



DEPARTAMENTO DE
MICroBiologia
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

MICROBIOMA HUMANO

IMPLICAÇÕES NA SAÚDE E NA DOENÇA

Cristiane Rodrigues Guzzo

Perguntas

- Qual o papel da microbiota no desenvolvimento de fármacos?
- Qual a relevância na micribiota na saúde humana?
- Qual a relevância na micribiota na estética?

Tópicos

- **Taxonomia de Procariotos**

Taxonomia é a ciência que descreve e classifica os organismos e busca entender as relações de parentesco entre os diferentes grupos de organismos

- **Quais são os principais grupos de bactérias?**

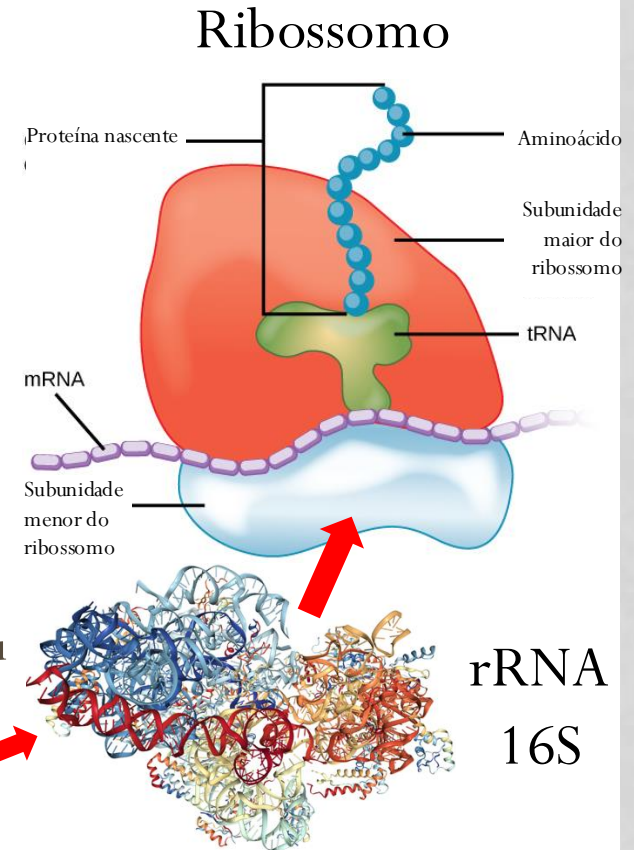
- **Microbiota humano**

Classificação de organismos

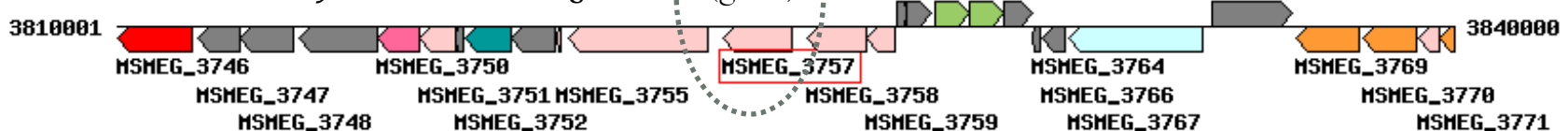
Métodos genotípicos

Gene do RNA ribossomal 16S / 18S (ssrDNA)

- Gene (DNA) que codifica a subunidade menor do ribossomo ou ssrRNA (*s*mall *s*ubunit *r*ibosomal *R*NA)
- Nome: 18S (eucariotos) e 16S (procariotos)
- **Importância** na taxonomia moderna
 - Presente em todos os organismos celulares
 - Altamente conservado, acumula em algumas regiões, ao longo de bilhões de anos, um número reduzido de mutações
 - A análise das variações nas regiões conservadas permitiu seu uso para reconstruir as relações entre todas as linhagens de organismos (três domínios da vida).



Cromossomo de *Mycobacterium smegmatis*



Métodos genotípicos filogenia do rRNA 16S



Norbert Pfennig

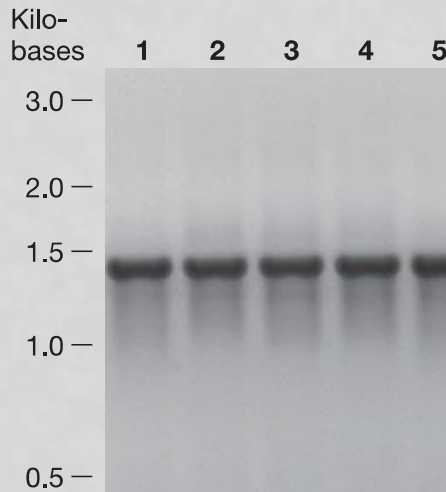
Isolate DNA



Amplify 16S
gene by PCR

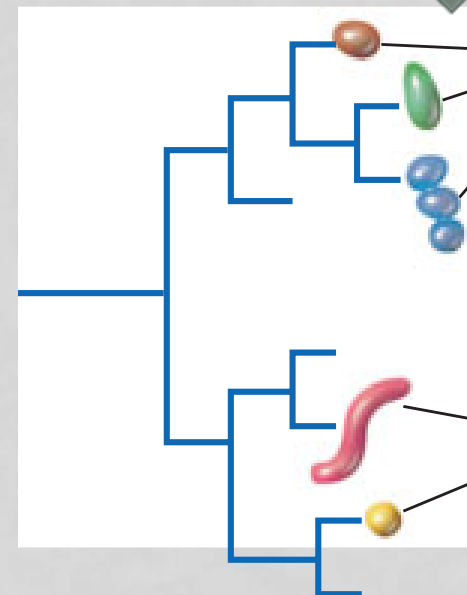
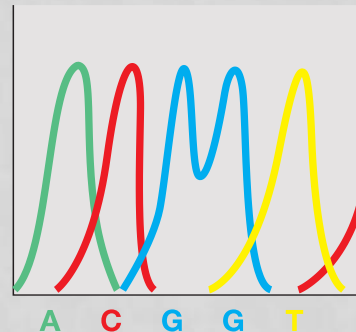


Run on agarose
gel; check for
correct size



Jennifer Ast and Paul Durlap

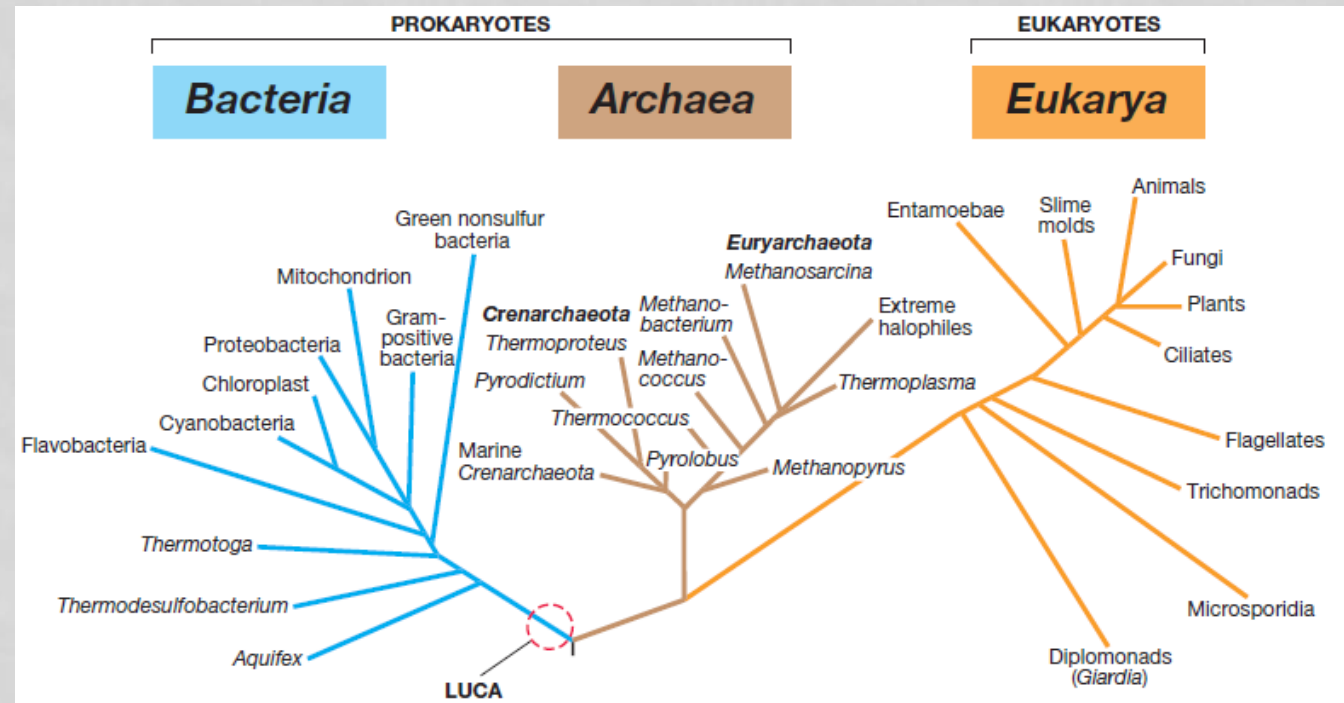
Espécie 1	TACGCAGCCAGATACATGCCAAGATATTTCG
Espécie 2	TTCGCAACCTGATACATCCTAAGATATTTCG
Espécie 3	TTCGCAGCCAGGTACATCCCAAGATATTTCG
Espécie 4	TTCGCAACCAGGTACATCCTAAGATATCCG



Espécie 1
Espécie 2
Espécie 3

Espécie 4
Espécie 5
Espécie 6
Espécie 7

Carl Woese: os três domínios da vida



- Revolução na classificação da vida
- Transição da classificação baseada em fenótipo para uma baseada em genótipo
- Separação entre Bactérias e Arqueas

Woese, C. R.; G. E. Fox (1977). "Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: The primary kingdoms". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 74 (11): 5088–5090.

Taxonomia

Domínio



Reino



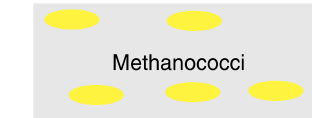
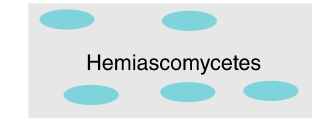
Não é usado

Não é usado

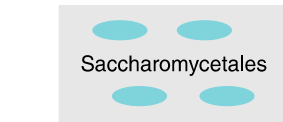
Filo



Classe



Ordem



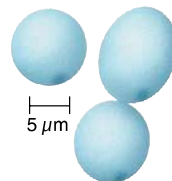
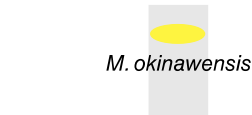
Familia



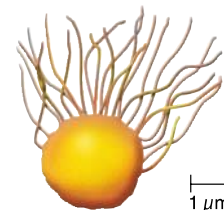
Gênero



Espécie



Baker's yeast



Methanococcus

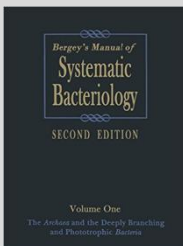


0.5 μm

E. coli



CARL LINNAEUS



Bergey's Manual of
Systematic
Bacteriology

SECOND EDITION

Volume One
The Archaea and the Deeply Branching
and Phototrophic Bacteria

Árvore da vida

Publicada em 2018

CPR →

(Candidate phyla radiation)

