

TIBBİ MİKROBİYOLOJİ (MEDICAL MICROBIOLOGY) ALANINDA ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ VE YENLİKÇİ UYGULAMALAR



EDİTÖR
DOÇ. DR. BÜLENT IŞIK



9786258513462

DOI: 10.5281/zenodo.18107465

**Tıbbi Mikrobiyoloji (Medical Microbiology)
Alanında Araştırma Yöntemleri ve Yenilikçi
Uygulamalar**

Editör

Doç. Dr. Bülent Işık

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Doç. Dr. Bülent Işık

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Aralık, 2025

Yayımcı Sertifika No
45813

ISBN
978-625-8513-46-2

©copyright
Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin alınmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Adres: Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B, 06480, Mamak,
Ankara, Türkiye.

Telefon: +90 312 390 1 118
web: www.platanuspublishing.com
e-mail: platanuskita@gmail.com



Platanus Publishing®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1	5
<i>Tüberkülozla Mücadelede Yapay Zekanın Konumu ve Kullanım Şekilleri</i>	
Burcu Gürer Giray	
BÖLÜM 2	17
Temel Bilimden Kliniğe: Translasyonel Bilim ve İlişkili Disiplinler	
Burcu Gürer Giray	
BÖLÜM 3	27
<i>Human Microbiota and Health: From Clinical Evidence to Public Education</i>	
Ozgenur Hacıoglu	

BÖLÜM 1

Tüberkülozla Mücadelede Yapay Zekanın Konumu ve Kullanım Şekilleri

Burcu Gürer Giray¹

¹ Doç. Dr., Yalova Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji AD
0000-0003-3165-8924

Giriş

İnsan tüberkülozunun etkeni olan *M. tuberculosis*, Gram-pozitif bir basil olup aside dirençli bakteriler grubuna aittir. En uyum sağlayabilen insan patojenlerinden biri olarak kabul edilen bu bakteri, konakçı içinde bir bulaşma fırsatı oluşana kadar kalabilmek için kendine özgü bir strateji kullanır (Anes, vd., 2023). Bu fakültatif intrasellüler bakteri yavaş büyüme gösterir; bu özellik, makrofajların doğal olgunlaşma süreçlerini bozarak enfekte hücreleri temizleme yeteneğini engeller. Aktif akciğer tüberkülozu olan kişilerin öksürme, hapsirme veya konuşma sırasında havaya saçtıkları enfekte damlacıklar yoluyla bakteri bulaşır (Mohammadnabi, vd., 2024).

Dünyadaki nüfusun yaklaşık dörtte birinin *M. tuberculosis* ile enfekte olduğu tahmin edilmektedir; bu durum, yeniden aktivasyon ve bulaşma açısından önemli bir küresel rezervuar oluşturmaktadır. Önlenebilir ve genellikle tedavi edilebilir hastalıklar arasında yer alan tüberküloz (TB) hastalığına her yıl 10 milyondan fazla insan yakalanmaya devam etmektedir ve bu sayı 2021'den beri artmaktadır (WHO Global Tuberculosis Report, 2020).

2023 yılında dünya genelinde 8,2 milyon kişi yeni TB tanısı almıştır. Bu sayı, 2022'de bildirilen 7,5 milyon ve 2019'daki 7,1 milyon olgudan daha yüksek olup, COVID-19 pandemisinin en yoğun olduğu 2020'deki 5,8 milyon ve 2021'deki 6,4 milyon olgu düzeylerinin oldukça üzerindedir. 2022 ve 2023 yıllarında tanı konulan bu yeni olguların önemli bir kısmının, aslında önceki yıllarda TB hastalığı gelişmiş ancak COVID-19 kaynaklı sağlık hizmeti aksamaları nedeniyle tanı ve tedavisi gecikmiş bireyleri içerdiği düşünülmektedir (WHO Global Tuberculosis Reports, 2025).

2023 yılında TB'nin yaklaşık 1,25 milyon ölüme neden olduğu tahmin edilmektedir. Toplam ölüm sayısı, 2022'deki 1,32 milyon, 2021'deki 1,42 milyon ve 2020'deki 1,40 milyon tahmini rakamların altında kalmış ve pandemi öncesi 2019 seviyesinin (1,34 milyon) de gerisine düşmüştür. Bu ilerlemeye rağmen, TB büyük olasılıkla, COVID-19'un yerine geçerek, yeniden tek bir bulaşıcı etkenin neden olduğu ölümlerin dünyadaki başlıca nedeni haline gelmiştir (WHO Global Tuberculosis Reports, 2025).

