

تاریخ: جنوری 2026, 16

نمبر: 3542-26\PPA

بیکٹیریالوجی وہ بنیادی سائنس ہے جس نے خرد حیاتی زندگی، امراض کی وجوہات اور ماحولیاتی توازن کے رازوں کو منکشف کیا

نے اپنے ہاتھ (Antonie van Leeuwenhoek, 1632–1723) بیکٹیریالوجی کی ابتدا سترہویں صدی میں اس وقت ہوئی جب ہالینڈ کے سائنس دان انٹونی فان لیوونہوک کا مشاہدہ کیا — جو بعد ازاں بیکٹیریا کہلائے۔ ان کے یہ مشاہدات فلسفیکل ٹرانزیکشنز آف دی رائل (animalcules) سے تیار کردہ خوردبین کے ذریعے پہلی مرتبہ چھوٹے "ہیمیمیلو کولز" کا براہ راست تجربہ کیا۔ (microbial world) میں شائع ہوئے اور یوں انسان نے پہلی بار خرد عالم (1677) سوسائٹی نے اس علم کو سائنسی بنیادوں پر استوار کیا۔ پائچر نے (1864–1857) پیرس میں (Robert Koch) اور رابرٹ کوچ (Louis Pasteur) انیسویں صدی میں لوئی پائچر نے اس کا عمل جراثیم کی موجودگی پر منحصر ہے اور اس طرح انہوں نے "خود بخود پیدائش" (fermentation) تجربات کے ذریعے یہ ثابت کیا کہ خمیر وضع کیے، جن کے ذریعے انہوں نے ہر مرض کو مخصوص (Koch's Postulates) کے نظریے کو باطل کر دیا۔ دوسری جانب، کوچ نے 1884 میں اپنے مشہور "کوخ کے اصول" سے تپ *Mycobacterium tuberculosis* سے انتھریکس اور *Bacillus anthracis* بیکٹیریا سے منسلک کر کے امراض کی خرد حیاتیاتی بنیادوں کو واضح کیا — جیسا کہ کا تعلق (tuberculosis) دق

اسی دور میں انسٹی ٹیوٹ پائچر (1887، پیرس) اور کوخ انسٹی ٹیوٹ برائے متعدی امراض (برلن) جیسے تحقیقی اداروں نے بیکٹیریالوجی کو جدید لیبارٹری سائنس کی شکل دی۔ انہی مراکز میں فینی ہیس نے گرام اسمٹیننگ تکنیک ایجاد کی، جو آج بھی طب (Hans Christian Gram, 1884) نے آگار پر مبنی کلچر میڈیا متعارف کرایا اور ہانس کر سچین گرام (Fanny Hesse) خرد حیاتیات میں بنیادی حیثیت رکھتی ہے۔

جدید دور میں ادارے جیسے ویلکم ساگر انسٹی ٹیوٹ (برطانیہ)، براؤڈ انسٹی ٹیوٹ (امریکہ)، اور میکس پلانک انسٹی ٹیوٹ برائے متعدی حیاتیات (جرمنی)، جینومکس اور بائیوانفارمیٹکس کے ذریعے بیکٹیریا کی ارتقائی تاریخ، مزاحمتی جینز، اور میزبان و جراثیم کے تعلقات پر تحقیق کر رہے ہیں۔

بیکٹیریائی خلیہ حیاتیاتی ارتقاء کی باریکیوں اور سالماتی ہم آہنگی کا مظہر ہے

بیکٹیریا اپنے ظاہری سادہ پن کے باوجود سالماتی اعتبار سے نہایت پیچیدہ اور منظم جاندار ہیں۔ ان کے خلیے ارتقائی حکمت عملیوں کا مظہر ہیں، جو انہیں غیر معمولی طور پر موافق، خود مختار اور ارتقائی لحاظ سے کامیاب بناتی ہیں۔

خلیائی دیوار بیکٹیریا کی شناخت، مزاحمت، اور امیونولوجیکل تعاملات کی اساس ہے

اور *Bacillus subtilis* ان کی ساختی مضبوطی، حیاتیاتی شناخت، اور مدافعتی تعامل کا بنیادی ذریعہ ہے۔ گرام مثبت بیکٹیریا جیسے (cell wall) بیکٹیریا کی خلیاتی دیوار شامل ہوتے ہیں، جو خلیے کی منفی چارج اور آئسک توازن (teichoic acids) میں موٹی پیپٹائڈ و گلیکین تہ پائی جاتی ہے جس میں ٹیکوٹک ایسڈز *Staphylococcus aureus* میں کردار ادا کرتے ہیں۔