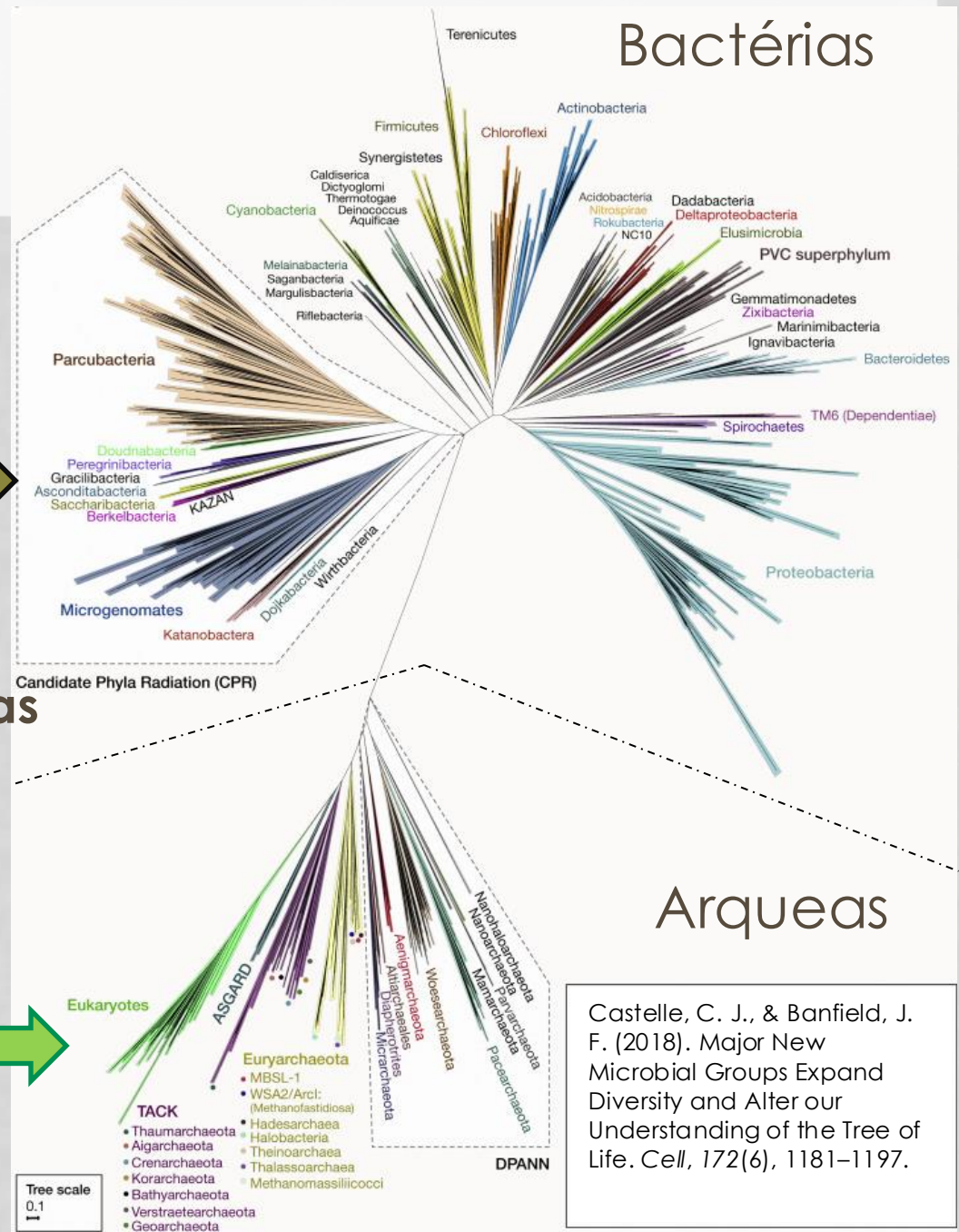
Novos tipos de bactérias

Não cultiváveis e nanobactérias

<http://itol.embl.de>

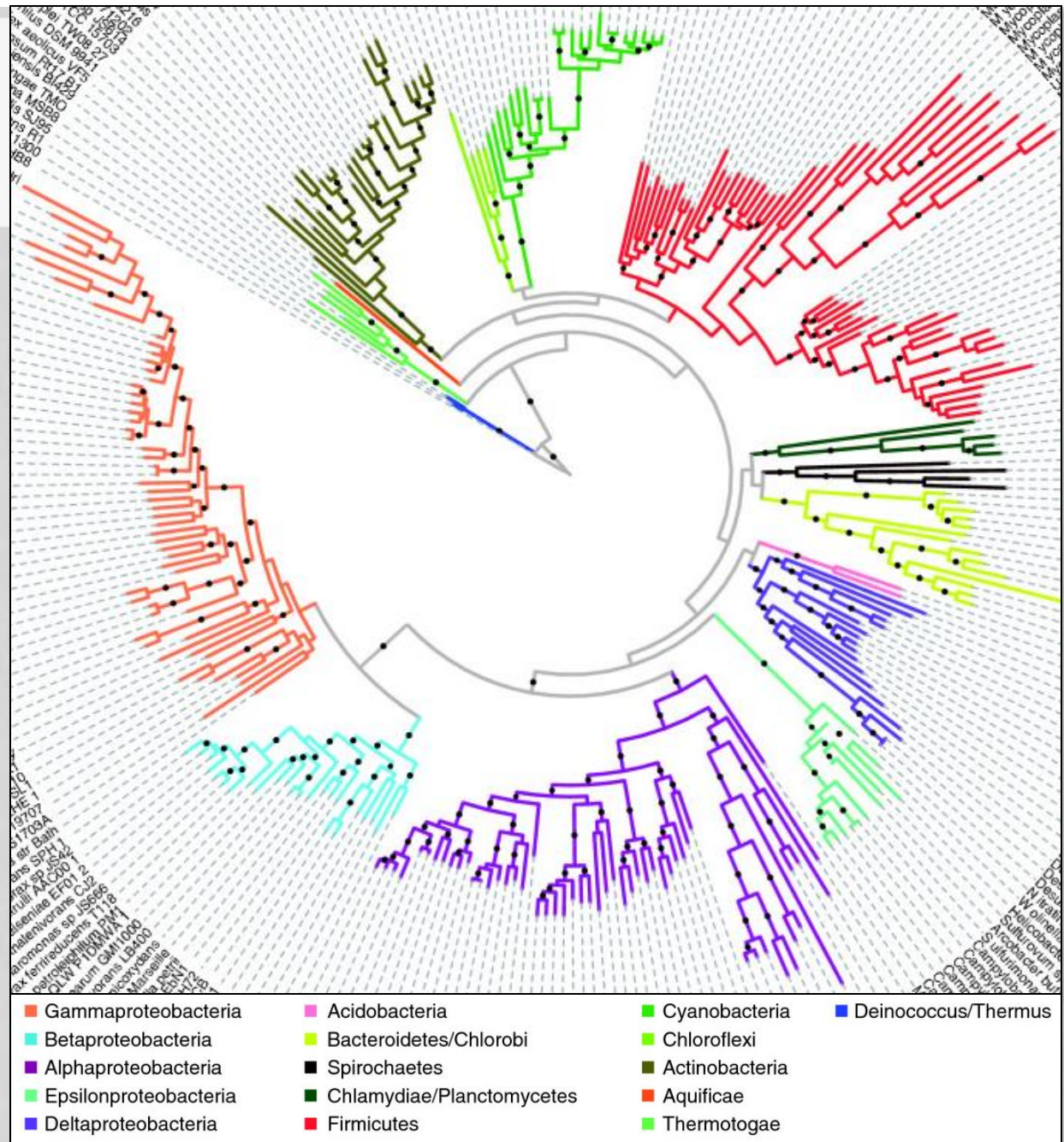
<http://tolweb.org/tree/>

Eucariotos →



Filogenia das Bacterias

À direita: árvore de máxima verossimilhança construída a partir do alinhamento concatenado de 31 proteínas codificadas por genes *housekeeping*



Bactérias

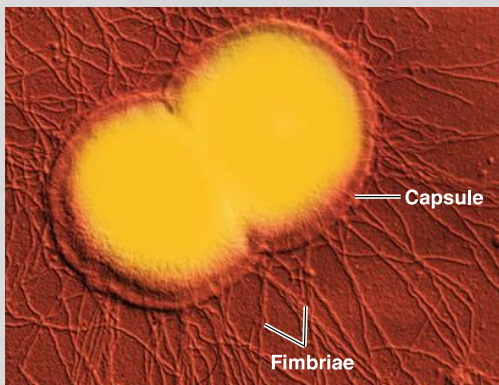
Grupos principais de bactérias

Classificação baseado principalmente na sequência do rRNA

- Proteobactérias
- Cianobactérias
- Espiroquetas
- Clamídias

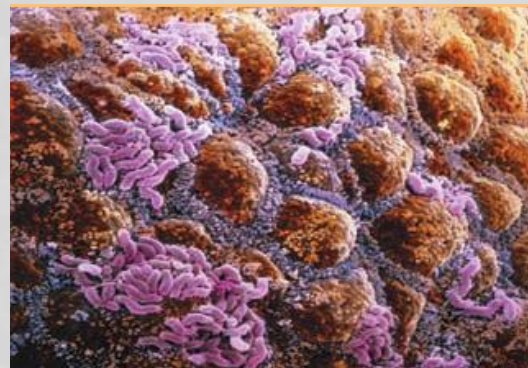
Proteobactérias

- Inclui maioria das bactérias Gram-negativas
- Maior grupo em termos de diversidade de espécies
- Mitochondrias de eucariotos derivadas de proteobactérias por endossimbiose



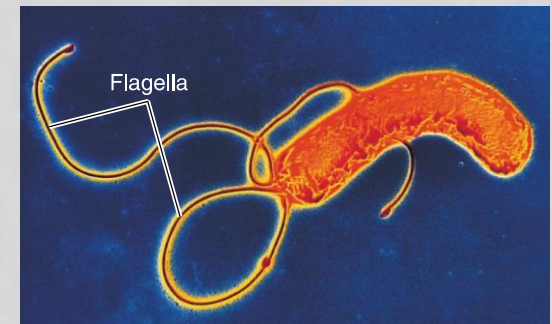
Neisseria gonorrhea
causa gonorrhea

Domínio	Bacteria
Filo	Proteobacteria
Classe	Betaproteobacteria
Ordem	Neisseriales
Família	Neisseriaceae
Gênero	<i>Neisseria</i>
Espécie	<i>N. gonorrhea</i>



Escherichia coli
gastroenterite

Domínio	Bacteria
Filo	Proteobacteria
Classe	Gammaproteobacteria
Ordem	Enterobacteriales
Família	Enterobacteriaceae
Gênero	<i>Escherichia</i>
Espécie	<i>E. coli</i>

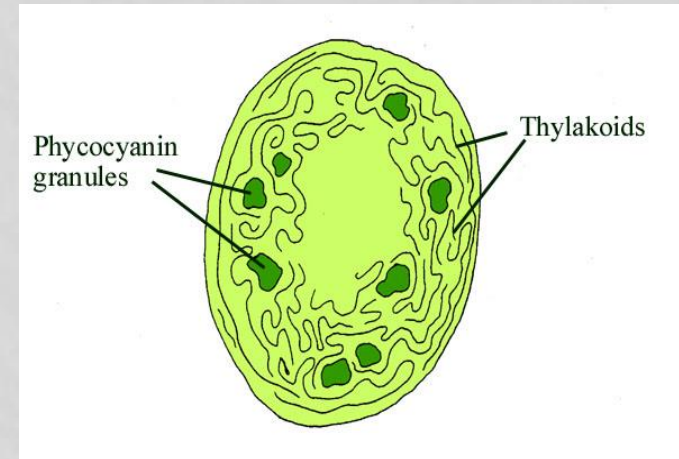
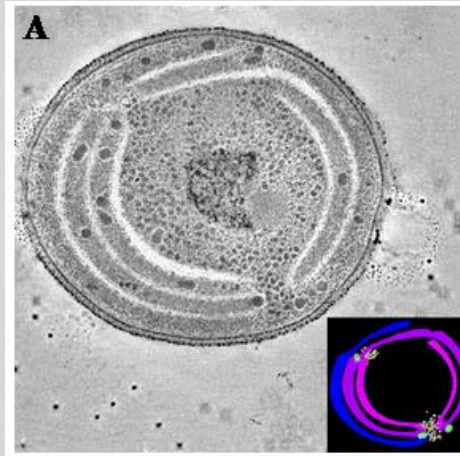


Helicobacter pylori
úlceras, cancer estomacal

Domínio	Bacteria
Filo	Proteobacteria
Classe	Epsilonproteobacteria
Ordem	Campylobacterales
Família	Helicobacteraceae
Gênero	<i>Helicobacter</i>
Espécie	<i>H. pylori</i>