2035 yılına kadar TB yükünü, DSÖ'nün "Tüberkülozu Sonlandırma Stratejisi (TSS)" kapsamında öngörülen seviyelere düşürmeyi hedefleyen ülkelerin, hastalık yönetimi ve izleme, surveyans, tüberküloz müdahale ve yönetim programı, eğitim ve iletişimi desteklemek amacıyla dijital sağlık çözümleri (elektronik ve mobil sağlık) gibi yenilikçi yöntemler geliştirmesi gerekmektedir (Knut, Raviglione, 2016). DSÖ'nün TB stratejisi, 2016–2035 döneminde küresel ölçekte TB insidansını %90, TB mortalitesini ise %95 oranında azaltmayı hedeflemektedir (Huynh, 2016). Bu bağlamda, dijital teknolojiler TB'yi sona

erdirmeye yönelik küresel çabaların daha etkili ve verimli bir şekilde yürütülmesini sağlayabilir (Walle, Hunde, Demsash, 2023).

Düşük ve orta gelirli ülkelerde internete erişim ve uygun fiyatlı mobil cihazlara sahip olma oranı giderek artmaktadır. Yapay zeka, ses ve görsel desen tanıma gibi yaygın uygulamalarla örneğin konuşma transkripsiyonu yazılımlarına ve bilgisayar destekli tanısall platformlara entegre edilmiştir. Ayrıca, bu teknolojilerin performansının yapay zeka ve makine öğrenimi gibi yeniliklerle bütünleştirilerek artırılması gerekmektedir (Marr, 2016).

Sürveyans

İnternetin yaygınlaşması ve teknolojinin benimsenme düzeyinin artması, TB sürveyansında önemli bir dönüm noktası olmuştur. Tüberküloz hasta bilgilerinin elektronik ortamda kaydedilmesi ve izlenmesine yönelik girişimlerin uzun bir geçmişi bulunmaktadır. Son yıllarda, bu amaçla kullanılan yazılımların küresel ölçekte yaygınlaştığı ve çeşitlendiği gözlemlenmekte olup, bu yazılımların çoğunluğu açık kaynak formatında sunulmaktadır (Naker, vd., 2020; Chen, vd., 2024; Liu, vd., 2022). Çin’de kullanılan TB Bilgi Yönetim Sistemi, TB sürveyansında dijital teknolojilerin büyük ölçekli kullanımına bir örnek teşkil etmektedir (Huang, vd., 2013). Sistem, zaman içinde gelişerek, ilaç direnci değerlendirmesi için “risk altındaki” TB hastalarının işaretlenmesi, ulusal bulaşıcı hastalık kayıt sistemine doğrudan raporlama yoluyla doğru zamanlama ve doğruluk sağlanması ile iş yükünün tekrarının önlenmesi gibi birçok avantaj sunmuştur.

Yapay zeka teknolojileri, ayrıntılı hasta kayıtlarının analizinde önemli katkılar sağlayabilir. Kişiye özgü benzersiz kimliklerin yaygın olarak bulunmadığı bölgelerde dahi, akıllı algoritmalar geniş veri setleri içerisinde bireylerin zaman içindeki “izlerini” takip edebilir; bu özellik, TB sürveyansında kritik bir öneme sahiptir. Örneğin, TB’ye ilişkin klinik bulgular gösteren, hastalığı nükseden veya ilaçlara bağlı yan etkiler geliştiren bireylerin izlenmesi, mortalite verilerinin tamamlanması ve HIV koinfeksiyonu ile ilişkilendirilmesi açısından büyük yarar sağlayabilir. Ayrıca, yapay zeka tabanlı analizler, tedavi başarısızlığının erken belirtilerini saptayarak hem hastalık yönetimi ve izleme süreçlerinde hem de TB’ye yönelik ilaç geliştirme çalışmalarında değerli bilgiler sunabilir (Srivastava, vd., 2016; Modongo, vd., 2016). Bununla birlikte, yapay zekanın TB salgınlarını erken dönemde tespit edebilecek bir araç olarak kullanılabileceği de ileri sürülmektedir (Wisnivesky, 2005).