ہوتی ہے جس میں لیپوپولی (outer membrane) میں ایک بیرونی جھلی *Salmonella enterica* اور *Escherichia coli* دوسری جانب، گرام منفی بیکٹیریا جیسے کو "اینڈوٹاکسن" قرار دیا، جو بخار اور سوزش کے عمل کا بنیادی سبب ہے۔ بعد ازاں جین میری LPS کے تجربات نے (1892) شامل ہوتے ہیں۔ رچرڈ پفیفر (LPS) سکارائیڈز پیپٹائڈ و گلیکین کی سالماتی ساخت واضح کی، جس نے پیٹالیکٹیم ایٹمی باؤنکس کی سائنسی (1960s, Université de Liège) نے (Jean-Marie Ghuysen) غوساں بنیاد فراہم کی۔

سائٹوپلازمک جھلی بیکٹیریا کے توانائی اور حیاتیاتی تبادلوں کا مرکز ہے پر مشتمل ہوتی ہے جس میں پروٹیز جڑے ہوتے ہیں۔ 1950 کی دہائی میں راکفیلر یونیورسٹی میں الیکٹران مائیکروسکوپ کے ذریعے جھلی کی تین (bilayer) بیکٹیریا کی جھلی ایک فاسفولیپید دو تہ تہوں والی ساخت دریافت ہوئی، جس نے "یونٹ میمبرین" ماڈل کو مستحکم کیا۔

سے (1980s–1990s) سنہ 1980s–1990s میں مرکزی کردار ادا کرتے ہیں۔ ہارورڈ یونیورسٹی کی تحقیق ATP میں جھلی پر موجود سائٹوکروم آکسائیڈاز اور *E. coli* (multidrug resistance) کو بڑھاتی ہیں، جس سے بیکٹیریا میں کثیر الحسجی مزاحمت (efflux) میں تبدیلیاں ایٹمی باؤنکس کے اخراج AcrB معلوم ہوا کہ جھلی پر یونٹیں جیسے پیدا ہوتی ہے۔

سائٹوپلازم حیاتی کیمیائی افعال اور جینیاتی فعالیت کا فعال مرکز ہے

نے پہلی بار ریپوزومز کی وضاحت کی، جن کی بدولت (George Palade, 1955) شامل ہوتے ہیں۔ جارج پالادے DNA ریپوزومز، انزائمز، اور 70S سائٹوپلازم میں ایک وقت انجام پاتے ہیں۔ (transcription) اور نقل نویسی (translation) بیکٹیریا میں ترجمہ

E. coli کو لڈ اسپرنگ ہاربر لیبارٹری اور اسٹینفورڈ یونیورسٹی کی تحقیقات نے بیکٹیریا کی میٹابولک راستوں — جیسے گلائیکولیسس، ٹی سی اے سائیکل، اور پینٹوز فاسفیٹ پاتھ وے — کی وضاحت کی۔ جینز کے ذریعے آکسیجن کی دستیابی کے لحاظ سے تنفس کی تبدیلی ممکن ہوتی ہے، جو اس کی ارتقائی کامیابی کی علامت ہے۔ *coli* میں *fnr* اور *arcA*

نیو کلا بیکٹیریا کی جینیاتی ہم آہنگی اور ریگولیٹری پیچیدگی کا مظہر ہے

جیسے پروٹین سکیرڈر منظم رکھتے ہیں۔ Fis اور HU، IHF، مالیکول کی شکل میں نیو کلا بیکٹیریا کے والے خطے میں موجود ہوتا ہے، جسے DNA بیکٹیریا میں کروموسوم ایک گول دورخی *lac* نظریہ پیش کیا، جس کے تحت جینیاتی اظہار ایک مربوط اکائی کی صورت میں ہوتا ہے، جیسا کہ (operon) نے "آپیرون" (Pasteur Institute) سڈنی بریز اور فرانسوا جیکب کی مثال۔ operon