Cianobactérias

- Grande importância ecológica: ciclos de carbono, oxigênio e nitrogênio
- Modo de vida livre ou comensal (plantas)
- Podem produzir e liberar toxinas (cianotoxinas), que podem afetar a saúde humana
- Células isoladas ou colônias
- Utilizam clorofila-A para fotossíntese e liberam gás oxigênio
- Deram origem aos cloroplastos por endossimbiose
- Possuem sistema de membrana interna (tilacóides) semelhante ao dos cloroplastos



Cloroplasto



Anabaena

Espécie fixadora de nitrogênio

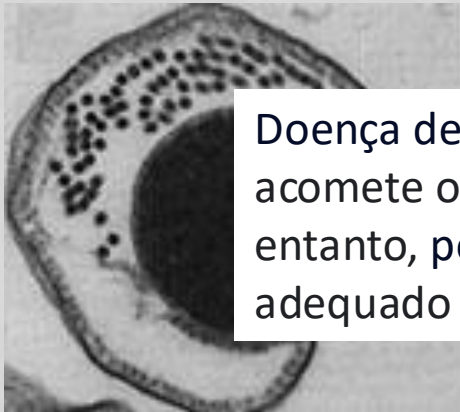
Synechococcus

Espécie de ambientes marinhos e águas termais

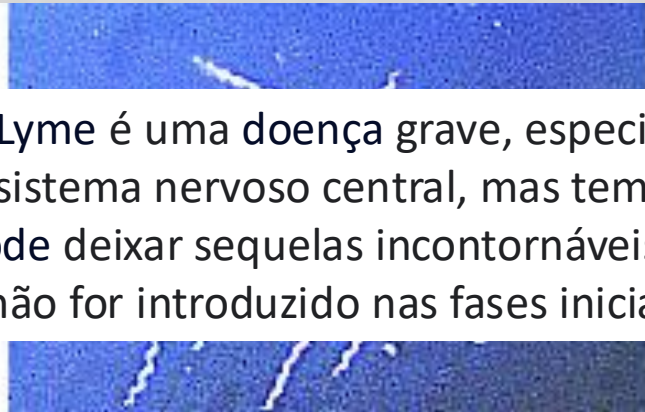
Bactérias

Espiroquetas

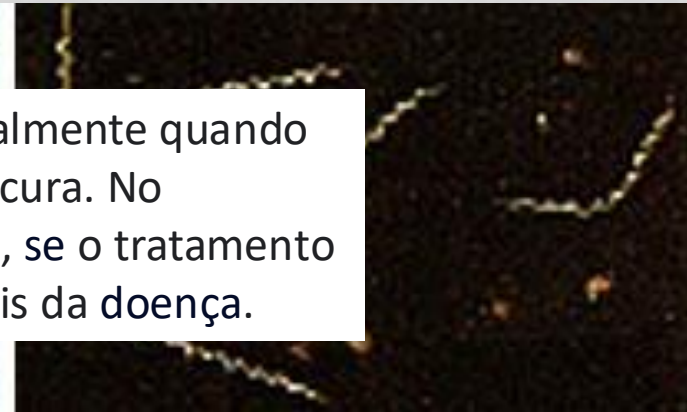
- Morfologia e modos de locomoção únicos
- Possuem forma de um longo cilindro em espiral, parecidas com saca-rolhas
- Possuem um filamento axial e endoflagelo no espaço periplásmico
- Muitas são parasitas de seres humanos. Outros vivem em lamas ou água



Endoflagelo
corte transversal



Borrelia burgdorferi
causador da doença de Lyme
(picada de carrapato)



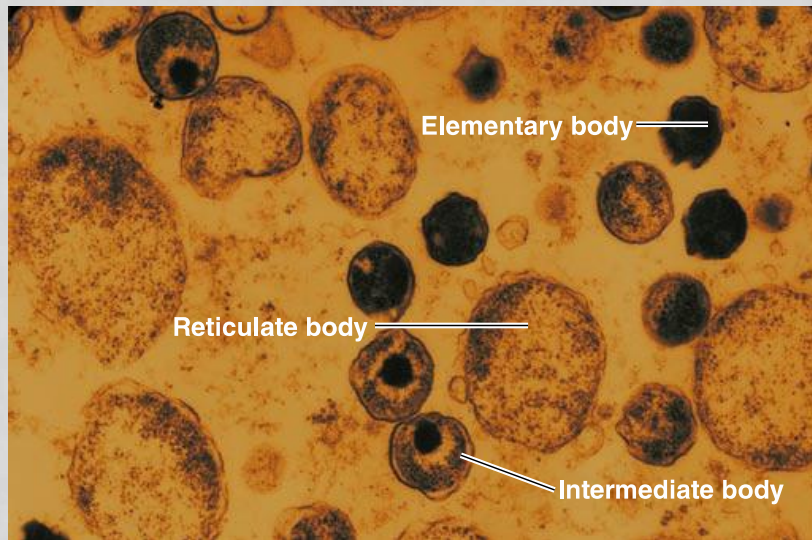
Treponema pallidum
causador da sífilis

Doença de Lyme é uma doença grave, especialmente quando acomete o sistema nervoso central, mas tem cura. No entanto, pode deixar sequelas incontornáveis, se o tratamento adequado não for introduzido nas fases iniciais da doença.

Bactérias

Clamídias

- Menores bactérias (0,2 a 1,5 μm de diâmetro)
- Parasitas intracelulares obrigatórios
- Obtém ATP da célula hospedeira



TEM 0.3 μm

Estima-se que 5% da população adulta e 10% da população adolescente sexualmente ativa estejam contaminados com a *Chlamydia trachomatis*. A infecção por clamídia é mais comum em jovens, pessoas que tenham tido múltiplos parceiros (as) nos últimos anos ou pessoas que não costumam usar **camisinha** durante as relações sexuais. Assim como **sequelas** subsequentes como gravidez ectópica e a infertilidade.

(a) which takes about 48 hours to complete

Exemplo: *Chlamydia trachomatis*

Maior causa de cegueira no mundo

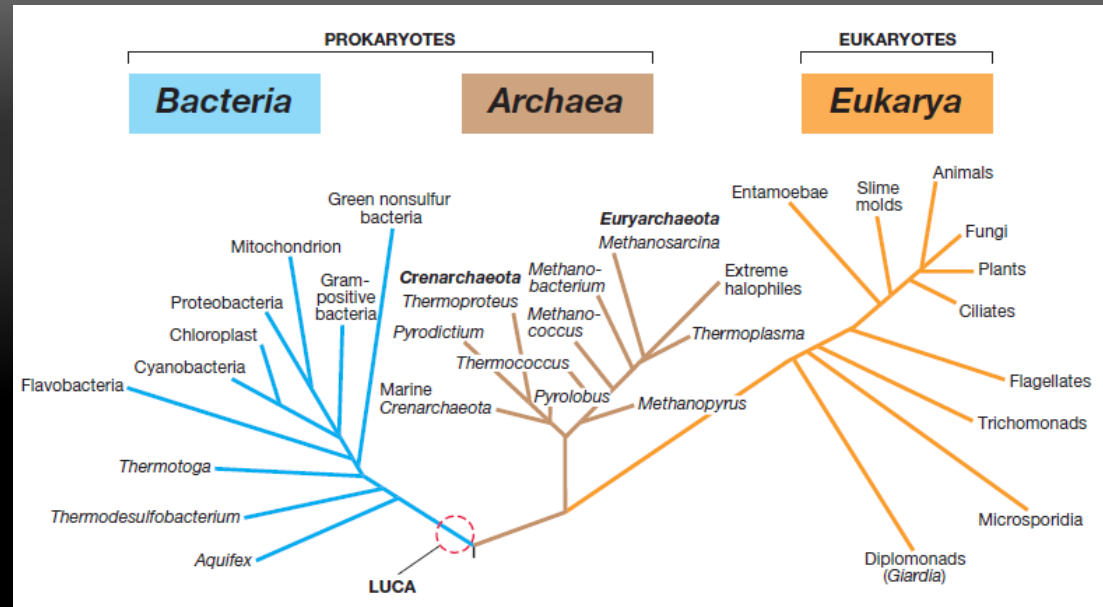
Também causa uretrite (doença sexualmente transmitida)

MICROBIOTA

Microbiota

tópicos

- Definição;
- Tipos;
- Distribuição;
- Formação;
- Função;
- Na Doença;
- Tratamento;



Microbiota

Definição

População de microrganismos que habita a pele e as membranas mucosas de um indivíduo saudável

Sinônimos

Microbiota indígena

Microbiota autóctone

Microbiota residente

O Termo **flora** refere às plantas, enquanto que os microrganismos pertencem aos grupos protista e das bactérias. Isto deve-se a estes organismos terem sido classificados entre as plantas na taxonomia de Lineu.

Microbiota

Tipos

- **Microbiota transitória, alóctone ou exógena**

Microrganismos que podem habitar a pele e/ou membranas mucosas por horas, dias ou semanas mas que **não se restabelecerão autonomamente**

- **Oportunistas**

Patógenos, normalmente inócuos, mas que podem ganhar uma vantagem competitiva quando a população de competidores é diminuída. Exemplos:

- Remoção de competidores: *Clostridium difficile*;
- Deslocamento do sítio normal no corpo humano (e.g. *Staphylococcus epidermidis* em cateter);
- Indivíduos imunocomprometidos: microbiota pode multiplicar em excesso, invadir outros compartimentos e causar infecções.

Mais algumas definições...

Simbionte		
Organismo que vive em associação com organismo(s) de outra espécie		
Ectossimbionte (sobre)		Endossimbionte (dentro)
Parasita	Comensal	Mutualista
Causa dano ao hospedeiro	Vive em associação sem causar dano ou benefício	Ambos os organismos se beneficiam
biotrófico		
necrotrófico		

- Transições entre os modos de vida acima são possíveis e frequentes!!!!
- Mecanismo: aquisição de fatores de virulência e/ou Ilhas de patogenicidade por transferência lateral de genes

DETERMINANTES DA COLONIZAÇÃO MICROBIANA DE TECIDOS BIOLÓGICOS

- **Disponibilidade de nutrientes: qualidade e quantidade**
- **Disponibilidade do oxigênio**
- **Fluxo de fluídos da superfície epitelial**
- **Sistema de limpeza muco-ciliar**
- **Sistema imune local**
- **Presença de receptores celulares do hospedeiro**
- **Interação microbiana: competição e cooperação**
- **Variação do pH**

Adquisição da Microbiota

Influência do tipo de nascimento

Recém nascido

Parto normal

Organismos do canal vaginal

Predomínio de Anaeróbios

Início da colonização microbiana

Ambiente estéril?



Cesária ?

Organismos ambientais, pessoal da saúde.

Predomínio de microaerófilos, facultativos e esporulados

Questioning the fetal microbiome illustrates pitfalls of low-biomass microbial studies

[Katherine M. Kennedy](#), [Marcus C. de Goffau](#), [Maria Elisa Perez-Muñoz](#), [Marie-Claire Arrieta](#), [Fredrik Bäckhed](#), [Peer Bork](#), [Thorsten Braun](#), [Frederic D. Bushman](#), [Joel Dore](#), [Willem M. de Vos](#), [Ashlee M. Earl](#), [Jonathan A. Eisen](#), [Michal A. Elovitz](#), [Stephanie C. Ganal-Vonarburg](#), [Michael G. Gänzle](#), [Wendy S. Garrett](#), [Lindsay J. Hall](#), [Mathias W. Hornef](#), [Curtis Huttenhower](#), [Liza Konnikova](#), [Sarah Lebeer](#), [Andrew J. Macpherson](#), [Ruth C. Massey](#), [Alice Carolyn McHardy](#), ... [Jens Walter](#)  [+ Show authors](#)

[Nature](#) **613**, 639–649 (2023) | [Cite this article](#)

37k Accesses | **264** Citations | **592** Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

Whether the human fetus and the prenatal intrauterine environment (amniotic fluid and placenta) are stably colonized by microbial communities in a healthy pregnancy remains a subject of debate. Here we evaluate recent studies that characterized microbial populations in human fetuses from the perspectives of reproductive biology, microbial ecology, bioinformatics, immunology, clinical microbiology and gnotobiology, and assess possible mechanisms by which the fetus might interact with microorganisms. Our analysis indicates that the detected microbial signals are likely the result of contamination during the clinical procedures to obtain fetal samples or during DNA extraction and DNA sequencing.