Tüberküloz hastalarının karşılaştığı en önemli zorluklardan biri, ilaç tedavisine düzenli uyumun sağlanmasıdır. TB gibi kronik enfeksiyonların tedavisinde aylar süren ilaç kullanımı ve sağlık kuruluşlarına düzenli ziyaret zorunluluğu, hastaların tedaviye uyumunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Munro, vd., 2007). Uzun süreli tedavi uyumu, etkin hasta-sağlık çalışanı

iletişimiyle desteklenebilir ve bu iletişim bilişim teknolojilerinin kullanımıyla güçlendirilebilir. Bu amaçla, günümüzde umut vadeden çeşitli dijital teknolojiler geliştirilmekte ve uygulanmaktadır.

Kaynakların kısıtlı olduğu, TB yükünün yüksek olduğu bölgelerde kısa mesaj servisi (SMS) gönderebilen elektronik ilaç izleme cihazlarının başarıyla uygulandığı bildirilmiştir (Manyazewal, vd., 2022). Ayrıca, akıllı telefon veya tablet aracılığıyla iletilen videolar sayesinde sağlık çalışanlarının hastaların ilaç alımını uzaktan gözlemlemesine olanak tanıyan sanal doğrudan gözetimli tedavi yöntemi, sosyal açıdan zorlu koşullar altında dahi, uygun fiyatlı cihazlar ve geniş bant internet erişimi bulunan bölgelerde uygulanabilir hale gelmiştir (Garfein, vd., 2015; Story, vd., 2016; Sinkou, vd., 2017).

Bununla birlikte, her iki teknolojinin de iletilen verilerin doğrulanması ve yorumlanması aşamalarında sağlık çalışanlarının aktif katılımını gerektirdiği bildirilmektedir. Ayrıca, internet üzerinden video aktarımına bağlı olarak mahremiyet ihlali riski de önemli bir endişe konusu olmaya devam etmektedir. Bu riskler veri şifreleme yöntemleriyle azaltılabilmekle birlikte, daha gelişmiş ve akıllı çözümler de geliştirilmektedir.

Yapay zekanın örüntü ve belirti tanıma yeteneği, mevcut dijital uygulamalara önemli bir değer katabilir. Örneğin, sanal doğrudan gözetimli tedavi uygulamalarında yazılımın belirli bir hastaya ait ilaç alım zaman damgası ve mobil cihaz numarasıyla entegre edilmesi, sağlık çalışanına küçük bir veri paketi olarak iletebilecek benzersiz bir dijital imza oluşturulmasını sağlayabilir. Böylece, hastaya özgü davranışsal ve biyometrik örüntüler güvenilir biçimde tanımlanabilir. Bu teknik yaklaşım, yalnızca TB tedavisinde değil, yakın klinik izlemin gerekli olduğu diğer kronik hastalıklarda da değerli bir araç olarak kullanılma potansiyeline sahiptir.

Tedaviye uyum, TB kontrolünde temel bir odak noktası olmakla birlikte, dijital teknolojiler TB hastalığının yönetimi ve izlenmesini farklı yöntemlerle de iyileştirebilir. Örneğin, “tak-çıkar” özellikli donanım araçları, akıllı telefonları taşınabilir klinik cihazlara dönüştürerek hasta takibini ve veri toplamayı kolaylaştırmaktadır (Peer, vd., 2014; Breslauer, vd., 2009). Bunun yanı sıra, belirli bir amaç doğrultusunda akıl yürütebilen ve öğrenme yeteneği sayesinde sürekli olarak ölçeklenebilen bilişsel bilişim sistemleri (Kelly, 2016) klinik karar destek sistemlerinde kullanılan algoritmaları güçlendirerek klinisyenlere tanı ve tedavi süreçlerinde önemli katkılar sunabilir (Kalyanpur, vd., 2015). Bu sistemler, farklı veri kaynakları arasındaki ilişkileri ve örüntüleri tanımlayarak olumsuz klinik olayların nedenlerinin belirlenmesi ve önlenmesine de yardımcı olabilir.