کو زیادہ مستحکم اور بیماری پیدا کرنے میں مؤثر بناتا ہے۔ ویکلم ساگر انسٹی ٹیوٹ نے 1998 میں اس DNA مواد اس کے GC میں زیادہ *Mycobacterium tuberculosis* کا مکمل جینوم سیکوینس شائع کیا، جس میں 4000 سے زائد جینز کی شناخت نے طب میں نئے اکتشافات کیے۔

پلازمڈ بیکٹیریا کی جینیاتی جدت، ارتقاء، اور مزاحمتی خصوصیات کے نقیب ہیں

نے کی، جنہوں نے انہیں بیکٹیریا کے درمیان جینز کے تبادلے کا ذریعہ قرار دیا۔ جاپانی محقق تسوٹومو واناٹا بے (Joshua Lederberg, 1952) پلازمڈز کی دریافت جو شوالیڈر برگ کی منتقلی کو ثابت کیا، جس سے معلوم ہوا کہ مزاحمت کے جینز افقی منتقلی R-Plasmids میں (Shigella) نے ٹگلا (Tsutomu Watanabe, 1960s) کے ذریعے تیزی سے پھیلتے ہیں۔ (horizontal gene transfer)

جیسے ادارے ان مزاحمتی پلازمڈز کی نگرانی کرتے ہیں، تاکہ ایٹمی باؤنکس مزاحمت کے عالمی بحران کا سائنسی مقابلہ کیا جاسکے۔ (یورپ) ECDC اور (CDC USA) آج

فلیجیلا بیکٹیریا کو حرکات، سمت شناسی اور ماحول سے مطابقت کی صلاحیت عطا کرتی ہیں

Howard Berg, 1970s) بیکٹیریا کی فلیجیلا ایک حیرت انگیز سالماتی مشین ہے جو پروٹان موٹیو فورس کے ذریعے گھوم کر خلیے کو حرکت دیتی ہے۔ ہارورڈ یونیورسٹی کے ہارڈ برگ نے فلیجیلا کی حرکیات اور کیموٹیکسس کے سالماتی اصولوں کو بیان کیا۔ (2000s)

فلیجیلا کی بدولت یہ معدے کے تیزابی ماحول میں حرکت کر کے استقرار حاصل کرتا ہے، جو پیری مارشل اور روبن وارن (نوبل انعام، 2005) کی دریافت *Helicobacter pylori* کا مرکزی نکتہ تھا۔

فیمبریا اور پیلی بیکٹیریا کی چپکنے، استقرار اور جینیاتی تبادلے کی صلاحیت کو ممکن بناتے ہیں

فیمبریا اور پیلی بیکٹیریا کی خلیوں کے ساتھ تعامل کے I کی ٹائپ *E. coli* فیمبریا اور پیلی ہالوں جیسے ہارک ڈھانچے ہیں جو بیکٹیریا کو سطحوں اور میزبان خلیوں سے چپکنے میں مدد دیتے ہیں۔ پیلی میزبان کے خلیوں سے جڑنے اور اینٹیجینک ویری IV کی ٹائپ *Neisseria gonorrhoeae* ذریعے انفیکشن پیدا کرتی ہیں، جیسا کہ ایسالا یونیورسٹی (سوڈن) میں ثابت کیا گیا۔ ایشن کے ذریعے مدافعتی نظام سے بچ نکلنے کی صلاحیت رکھتی ہیں۔

میں کلیدی کردار ادا کرتی (conjugation) کی اسٹیفن فورڈ یونیورسٹی میں تحقیق نے یہ واضح کیا کہ پیلی جینیاتی مواد کے تبادلے (Stanley Falkow) اس کے علاوہ، اسٹینے فالکو ہیں۔

کپسول بیکٹیریا کا دفاعی ہتھیار اور مرض پیدا کرنے کی قوت کا تعین کرنے والا عامل ہے

Streptococcus pneumoniae نے (1928) کپسول عام طور پر پولی سکارائیڈز پر مشتمل بیرونی حفاظتی تہہ ہے جو بیکٹیریا کو مدافعتی نظام کے حملے سے بچاتی ہے۔ فریڈ گریفٹھ اس تبدیلی DNA نے ثابت کیا کہ یہی (1944) کا مظاہرہ کیا۔ بعد ازاں ایوری، میکلوڈ، اور مککارٹی (transformation) کے مختلف کپسول اقسام پر تجربات کر کے جینیاتی تبدیلی کا ذمہ دار ہے — جو دراشتی مادے کے تعین کی بنیاد بنا۔