Furthermore, the existence of live and replicating microbial populations in healthy fetal tissues is not compatible with fundamental concepts of immunology, clinical microbiology and the derivation of germ-free mammals. These conclusions are important to our understanding of human immune development and illustrate common pitfalls in the

Article | [Open access](#) | Published: 09 May 2025

Maternal gut microbiota influences immune activation at the maternal-fetal interface affecting pregnancy outcome

[Silvia Giugliano](#) ✉, [Andrea Gatti](#), [Martina Rusin](#), [Tilo Schorn](#), [Silvia Pimazzoni](#), [Michela Calanni-Pileri](#), [Valentina Fraccascia](#), [Sara Carloni](#) & [Maria Rescigno](#) ✉

[Nature Communications](#) **16**, Article number: 4326 (2025) | [Cite this article](#)

8242 Accesses | **2** Citations | **28** Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

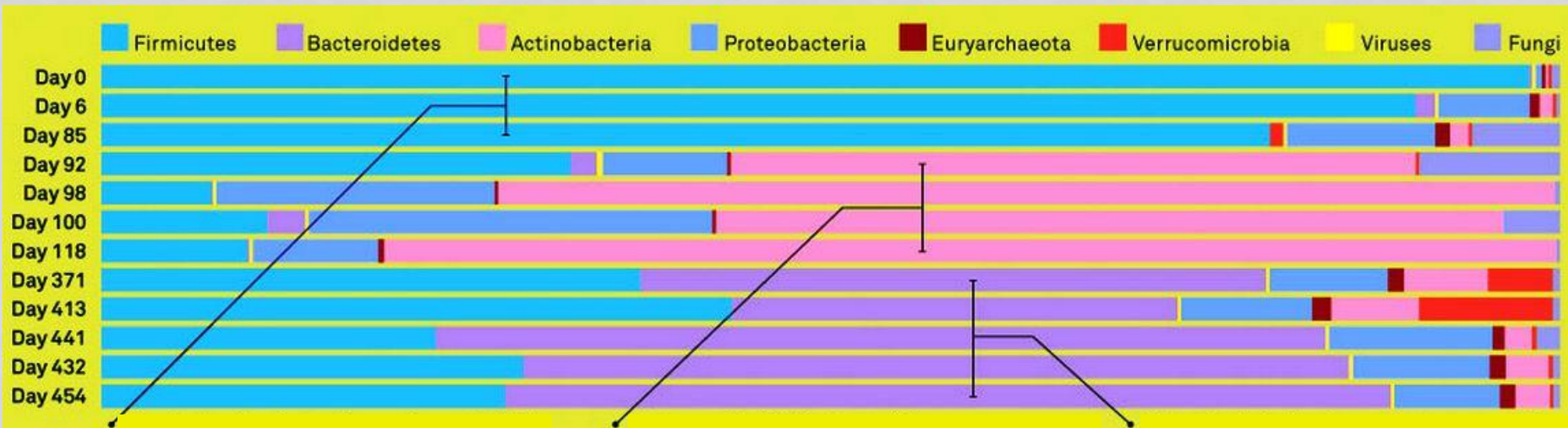
Preeclampsia is a leading cause of morbidity and mortality in pregnant women, affecting 5–8% of gestations worldwide. Its development is influenced by maternal immune abnormalities, metabolic disorders, and gut dysbiosis. In this study, we show that gut dysbiosis in pregnant C57BL/6J dams leads to increased fetal resorption, impaired placental development and altered vascularization. These adverse outcomes are associated with key pathological features of preeclampsia, including hypoxia, endoplasmic reticulum (ER) stress and reduction in uterine natural killer (NK) cell numbers. Furthermore, gut dysbiosis significantly perturbs placental carbohydrate metabolism, which impairs NK cell IFN- γ secretion. Notably, glucose supplementation restores placental NK cell function and reduces fetal resorption, suggesting that the observed impairment is reversible and dependent on a lower glycolytic rate. These findings highlight maternal gut microbiota as a key player in carbohydrate metabolism, with a pivotal role in modulating placental immunity and pregnancy outcome. The results provide valuable insights into potential metabolic

A microbiota do feto pode afetar o desenvolvimento
cerebral e do intestino do bebê ?

As primeiras fezes do bebê tem bactéria
“microbioma fetal”

Alterações na microbiota intestinal

Primeiro ano de vida



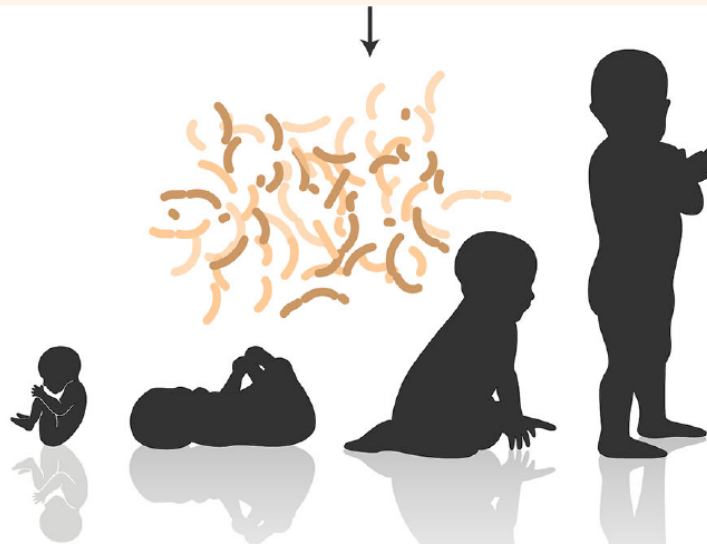
Firmicutes dominam o intestino do recém-nascido: *Lactobacillus* do leite

Actinobacterias se tornam comuns, talvez por causa de uma febre por volta do 92º dia

O bebê começa a ingerir frutas e cereal de arroz e **Bacterioidetes** adaptados à digestão de material vegetal passam a dominar

Factors affecting the microbial colonization of the developing human

- Mode of delivery
- Gestational age
- Nutrition
- Antibiotics



Normal development of the intestinal microbiome

Healthy term infant	After 3 months of life	After 12 months of life	After about 3 years of age
Firmicutes <i>Enterococcus</i> <i>Staphylococcus</i> <i>Streptococcus</i>	Actinobacteria <i>Bifidobacterium</i> Bacteroidetes <i>Bacteroides</i>	Actinobacteria <i>Bifidobacterium</i> <i>Collinsella</i> Firmicutes <i>Lactobacillus</i> <i>Megasphaera</i> <i>Veillonella</i>	Bacteroidetes Firmicutes
Proteobacteria <i>Enterobacter</i> <i>E. coli</i>	Proteobacteria <i>Escherichia</i>		