Yapay zeka, daha önce erişimi mümkün olmayan geniş veri setlerine hızlı ve etkili bir biçimde ulaşma olanağı sunmaktadır. Bu veri setleri; klinik karar verme süreçlerinde genellikle kullanılmayan bulut tabanlı bilgi kaynaklarından,

hastaların genomlarında yer alan ancak geleneksel yöntemlerle analiz edilmesi güç olan kapsamlı biyoinformatik verilere kadar geniş bir yelpazeyi kapsayabilir (Malin, 2013). Elde edilen bu veriler, hem kullanıcılar hem de sistemin kendisi için sürekli bir öğrenme fırsatı yaratır.

Gelişmiş bir yapay zeka uygulamasının mobil klinik karar destek sistemlerine entegre edilmesi durumunda, TB alanında çalışan sağlık personeli yalnızca bu teknolojiye yararlanmakla kalmaz; aynı zamanda girdikleri veriler ve sundukları geri bildirimler aracılığıyla sistemin bilgi tabanının sürekli olarak zenginleşmesine katkı sağlar. Bu yaklaşımla geliştirilen kişiselleştirilmiş bakım modelleri, uzun süredir benimsenen geleneksel klinik uygulamalara benzer şekilde, yeni tedavi rejimlerinin klinik pratiğe çoğunlukla ilaç denemelerine katılan hastalardan elde edilen gözlemler doğrultusunda entegre edilmesi süreciyle paralellik göstermektedir. Ancak, kaynak ve zaman açısından yoğun olan bu tür klinik çalışmaların tamamlanması genellikle yıllar alırken, yapay zeka destekli sistemler bu süreci önemli ölçüde kısaltma potansiyeline sahiptir.

Dijital Eğitim ve Kapasite Geliştirme

Dijital eğitim, öğretim ve iletişim süreçlerinde elektronik ortamlar ile dijital cihazların kullanılmasını ifade etmektedir (Sangrà, vd., 2012). Kağıt tabanlı materyallerin yerini alan dijital metinlerden, etkileşimli çevrim içi öğrenme platformlarına kadar uzanan geniş bir uygulama alanına sahip olan dijital eğitim, insan kaynaklarının geliştirilmesi ve hasta eğitimi gibi alanlarda geleneksel yaklaşımları köklü biçimde dönüştürmektedir. Problem çözme ortamlarını simüle etmek amacıyla geliştirilen yeni öğrenme teknikleri arasında “oyunlaştırma” ve artırılmış gerçeklik uygulamaları da yer almaktadır (Urh, vd., 2015).

Yapay zeka, insan eğitmenlerin bilgi aktarım süreçlerini kişiselleştirme becerisini taklit ederek öğrenen bireyin kapasitesine, tercihlerine ve bilgi açıklarına göre içeriğe öncelik verebilmektedir. Bu sayede, öğrenme deneyiminin bireyselleştirilmesi ve etkinliğinin artırılması mümkün olmaktadır. Dijital eğitim materyallerinin geliştirilmesi; içeriğin yalnızca doğru, güncel ve konuya uygun olmasını değil, aynı zamanda format açısından dikkat çekici ve kullanılan medya türüne uygun şekilde optimize edilmesini gerektirmektedir. Bu durum, çok disiplinli bir uzmanlık gerektirdiği için yüksek maliyetli bir süreç ortaya çıkarabilmektedir. Yapay zeka, dijital eğitim içeriklerinde kullanılacak metin ve görsellerin sınıflandırılması, seçimi ve düzenlenmesi gibi yoğun emek gerektiren işlemleri otomatikleştirerek üretim sürecini hızlandırabilir ve maliyetleri önemli ölçüde azaltabilir.

Tüberküloz Müdahale ve Yönetim Programı

Bilgi, her zaman planlama ve yönetim süreçlerinin merkezinde yer almıştır. Tüberküloz programlarında tanısal verilerin etkin biçimde işlenmesi; hizmetlerin kapsayıcılığını artırmak, eşitsizlikleri ve işlevsel aksaklıkları tespit etmek ve

