического отношения <i>Candida albicans: S. cerevisiae</i>	Demir et al (2022) <sup>76</sup>	Противогрибковые средства защищают безмикробных мышей с пересаженной фекальной микробиотой человека от стеатогепатита, вызываемого западной диетой	Demir et al (2022) <sup>76</sup>
Цирроз печени	Возрастание количества <i>Candida</i> и снижение альфа-разнообразия	Krohn et al (2018) <sup>77</sup>	Отсутствуют	НП
Первичный склерозирующий холангит	Увеличение альфа-разнообразия, возрастание количества <i>Exophiala</i> , возрастание количества <i>Candida</i> , возрастание количества <i>Humicola</i> и уменьшение количества <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Lemoinne et al (2020) <sup>78</sup>	Отсутствуют	НП
<b>Инфекционные заболевания</b>				
Инфекция <i>Clostridioides difficile</i>	Возрастание отношения <i>Ascomycota: Basidiomycota</i> ; возрастание количества <i>Cladosporium</i> ; возрастание количества <i>Aspergillus</i> ; возрастание количества <i>Candida albicans</i> и снижение разнообразия, богатства и равномерности распределения	Zuo et al (2018) <sup>27</sup> и Cao et al (2021) <sup>79</sup>	Предварительная колонизация <i>Candida albicans</i> снижает чувствительность мышей к инфекции <i>Clostridioides difficile</i> ; введение <i>C. albicans</i> со стулом донора или незадолго до заражения <i>C. difficile</i> снижает эффективность трансплантации фекальной микробиоты при инфекции <i>C. difficile</i>	Zuo et al (2018), <sup>27</sup> Stewart et al (2019) <sup>80</sup>
COVID-19	Возрастание количества <i>Candida albicans</i> , возрастание количества <i>Candida auris</i> , возрастание количества <i>Candida glabrata</i> и возрастание количества <i>Aspergillus flavus</i>	Zuo et al (2020) <sup>81</sup> and Lv et al (2021) <sup>82</sup>	Отсутствуют	НД
Гепатит В	Увеличение богатства, возрастание количества <i>Aspergillus</i> , возрастание количества <i>Candida</i> , возрастание количества <i>Galactomyces</i> , возрастание количества <i>Saccharomyces</i> и возрастание количества <i>Chaetomium</i>	Chen et al (2011) <sup>83</sup>	Вторичный метаболит грибка экзофильная кислота селективно ингибирует проникновение вируса гепатита В	Kobayashi et al (2022) <sup>84</sup>
ВИЧ	Возрастание количества <i>Candida</i>	Mukherjee et al (2018) <sup>85</sup>	Отсутствуют	НП
<b>Метаболические расстройства</b>				
Ожирение	Уменьшение количества <i>Mucor racemosus</i> и уменьшение количества <i>Mucor fuscus</i>	Mar Rodríguez et al (2015) <sup>17</sup>	Кишечный грибок <i>Candida parapsilosis</i> усугубляет ожирение у мышей, вызванное диетой с высоким содержанием жиров; <i>Eurotium cristatum</i> и хитин <i>Pleurotus eryngii</i> уменьшают ожирение в мышинных моделях	Huang et al (2020), <sup>86</sup> Sun et al (2021), <sup>87</sup> и Kang et al (2019) <sup>88</sup>
Сахарный диабет 1 типа	Возрастание количества <i>Saccharomyces</i> и возрастание количества <i>Candida</i>	Kowalewska et al (2016) <sup>89</sup> и Gosiewski et al (2020) <sup>90</sup>	Кордицепин из грибка <i>Cordyceps</i> снижает метаболическую дисфункцию у мышей с диабетом первого типа, индуцированным стрептозоцином	Parunyakul et al (2021) <sup>91</sup>
Сахарный диабет 2 типа	Возрастание количества <i>Candida</i> , возрастание количества <i>Cladosporium</i> , возрастание количества <i>Kodamaea</i> , возрастание количества <i>Meurozyma</i> , возрастание количества <i>Mortierella</i> и возрастание количества <i>Aspergillus</i>	Jayasudha et al (2020), <sup>92</sup> Gosiewski et al (2020), <sup>90</sup> и Bhute et al (2017) <sup>93</sup>	Полисахариды грибка <i>Agrocybe cylindracea</i> уменьшают повреждение печени и толстой кишки, вызванное диабетом второго типа, с участием сигнального пути p38 MAPK; фенольные соединения <i>Phellinus baumii</i> оказывают гипогликемическое действие при диабете второго типа у мышей	Yang et al (2021) <sup>94</sup> и Sun et al (2022) <sup>95</sup>
Атеросклероз	Уменьшение количества <i>Mucor racemosus</i> и уменьшение количества <i>Mucor restricta</i>	Chacón et al (2018) <sup>96</sup> и Xu et al (2020) <sup>97</sup>	<i>Stereum hirsutum</i> может уменьшать атеросклероз благодаря антиоксидантному и противомикробному действию	Sevindik et al (2021) <sup>98</sup>
<b>Неврологические заболевания</b>				
Рассеянный склероз	Увеличение альфа-разнообразия, увеличение вариаций между субъектами, возрастание количества <i>Saccharomyces</i> и возрастание количества <i>Aspergillus</i>	Shah et al (2021) <sup>99</sup>	Отсутствуют	НП
Синдром Ретта	Возрастание количества <i>Candida</i>	Strati et al (2016) <sup>100</sup> и Strati et al (2018) <sup>101</sup>	Отсутствуют	НП
Расстройство аутистического спектра	Возрастание количества <i>Candida</i> , возрастание количества <i>Saccharomyces cerevisiae</i> и уменьшение количества <i>Aspergillus versicolor</i>	Strati et al (2017) <sup>19</sup> и Zou et al (2021) <sup>20</sup>	Отсутствуют	НП
Шизофрения	Возрастание количества <i>Chaetomium</i> , возрастание количества <i>Candida albicans</i> , уменьшение альфа-разнообразия и уменьшение количества <i>Trichoderma</i>	Zhang et al (2020) <sup>102</sup>	Отсутствуют	НП
Болезнь Альцгеймера	Возрастание количества <i>Botrytis</i> , возрастание количества <i>Kazachstania</i> , возрастание количества <i>Phaeoacremonium</i> , возрастание количества <i>Cladosporium</i> , возрастание количества <i>Candida tropicalis</i> , возрастание количества <i>Schizophyllum commune</i> , уменьшение количества <i>Meurozyma</i> и уменьшение количества <i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	Nagpal et al (2020) <sup>103</sup> и Ling et al (2021) <sup>104</sup>	Отсутствуют	НП
РТПХ - реакция трансплантат против хозяина, НП — неприменимо				