Sucessão Microbiana Intestinal

Pós-parto

Colonizadores secundários:
Bacteroides, Clostridia,
Bifidobacterium

A partir dos 6 meses

Microbiota – mais diversa e complexa



Nascimento

Colonizadores primários:
E. coli e *Enterococcus*

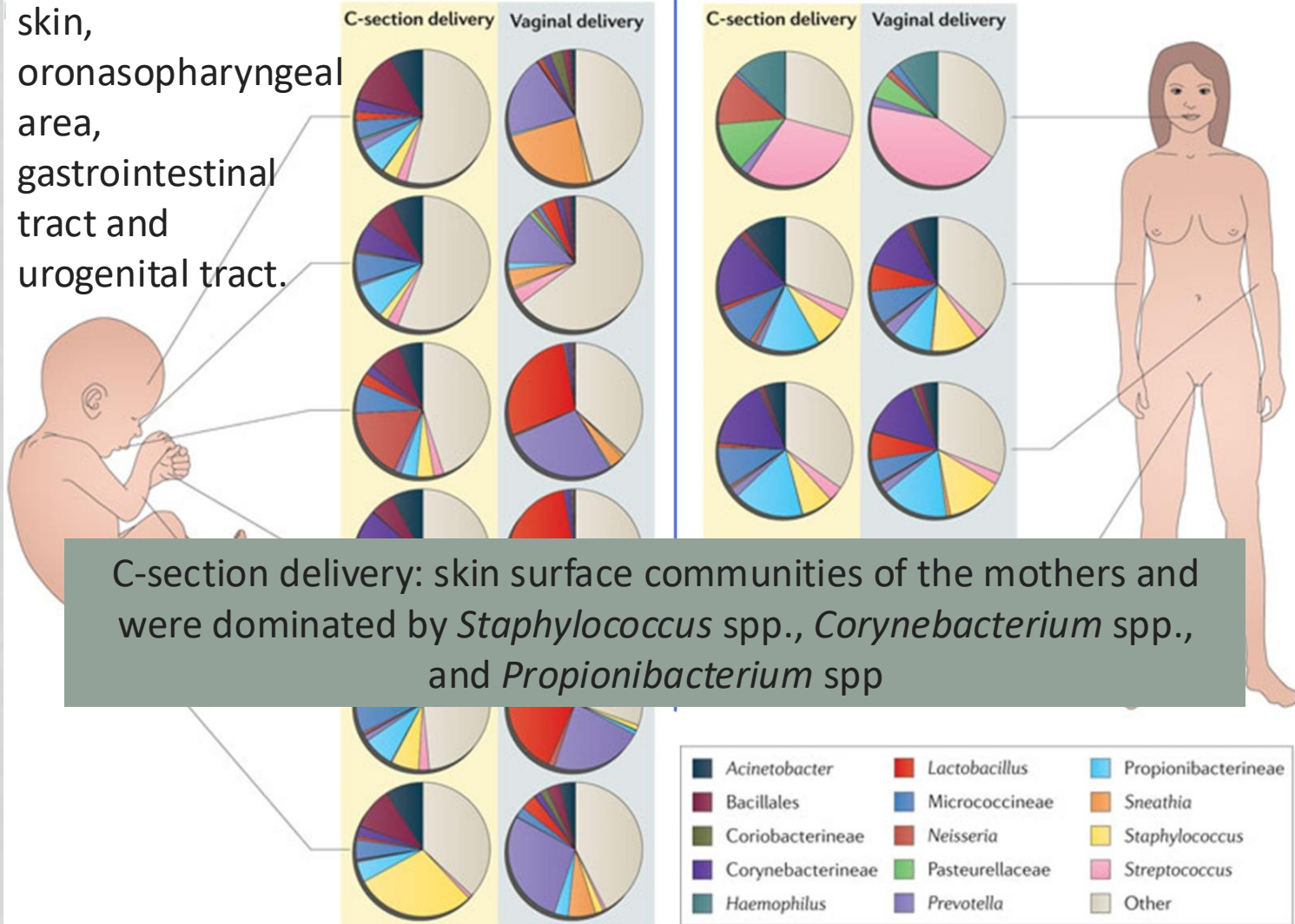
Até 6 meses

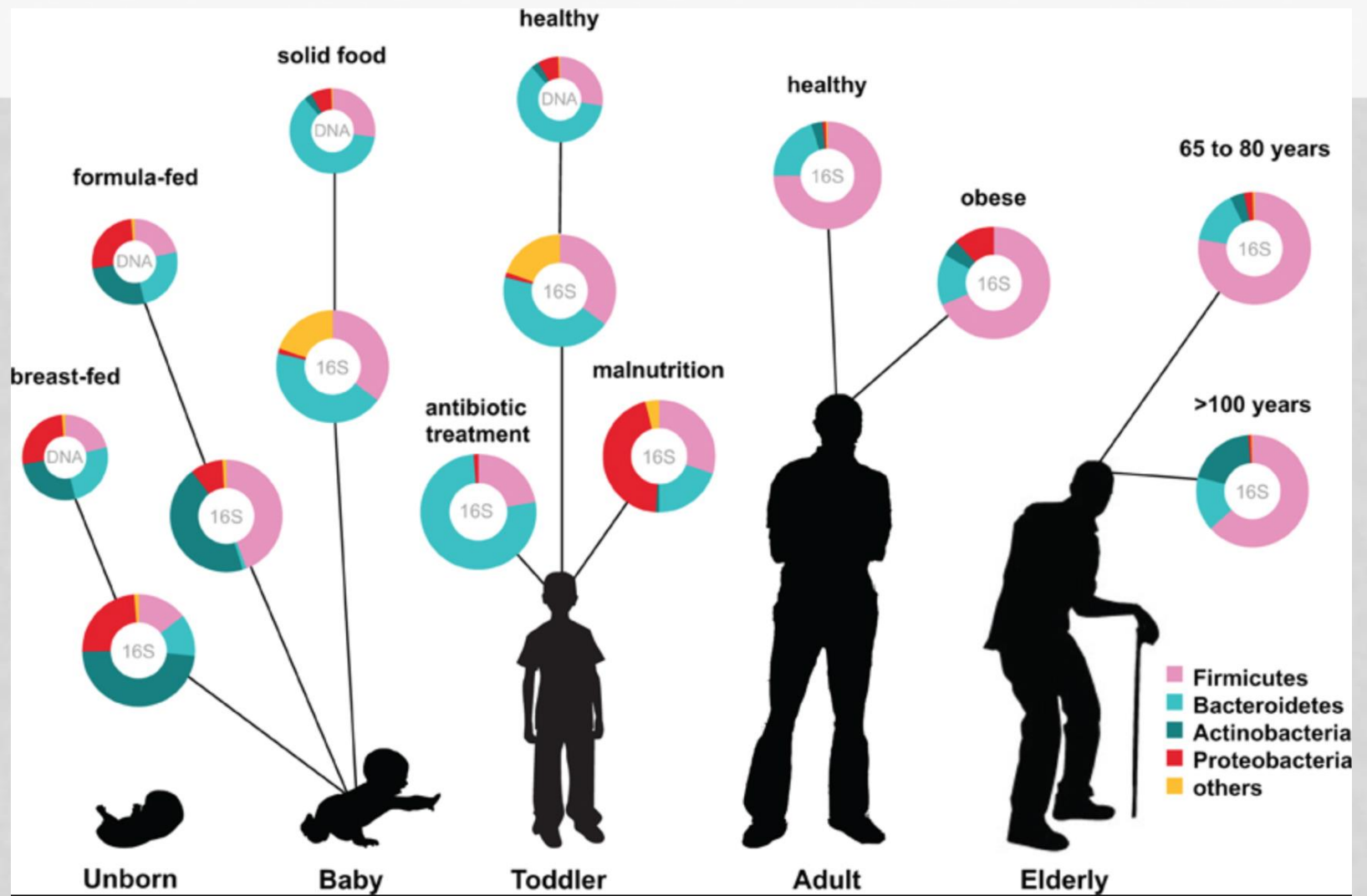
Microbiota sofre interferência do tipo alimentação

Adulto

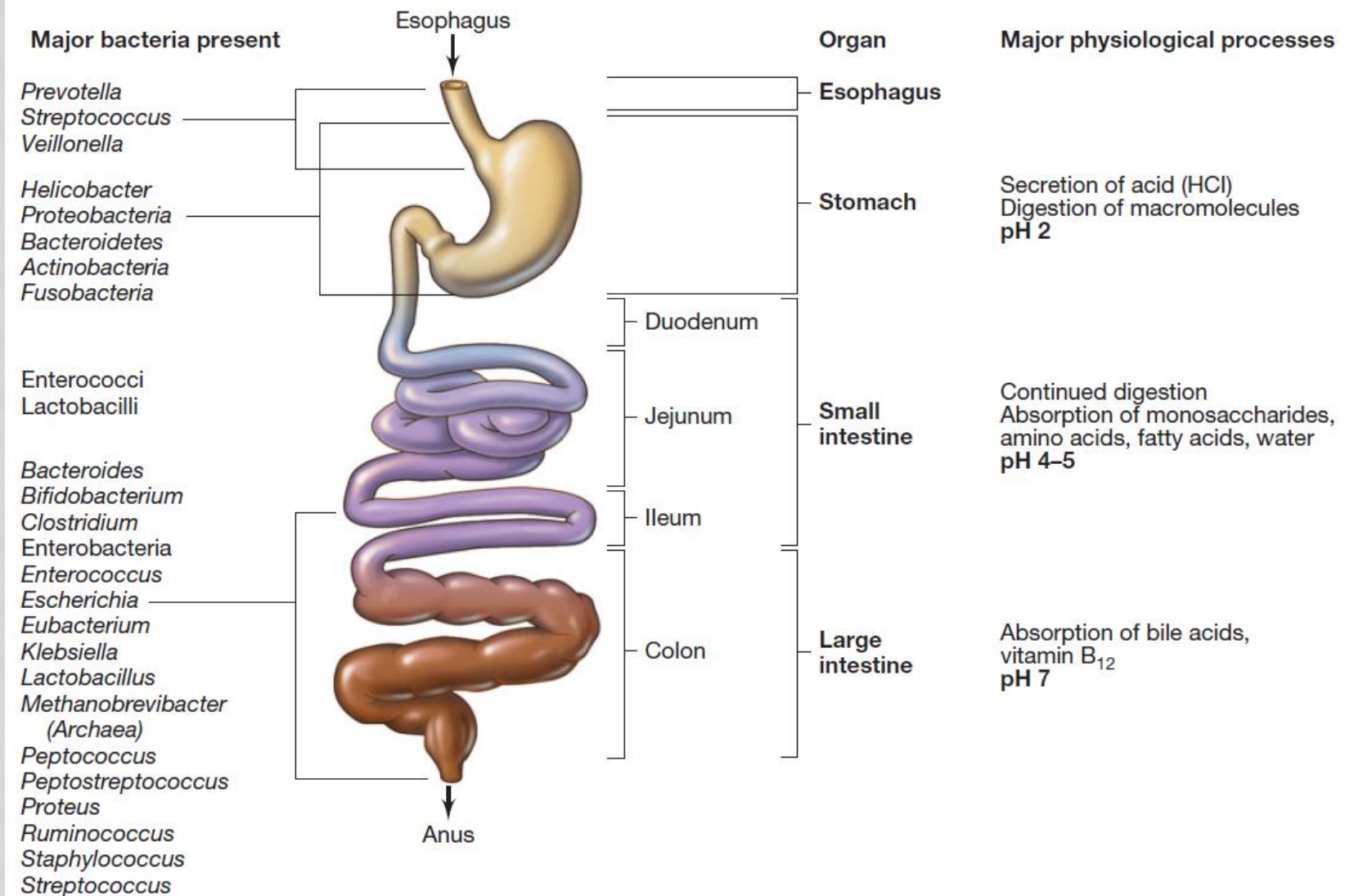
Redução gradual da diversidade – Bacteroidetes e Firmicutes e estabilidade

Cesária Vs Natural





Distribuição no TGI



Microbiota Anaeróbia Fecal do Homem e Animais

1. ***Bacteroides*** (10^{11} /g peso seco fezes)

2. ***Eubacterium*** (10^{10} /g p.s.f.)

3. ***Peptococcaceae*** (10^{9-10} /g p.s.f.)

Ruminococcus, Coprococcus, Peptostreptococcus

4. ***Bifidobacterium*** (10^9 /g p.s.f.)

5. ***Clostridium*** (10^{8-9} /g p.s.f.)

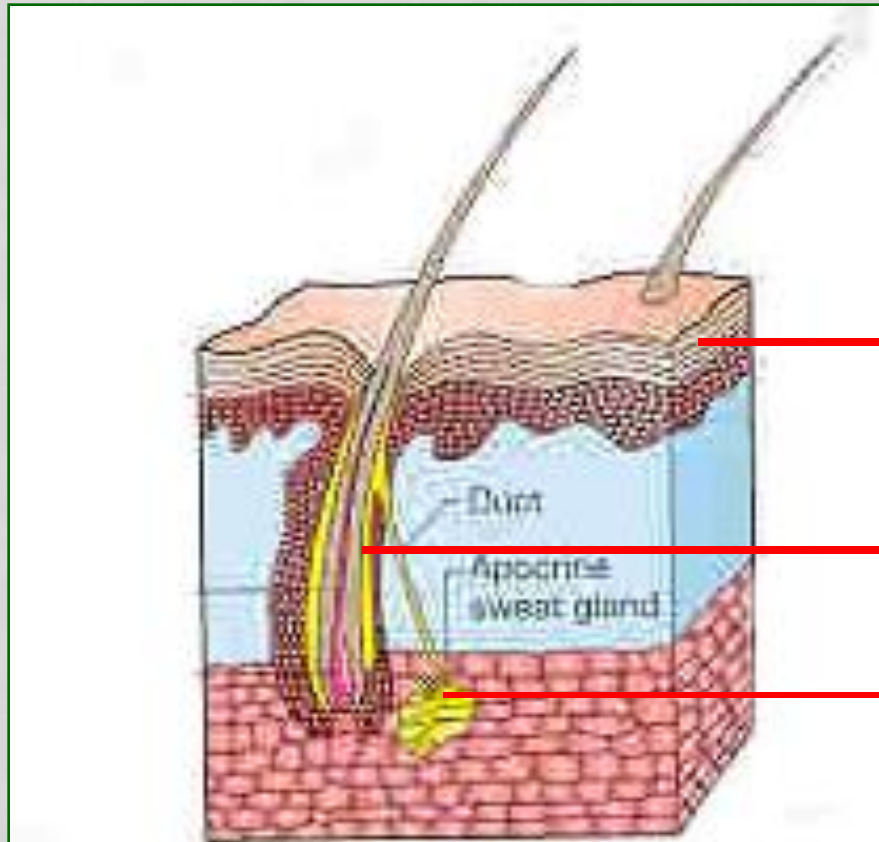
6. **Outros**

Lactobacillus, Megasphaera, Veillonella, Butyrivibrio, Succinovibrio, Succinomonas, Selenomonas, Anaerovibrio, Lachnospira e Treponema

7. **Facultativos** ($< 10^8$ /g p.s.f.)

Coliformes, estreptococos e lactobacilos

Microbiota da pele



Estrato córneo

Folículo piloso

Glândula sebácea

$10^4 - 10^6$ bactérias/cm²

S. epidermidis

S. aureus

Corynebacterium spp.

Streptococcus spp.

Propionibacterium spp.

Microbiota - Função

- Biofilme protetor:
 - Competição com bactérias patogênicas por sítios de adesão e microambientes (antagonismo microbiano);
- Ativamente envolvida na regulação imune e na homeostase;
- Exerce funções-chave no metabolismo do hospedeiro, auxiliando na digestão e absorção de alimentos;

Exemplo

O número e o tipo de bactérias na vagina tem um profundo efeito sobre a saúde das mulheres e seu risco de contrair ou transmitir doenças sexualmente transmissíveis.