kaynak israfını en aza indirmek açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, TB Müdahale ve Yönetim Programı kapsamında “bağlantılı tanı” (connected diagnostics) kavramı giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu yaklaşım, tanı cihazlarının uzaktan izlenmesine olanak tanırken, elde edilen sonuç verilerinin merkezi bir sistemde bütünleştirilmesini de kolaylaştırmaktadır. Sonuçlarını dijital olarak üretebilen moleküler tanı yöntemlerinin yaygınlaşması, bu tür sistemlerin özellikle kaynakların kısıtlı olduğu bölgelerde etkin biçimde uygulanmasını mümkün kılmıştır (Global Laboratory Initiative, 2016). Yeni nesil tanısal teknolojiler ise bir adım daha ileri giderek, sonuç verilerinin yorumlanmasına ve bunların diğer tanısal süreçlerden elde edilen verilerle entegrasyonuna yardımcı olabilmektedir. Yapay sinir ağları, yayma-negatif pulmoner TB ve plevral TB gibi tanı koymanın güç olduğu klinik durumlarda uygulanmış; bu sayede, geleneksel tanı yöntemlerinin yetersiz kaldığı alanlarda yeni bir çözüm perspektifi sunmuştur (Souza Filho, vd., 2016; Seixas, vd., 2013).

Bilgisayarlı sistemlerin, TB tanısında önemli bir alt alan olan radyolojiye sağlayabileceği katkı potansiyeli uzun yıllar önce fark edilmiştir (Lusted, 1960). Ancak, dijital akciğer grafilerinde TB’nin otomatik olarak saptanmasına yönelik araştırmalar halen devam etmekte olup, bu teknolojilerin klinik olarak anlamlı bir doğruluk ve güvenilirlik düzeyine ulaşabilmesi için daha fazla bilimsel kanıtı ihtiyaç duyulmaktadır (Pande, vd., 2016).

Sonuç

Dijital araçların yüksek veri işleme ve depolama kapasitesi, büyük miktarda verinin üretildiği sağlık sektöründe derin ve kalıcı etkiler yaratmaktadır. Bu verilerin etkin biçimde analiz edilerek hasta sonuçlarının iyileştirilmesi potansiyeli, sağlık hizmetlerinde dijital dönüşümün en cazip yönlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, dijital teknolojiler aracılığıyla kolaylaştırılan birçok sağlık süreci, halen belirli ölçüde uzman personel tarafından denetlenmeyi gerektirmektedir. Bu duruma klasik bir örnek, ilaca dirençli TB gibi karmaşık klinik sorunlara odaklanan ve alanında uzman kişilerce yönetilen çevrimiçi tartışma gruplarıdır (Lange, vd., 2014; Guglielmetti, vd., 2019).

Robotik sistemler bazı görevlerde insan eğitmenlerini geride bırakacak düzeye ulaşmış olsa da, henüz tıbbi uzmanların yerini tamamen alabilmiş değildir. Bununla birlikte, makinelerin destekleyici araçlardan, tıbbi karar verme süreçlerinde daha etkin bir role sahip aktörlere dönüşmesi, sağlık hizmetlerinin geleceğinde önemli bir dönüm noktası olacaktır. Görünüşe göre sağlık çalışanları, klinik açıdan anlamlı verilerin “bekçisi” konumuna evrilmektedir. Bu bağlamda, göğüs hastalıkları ve TB gibi alanlarda sıklıkla başvuru radyoloji, mikroskopi ve patoloji gibi, hastalık morfolojisinin yorumlanmasına dayalı disiplinlerin,

otomatik örüntü tanıma teknolojilerinden en fazla etkilenecek tıbbi alanlar arasında yer alması beklenmektedir.

Buna ek olarak, yapay zeka yalnızca klinik uygulamalarda değil, temel tıbbi araştırmalarda da yenilikçi katkılar sunma potansiyeline sahiptir. Her ne kadar yapay zeka 1970'lerden bu yana tıp alanında çeşitli yeniliklerde kullanılmış olsa da yakın gelecekte geliştirilmesi beklenen bilişsel hesaplama sistemleri, bu teknolojinin önceki nesillerine kıyasla paradigmatik bir dönüşümü temsil edecektir (Diprose, vd., 2016).