S. pneumoniae کے حفاظتی ٹیکہ جات کے پروگراموں میں کلیدی حیثیت رکھتی ہیں، خاص طور پر (WHO, 2023) اسی اصول پر مبنی پولی سکارائیڈ ویکسینز آج عالمی ادارہ صحت کے خلاف *Haemophilus influenzae* اور

جدید بیکٹیریا لوجی نے حیات، طب، جینیات، اور ماحولیات کی نئی جہتوں کو منکشف کیا

تک پہنچی۔ (molecular precision) پائچر اور کوچ کے بنیادی نظریات سے لے کر جدید جینومک عہد تک، بیکٹیریا لوجی ایک سائنسی ارتقاء کی داستان ہے جو مشاہدے سے سالماتی درستی

ٹیکنالوجی، نیوکلئوٹائیڈ سیکوینسنگ، اور مائیکرو بیوم ریسرچ نے طب، زراعت، ماحولیات، اور حیاتیاتی دفاع کے شعبوں میں نئی راہیں کھول دی ہیں۔ CRISPR-Cas آج

جیسے ادارے بیکٹیریا لوجی کو عالمی صحت کے نظاموں کے ساتھ مربوط کر رہے ہیں۔ اینٹی بائیوٹک (یورپ) ECDC، اور (امریکہ) CDC نیشنل انسٹی ٹیوٹ آف انفیکشنس ڈیزیز (جاپان)، میں دریافت ہوئی، اب عالمی سطح پر ایک سنگین چیلنج بن چکی ہے۔ *Staphylococcus aureus* مزاحمت، جو پہلی بار 1940 کی دہائی میں

نے یہ ثابت کیا کہ بیکٹیریا نہ صرف بیماری کے عامل ہیں بلکہ انسانی جسم کی صحت، ہاضمے، اعصابی نظام، اور قوت مدافعت کے لازمی (NIH, 2008–2016) ہیومن مائیکرو بیوم پروجیکٹ شریک کار بھی ہیں۔

یوں بیکٹیریا لوجی جدید سائنس کا وہ ستون بن چکی ہے جو حیاتیاتی جینومکس، طب، بائیو ٹیکنالوجی، اور ماحولیات سائنس کو ایک متحد علمی تصور میں جوڑتا ہے — اور یہ حقیقت اجاگر کرتا ہے کہ بیکٹیریا کی سمجھ ہی زندگی کی سمجھ ہے۔

REFERENCES:

- [1] Madigan MT, Bender KS, Buckley DH, Sattley WM, Stahl DA. **Brock Biology of Microorganisms**. 15th ed. Pearson; 2018. Available from: <https://www.pearson.com>
- [2] Prescott LM, Harley JP, Klein DA. **Microbiology**. 10th ed. McGraw-Hill Education; 2017. Available from: <https://www.mheducation.com>
- [3] Forbes BA, Sahm DF, Weissfeld AS. **Bailey & Scott's Diagnostic Microbiology**. 14th ed. Elsevier; 2017. Available from: <https://www.elsevier.com>
- [4] Baron S, editor. **Medical Microbiology**. 4th ed. Galveston (TX): University of Texas Medical Branch; 1996. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7627/>

- [5] Whitman WB, Coleman DC, Wiebe WJ. Prokaryotes: the unseen majority. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1998;95(12):6578–6583. Available from: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.95.12.6578>
- [6] Falkowski PG, Fenchel T, Delong EF. The microbial engines that drive Earth's biogeochemical cycles. *Science*. 2008;320(5879):1034–1039. Available from: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1153213>
- [7] Madigan MT. Microbiology in medicine and industry: bridging fundamental and applied bacteriology. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2012;76(2):e00020-12. Available from: <https://journals.asm.org>
- [8] Singh RS, Pandey A, Larroche C. **Biotechnological Applications of Microorganisms**. Springer; 2020. Available from: <https://link.springer.com>
- [9] World Health Organization. **The microbial world and human health** [Internet]. WHO; 2023. Available from: <https://www.who.int>
- [10] Encyclopædia Britannica. **Bacteriology** [Internet]. 2025. Available from: <https://www.britannica.com/science/bacteriology>

Ph.D ڈاکٹر طہ نازیر

PHARMACEUTICAL REVIEW مدیر اعلیٰ: رسالہ الدویہ

ISSN 2220-5167;W: <https://pharmaceuticalsreview.com/>