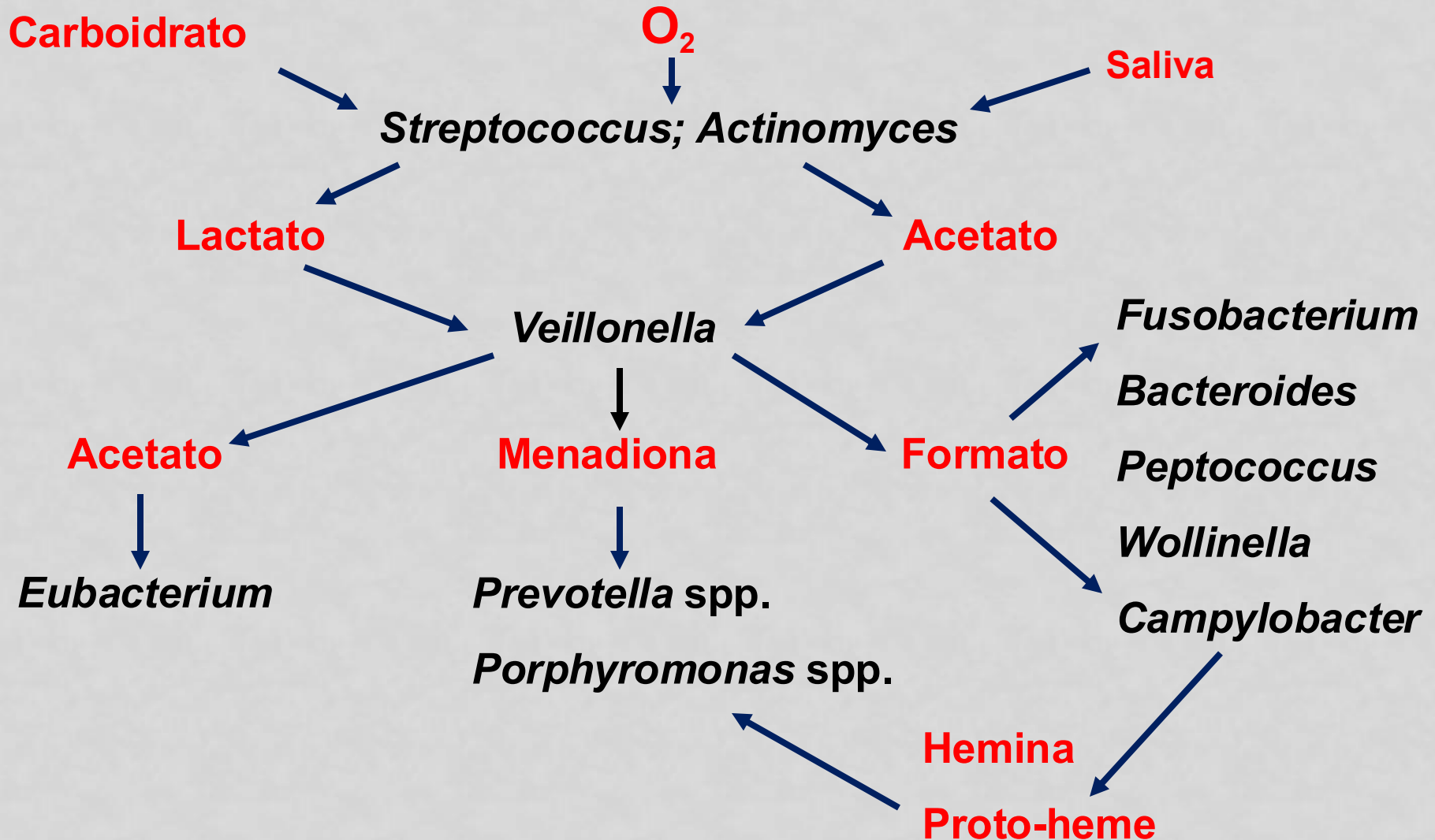
Alterações no pH 3,5-4,5, permite o crescimento de fungos e outras bacterias.

Contribuições metabólicas de micro-organismos intestinais

<i>Process</i>	<i>Product</i>
Vitamin synthesis	Thiamine, riboflavin, pyridoxine, B ₁₂ , K
Gas production	CO ₂ , CH ₄ , H ₂
Odor production	H ₂ S, NH ₃ , amines, indole, skatole, butyric acid
Organic acid production	Acetic, propionic, butyric acids
Glycosidase reactions	β-Glucuronidase, β-galactosidase, β-glucosidase, α-glucosidase, α-galactosidase
Steroid metabolism (bile acids)	Esterified, dehydroxylated, oxidized, or reduced steroids

Microbiota humana

Interações nutricionais complexas



Disbioses

Desequilíbrio na microbiota associado a doenças

Fatores que influenciam o equilíbrio da microbiota

Independente do comportamento do hospedeiro

Condições ambientais

Imunidade

Presença de patógenos

Fatores comportamentais

Higiene

Dieta

Uso de Antimicrobianos

Microbiota: potencialmente patogênicas



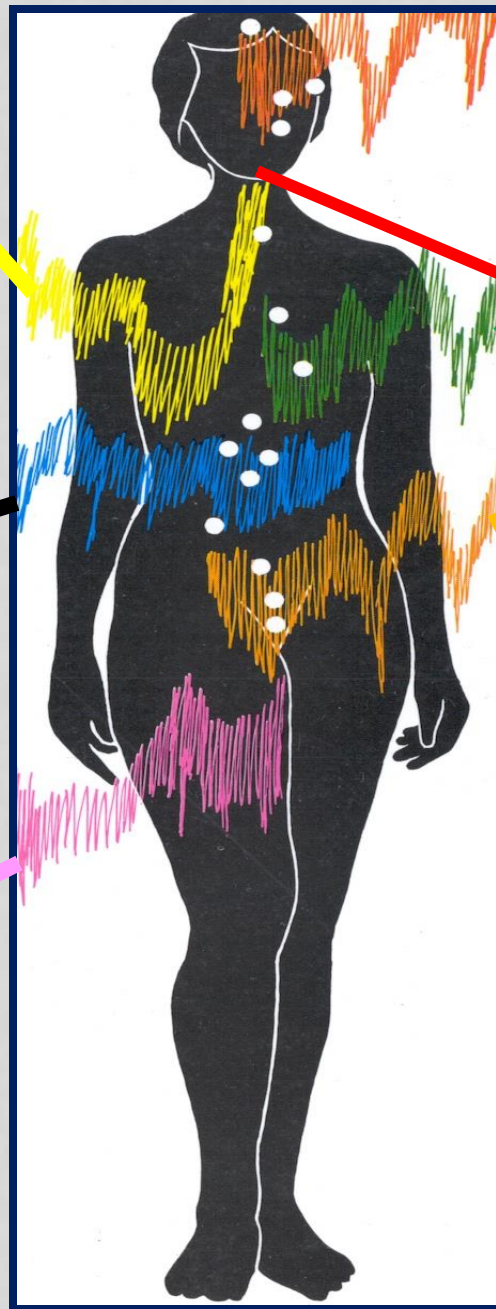
BACTERIUM	Lower Intestine
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	+
<i>Staphylococcus aureus</i> *	++
<i>Streptococcus mitis</i>	+/-
<i>Enterococcus faecalis</i> *	++
<i>Streptococcus pyogenes</i> *	+/-
<i>Veillonellae sp.</i>	+/-
<i>Enterobacteriaceae</i> * (<i>Escherichia coli</i>)	++
<i>Proteus sp.</i>	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> *	+
<i>Bacteroides sp.</i> *	++
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	++
<i>Lactobacillus sp.</i>	++
<i>Clostridium sp.</i> *	++
<i>Clostridium tetani</i>	+/-
Corynebacteria	+
Mycobacteria	+
Spirochetes	++
Mycoplasmas	+

++ = nearly 100 percent + = common +/- = rare * = potential pathog

Aparelho Respiratório:
Infecções do aparelho respiratório superior, pneumonia necrotizante, abscesso pulmonar, pneumonia aguda.

Abdômen: abscessos intra-abdominais, abscesso hepático, peritonite.

Pele e Tecidos Moles:
feridas profundas infectadas, abscessos profundos, septicemia, gangrena, celulite.



Sistema Nervoso Central e Cabeça: Infecções periodontais, otite média crônica, abscesso cerebral, sinusite crônica.

Boca: **cárie e periodontite.**

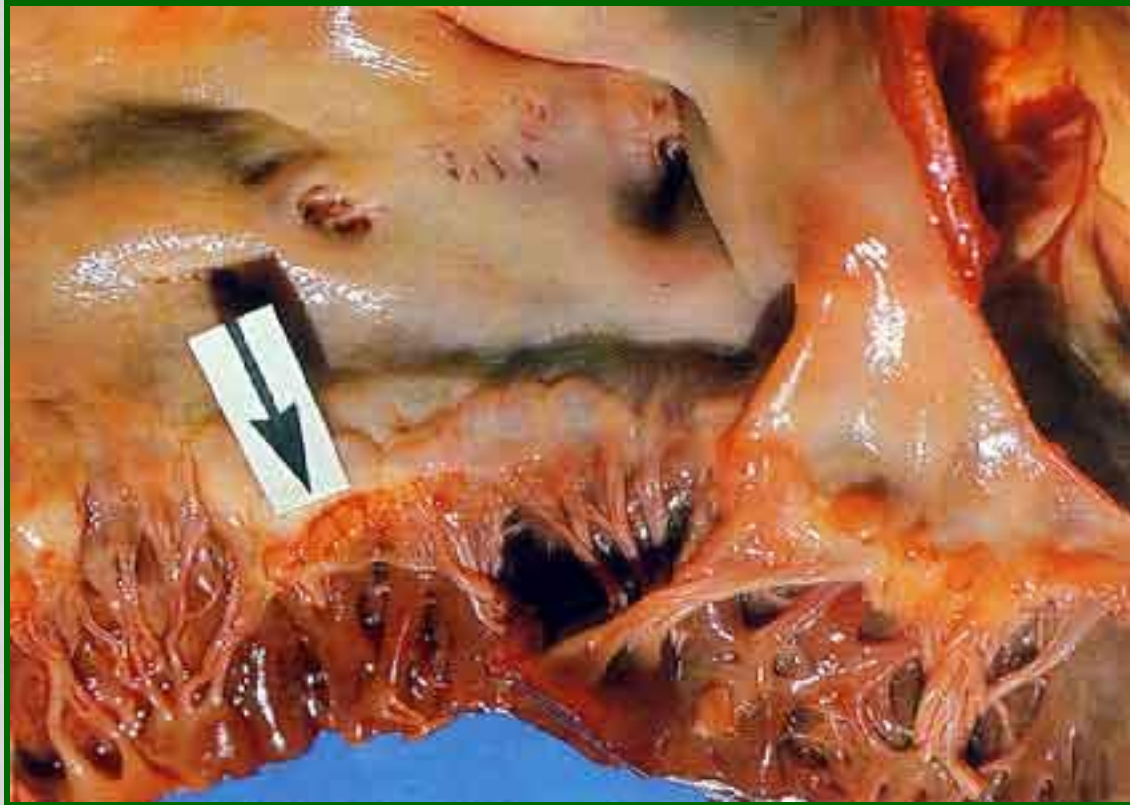
Tórax: endocardite, bacteremia, abscessos.

Trato Genital Feminino:
abscesso tubo-ovariano, abscesso pélvico, aborto séptico, endometrite

Participação de microrganismos em processos infecciosos

Participação microbiana em processos infecciosos

Peptococcus spp. e *Peptostreptococcus* spp.



Endocardite

Participação bacteriana em processos infecciosos

Bacteroides fragilis

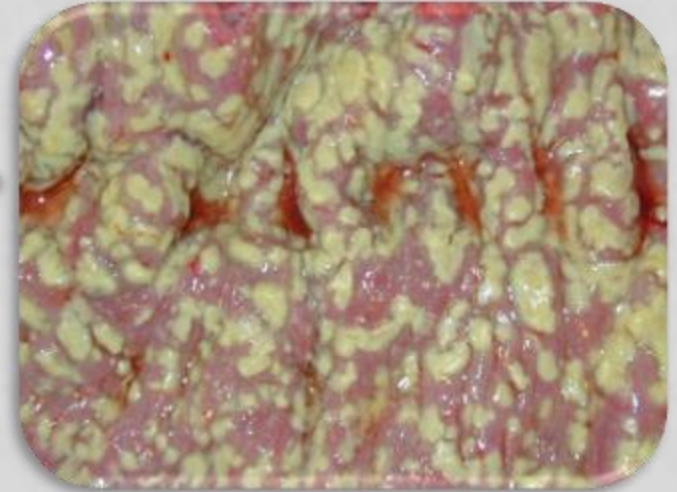


Peritonite

Microbiota intestinal

novos vínculos com doenças e disbioses **emergentes**

- Colite pseudomembranosa
- Colite ulcerativa →
- Síndrome do intestino irritável
- Doença inflamatória intestinal
- Síndromes metabólicas
- Obesidade →
- Diabetes
- Esclerose múltipla
- Sintomas de Parkinson
- Alergia e auto-imunidade



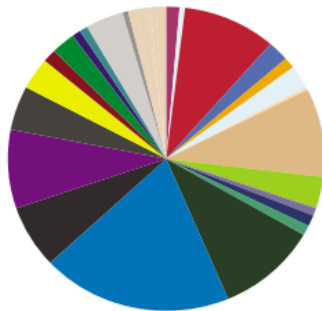
Diversidade Bacteriana na Doença

**Crohn disease
has
B. ovatus
*B. vulgatus***

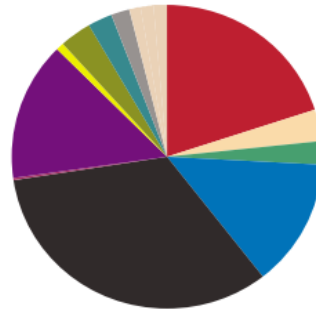
Bacteroides

**Health has
*B. uniformis***

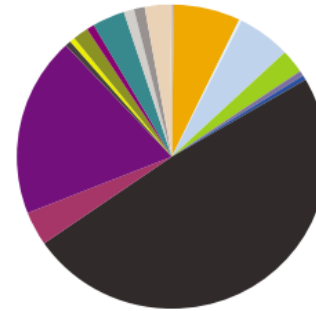
Twin study of Crohn's disease
J Dicksved *et al*