Teletıp ve uzaktan danışmanlık uygulamaları, sağlık hizmetlerinin bilgisayar veya mobil cihazlar aracılığıyla sunulmasına imkan tanıyarak, geleneksel hasta-bakıcı ilişkisini yeniden şekillendirmektedir. Yapay zeka tabanlı yazılımlar ile donatılmış taşınabilir ve giyilebilir cihazlar, hastaların fizyolojik parametrelerini kesintisiz biçimde izleyebilmekte ve kimi zaman eğitilmiş personelin anlık olarak fark edemeyeceği düzeyde erken uyarılar oluşturabilmektedir. Bu gelişmeler, ev temelli bakım yaklaşımını güçlendirmekte ve fiziksel sağlık tesislerine olan bağımlılığı kademeli olarak azaltmaktadır. Son on yılda akıllı telefon teknolojisinin hızlı yükselişi, dijital araçların sıradan bireyleri sağlık hizmetlerinin bilinçli ve aktif kullanıcılarına dönüştürme potansiyelini açıkça ortaya koymuştur. Bu eğilimin gelecekte de artarak devam etmesi beklenmekte olup, hastalar ile sağlık çalışanlarının daha etkileşimli, kişiselleştirilmiş ve veri odaklı bir sağlık sistemi içerisinde en uygun klinik kararları almalarına olanak sağlayacaktır.

Kaynaklar:

- Anes, E., Pires, D., Mandal, M., & Azevedo-Pereira, J. M. (2023). ESAT-6 a major virulence factor of *Mycobacterium tuberculosis*. *Biomolecules*, 13(6), 968.
- Breslauer, D. N., Maamari, R. N., Switz, N. A., Lam, W. A., & Fletcher, D. A. (2009). Mobile phone based clinical microscopy for global health applications. *PloS one*, 4(7), e6320.
- Chen, J., Qiu, Y., Wu, W., Pan, Y., Yang, R., Li, L., ... & Xu, L. (2024). Incomplete tuberculosis reporting and registration to the surveillance system in southwestern China of Yunnan Province: an inventory survey. *BMC Public Health*, 24(1), 1397.
- Diprose, W., & Buist, N. (2016). Artificial intelligence in medicine: humans need not apply?. *The New Zealand Medical Journal (Online)*, 129(1434), 73.
- Garfein, R. S., Collins, K., Muñoz, F., Moser, K., Cerecer-Callu, P., Raab, F., ... & Patrick, K. (2015). Feasibility of tuberculosis treatment monitoring by video directly observed therapy: a binational pilot study. *The international journal of tuberculosis and lung disease: the official journal of the International Union against Tuberculosis and Lung Disease*, 19(9), 1057.
- Global Laboratory Initiative. (2016). GLI Quick Guide to TB Diagnostics Connectivity Solutions. www.stoptb.org/wg/gli/assets/documents/gli_connectivity_guide.pdf
- Global tuberculosis report. (2020). WHO/HTM/TB/2020.22, Geneva: World Health Organization; 2020
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240013131>.
- Global tuberculosis reports, 1997 to 2025. (2025). <https://www.who.int/teams/global-programme-on-tuberculosis-and-lung-health/tb-reports>
- Guglielmetti, L., Jaffré, J., Bernard, C., Brossier, F., El Helali, N., Chadelat, K., ... & Veziris, N. (2019). Multidisciplinary advisory teams to manage multidrug-resistant tuberculosis: the example of the French Consilium. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 23(10), 1050-1054.
- Huang, F., Cheng, S., Du, X., Chen, W., Scano, F., Falzon, D., & Wang, L. (2014). Electronic recording and reporting system for tuberculosis in China: experience and opportunities. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 21(5), 938-941.
- Huynh, G. H. (2016). Can China achieve the WHO global targets for TB control by 2035?. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 110(3), 161-162.
- Kalyanpur, A., & Murdock, J. W. (2015). Unsupervised entity-relation analysis in IBM Watson. In *Proceedings of the Third Annual Conference on Advances in Cognitive Systems ACS* (p. 12).