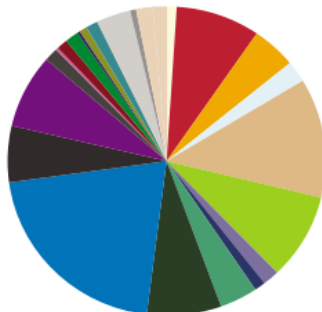
H (4a)



CD (18a)

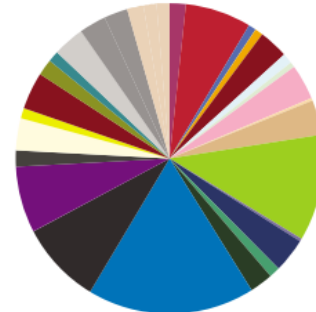


CD (15a)



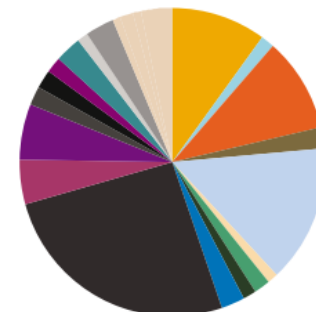
H (4b)

Healthy



H (18b)

Discordant

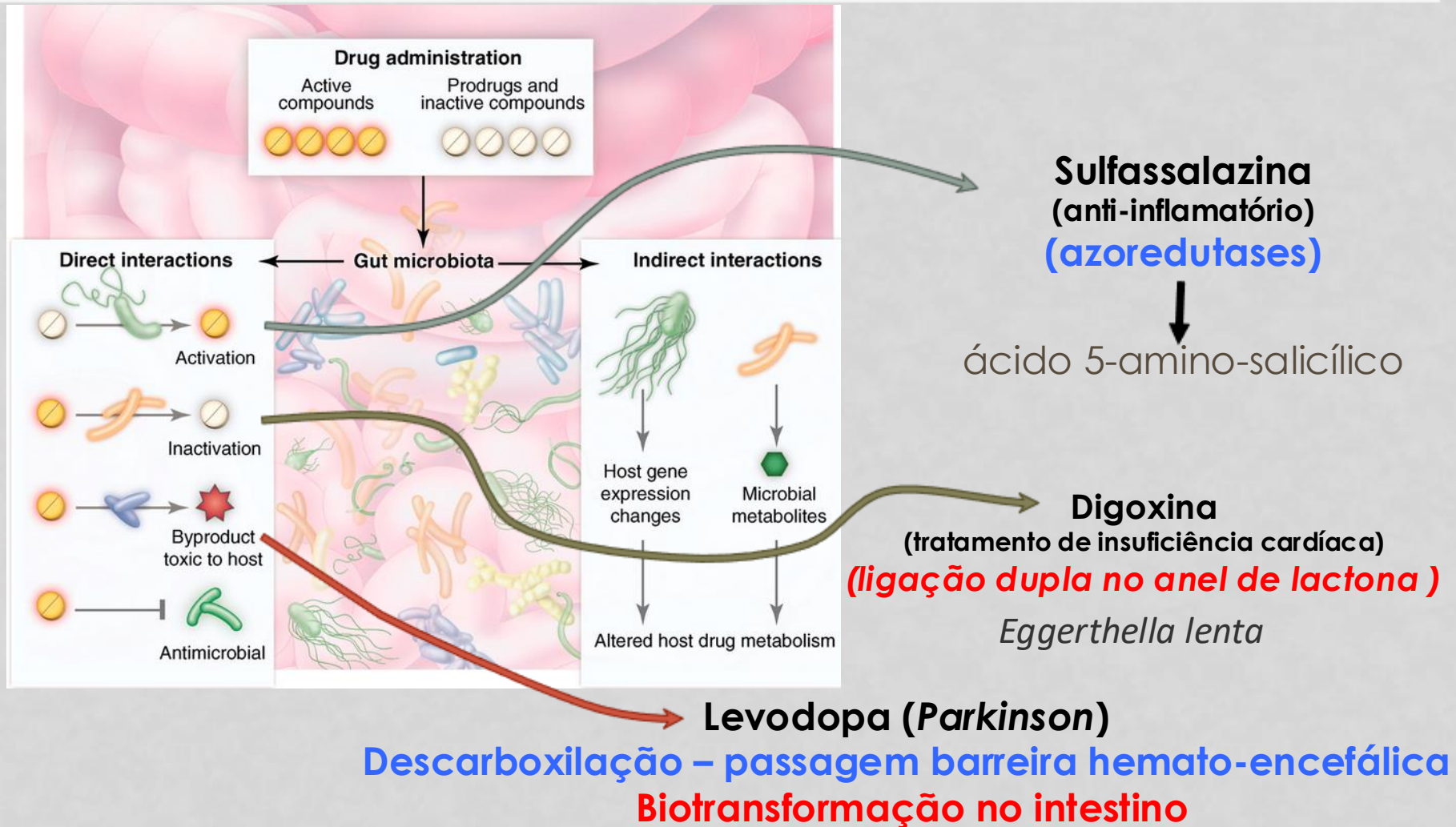


CD (15b)

Concordant

Chron disease: gêmeos monozigóticos

Interações da microbiota na terapia medicamentosa



Is It Time for a Metagenomic Basis of Therapeutics?

Therapeutic Modulation of Microbiota-Host Metabolic Interactions.

Microbiota no tratamento/prevenção

Probiótico

O fato da microbiota intestinal poder ser alterada e trazer benefícios à saúde humana, tem motivado o desenvolvimento de ingredientes alimentícios chamados “funcionais”.



Alimentos Funcionais

Probiótico / Prebiótico

Probiótico

Alimentos “pró-bióticos” contêm bactérias vivas como suplemento alimentar, o que melhora o equilíbrio da microbiota intestinal, trazendo benefícios ao hospedeiro (Fuller 1989).

Prebiótico

Alimentos “pré-bióticos” são aqueles não-digeríveis pelo ser humano mas que promovem a seleção das espécies benéficas e limitam o número de bactérias no cólon, beneficiando assim o hospedeiro (Gibson and Roberfroid 1995).

Simbiótico

Combinação de probiótico e prebiótico

[nature](#) > [signal transduction and targeted therapy](#) > [review articles](#) > [article](#)

Review Article | [Open access](#) | Published: 16 February 2024

Microbiota–gut–brain axis and its therapeutic applications in neurodegenerative diseases

[Jian Sheng Loh](#), [Wen Qi Mak](#), [Li Kar Stella Tan](#), [Chu Xin Ng](#), [Hong Hao Chan](#), [Shiau Hueh Yeow](#), [Jhi Biau Foo](#), [Yong Sze Ong](#), [Chee Wun How](#) ✉ & [Kooi Yeong Khaw](#) ✉

[Signal Transduction and Targeted Therapy](#) 9, .

158k Accesses | 436 Citations | 531 Altme

Abstract

we discuss the mechanisms of the microbiota–gut–brain axis in neurodegenerative diseases using a metabolite-centric approach, while also examining the role of gut microbiota-related neurotransmitters and gut hormones.

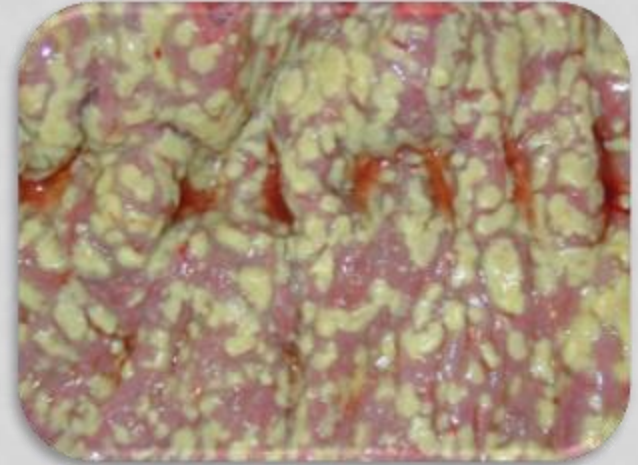
researchers to move beyond correlative studies toward mechanistic explorations to shed light on microbiome–host interactions. Evidence has unveiled the bidirectional communication

A thorough comprehension of the microbiota–gut–brain axis will foster the development of effective therapeutic interventions for the management of neurodegenerative diseases.

h a diverse microbial community. The vast
ome underpins its ubiquity in nearly every
nance, development, aging, and disease.
culture-independent methods has allowed

Microbiota no tratamento Transplante Fecal (FMT)

- **Processo de transplante de microbiota fecal de um indivíduo saudável para um receptor**
- 1958* - Colorado (EUA): quatro pacientes criticamente comprometidos com colite pseudomembranosa fulminante
- 2000 – Cepas multirresistentes de *C. difficile*, 3 milhões de casos novos, 300 evoluem para morte por dia (EUA e Europa). Custo anual de US\$ 1 bilhão por ano só nos EUA.



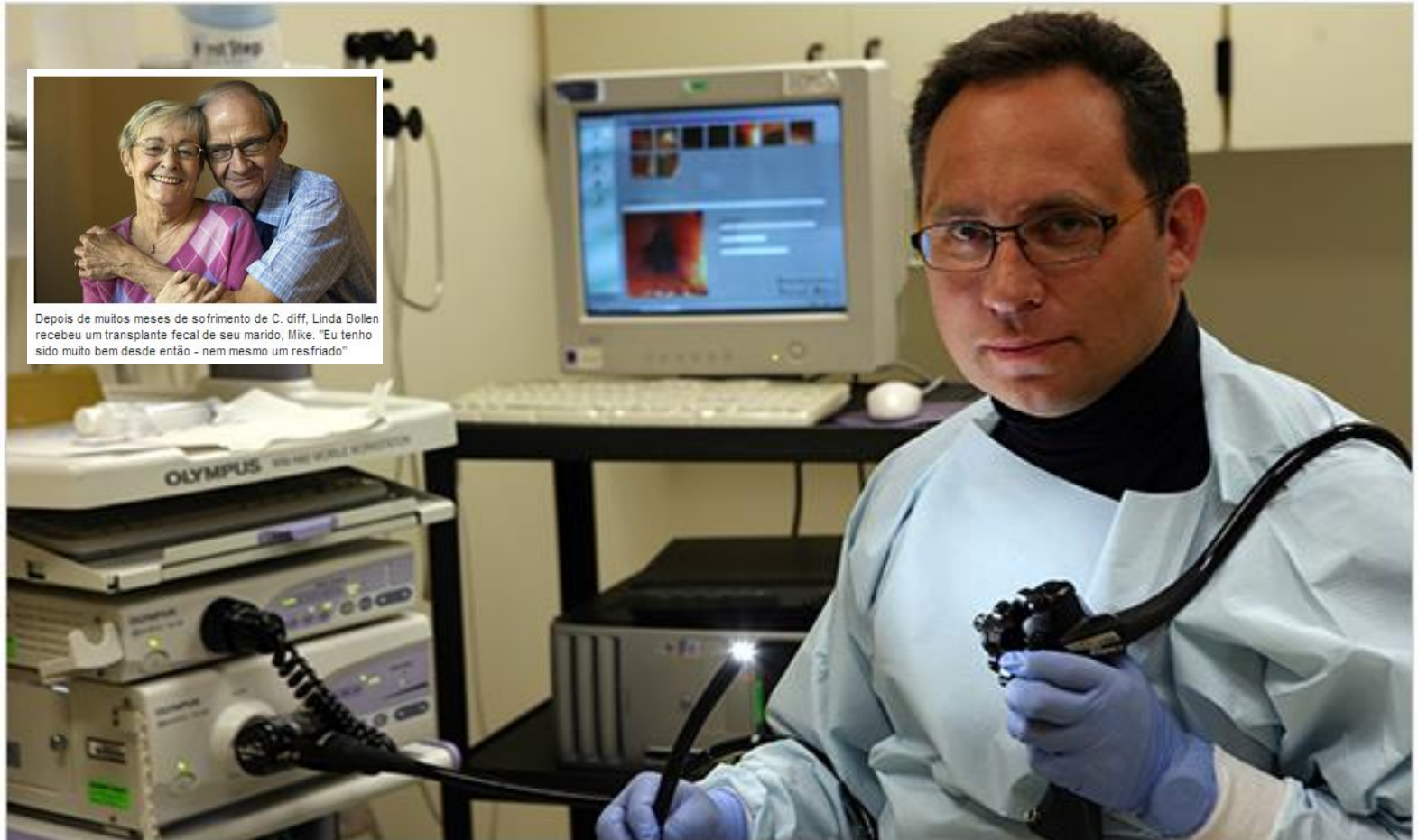
A substituição de componentes em falta (vitaminas, etc.) e a produção de produtos antimicrobianos pela “nova microbiota” tendem a ser os mecanismos de cura

*EISEMAN B, SILEN W, BASCOM GS, KAUFMAN AJ. Fecal enema as an adjunct in the treatment of pseudomembranous enterocolitis. Surgery. 1958 Nov;44(5):854-9.

Transplante Fecal



Depois de muitos meses de sofrimento de C. diff, Linda Bollen recebeu um transplante fecal de seu marido, Mike. "Eu tenho sido muito bem desde então - nem mesmo um resfriado"



Allen Brisson-Smith for The New York Times

Dr. Alexander Khoruts, a gastroenterologist at the University Minnesota, used bacteriotherapy to help cure a patient suffering from a gut infection.

Changes in the composition of the human fecal microbiome after bacteriotherapy for recurrent *Clostridium difficile*-associated diarrhea. J Clin Gastroenterol 2010; 44: 354-360.

Projeto Microbioma Humano

"Indivíduo Saudável"

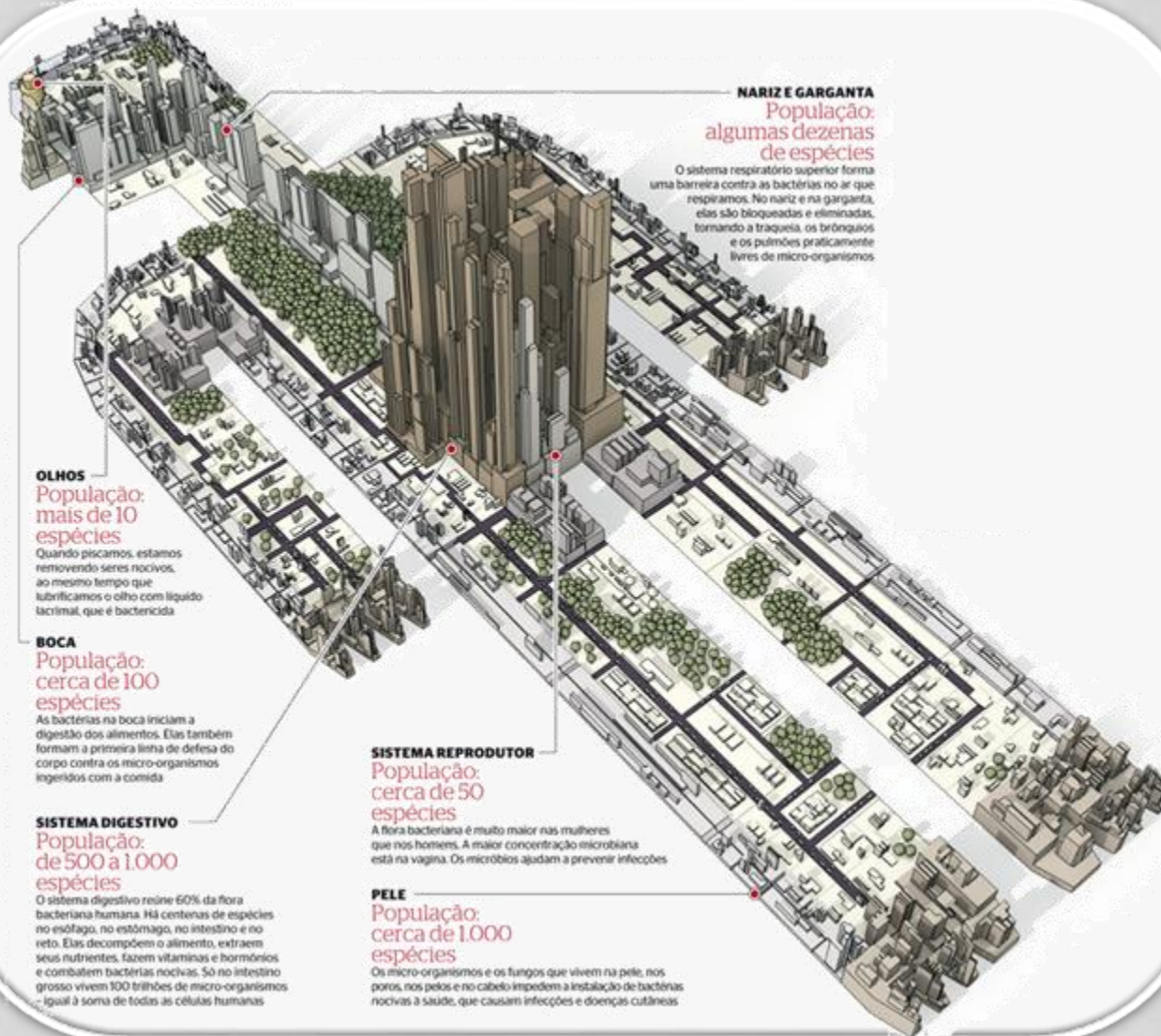
- 100 trilhões de microrganismos
- 10 vezes mais células procariontes
- 1-3% do peso corporal
- Mais de 10.000 espécies microbianas
- Genoma humano possui 22.000 genes
- Microbioma contribui cerca de 8 milhões de genes
- 360 vezes mais material genético

80-95% não cultiváveis *in vitro*

O Programa:
\$173 milhões
300 indivíduos saudáveis
18 locais de coleta no corpo
7 anos (2007 – 2014)
80 Universidades



Metrópole bacteriana

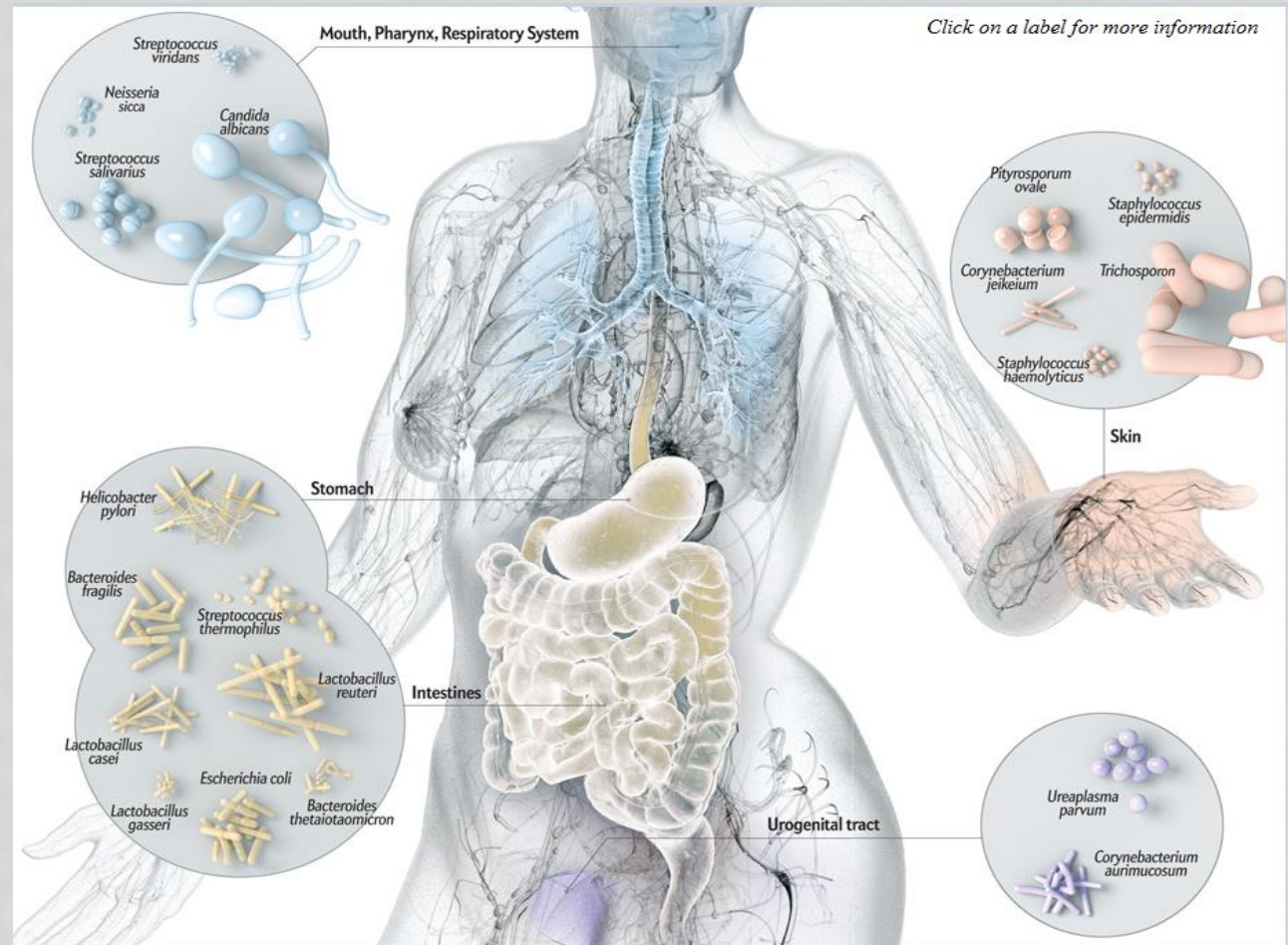


Human Microbiome Project
2007-2014

Nova visão da microbiota

A microbiota humana como um **orgão**

O corpo humano como um **ecossistema**



F. Baquero and C. Nombela (2012) *The microbiome as a human organ*. *Clin Microbiol Infect* 2012; **18** (Suppl. 4): 2–4. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2012.03916.x

Referências

- **Diversidade**

- Introdução à Microbiologia (Tortora, 11ª edição)
 - Capítulo 10: Classificação de microorganismos
 - Capítulo 11: Os procariotos
- Microbiologia de Brock (13ª edição)
 - Unidade 6: Evolução e diversidade de microorganismos
 - Capítulo 16 – Evolução microbiana e sistemática
 - Capítulo 17 – Bactérias: as proteobactérias
 - Capítulo 18 – Outras bactérias

- **Microbiota humana**

- Microbiologia Médica (Murray, Rosenthal & Pfaller, 7a. Edição)
 - Capítulo 2: Flora Microbiana Comensal e Paragênica em Humanos
- Microbiologia (Trabulsi & Alterthum, 4a. Edição)
 - Capítulo 12: Microbiota ou Flora Normal do Corpo Humano

Bibliografia

- The human microbiome: at the interface of health and disease. (*Nature Reviews Genetics* 13, 260-270 (April 2012) | doi:10.1038/nrg3182);
- Experimental and analytical tools for studying the human microbiome. (*Nature Reviews Genetics* 13, 47-58 (January 2012) | doi:10.1038/nrg3129);
- Sequencing technologies — the next generation. (*Nature Reviews Genetics* 11, 31-46 (January 2010) | doi:10.1038/nrg2626);
- Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. (*Nature* 486, 207–214 (14 June 2012) doi:10.1038/nature11234);
- A core gut microbiome in obese and lean twins. (*Nature* 457, 480-484 (22 January 2009) | doi:10.1038);
- Therapeutic Modulation of Microbiota-Host Metabolic Interactions. (*Sci. Transl. Med.* DOI: 10.1126/scitranslmed.3004244);
- The Gut Microbiota. (DOI: 10.1126/science.336.6086.1245);