- Kelly JE. (2016). Computing, Cognition and the Future of Knowing. How Humans and Machines are Forging a New Age of Understanding. New York, IBM Global Services. 28;8
/www.research.ibm.com/software/IBMResearch/multimedia/Computing_Cognition_WhitePaper.pdf
- Lange, C., Abubakar, I., Alffenaar, J. W. C., Bothamley, G., Caminero, J. A., Carvalho, A. C. C., ... & Cirillo, D. M. (2014). Management of patients with multidrug-resistant/extensively drug-resistant tuberculosis in Europe: a TBNET consensus statement.
- Liu, K., Xie, Z., Xie, B., Chen, S., Zhang, Y., Wang, W., ... & Chen, B. (2022). Bridging the gap in end tuberculosis targets in the elderly population in Eastern China: observational study from 2015 to 2020. *JMIR public health and surveillance*, 8(7), e39142.
- Lönnroth, K., & Raviglione, M. (2016). The WHO's new End TB Strategy in the post-2015 era of the Sustainable Development Goals. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 110(3), 148-150.
- Lusted, L. B. (1960). Logical analysis in roentgen diagnosis: memorial fund lecture. *Radiology*, 74(2), 178-193.
- Malin, J. L. (2013). Envisioning Watson as a rapid-learning system for oncology. *Journal of oncology practice*, 9(3), 155-157.
- Manyazewal, T., Woldeamanuel, Y., Holland, D. P., Fekadu, A., & Marconi, V. C. (2022). Effectiveness of a digital medication event reminder and monitor device for patients with tuberculosis (SELFTB): a multicenter randomized controlled trial. *BMC medicine*, 20(1), 310.
- Marr, B. (2016). How machine learning, big data and AI are changing healthcare forever. *Forbes magazine*.
- Mohammadnabi, N., Shamseddin, J., Emadi, M., Bodaghi, A. B., Varseh, M., Shariati, A., ... & Farahani, A. (2024). Mycobacterium tuberculosis: the mechanism of pathogenicity, immune responses, and diagnostic challenges. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 38(23), e25122.
- Modongo, C., Pasipanodya, J. G., Magazi, B. T., Srivastava, S., Zetola, N. M., Williams, S. M., ... & Gumbo, T. (2016). Artificial intelligence and amikacin exposures predictive of outcomes in multidrug-resistant tuberculosis patients. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 60(10), 5928-5932.
- Munro, S. A., Lewin, S. A., Smith, H. J., Engel, M. E., Fretheim, A., & Volmink, J. (2007). Patient adherence to tuberculosis treatment: a systematic review of qualitative research. *PLoS medicine*, 4(7), e238.
- Naker, K., Gaskell, K. M., Dorjravdan, M., Dambaa, N., Roberts, C. H., & Moore, D. A. (2020). An e-registry for household contacts exposed to multidrug

- resistant TB in Mongolia. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1), 188.
- Pande, T. R. I. P. T. I., Cohen, C., Pai, M., & Ahmad Khan, F. (2016). Computer-aided detection of pulmonary tuberculosis on digital chest radiographs: a systematic review. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 20(9), 1226-1230.
- Peer, S., & Fagan, J. J. (2015). Hearing loss in the developing world: evaluating the iPhone mobile device as a screening tool. *South African Medical Journal*, 105(1), 35-39.
- Sangrà, A., Vlachopoulos, D., & Cabrera, N. (2012). Building an inclusive definition of e-learning: An approach to the conceptual framework. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 13(2), 145-159.
- Seixas, J. M., Faria, J., Souza Filho, J. B. O., Vieira, A. F. M., Kritski, A., & Trajman, A. (2013). Artificial neural network models to support the diagnosis of pleural tuberculosis in adult patients. *The International journal of tuberculosis and lung disease*, 17(5), 682-686.
- Sinkou, H., Hurevich, H., Rusovich, V., Zhylevich, L., Falzon, D., de Colombani, P., ... & Skrahina, A. (2017). Video-observed treatment for tuberculosis patients in Belarus: findings from the first programmatic experience. *The European respiratory journal*, 49(3), 1602049.
- Souza Filho, J. B. D. O., de Seixas, J. M., Galliez, R., de Bragança Pereira, B., de Q Mello, F. C., Dos Santos, A. M., & Kritski, A. L. (2016). A screening system for smear-negative pulmonary tuberculosis using artificial neural networks. *International Journal of Infectious Diseases*, 49, 33-39.
- Srivastava, S., Deshpande, D., Pasipanodya, J., Nuermberger, E., Swaminathan, S., & Gumbo, T. (2016). Optimal clinical doses of faropenem, linezolid, and moxifloxacin in children with disseminated tuberculosis: Goldilocks. *Clinical Infectious Diseases*, 63(suppl_3), S102-S109
- Story, A., Garfein, R. S., Hayward, A., Rusovich, V., Dadu, A., Soltan, V., ... & Falzon, D. (2016). Monitoring therapy adherence of tuberculosis patients by using video-enabled electronic devices. *Emerging infectious diseases*, 22(3), 538.
- Urh, M., Vukovic, G., & Jereb, E. (2015). The model for introduction of gamification into e-learning in higher education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 197, 388-397.
- Walle, A. D., Hunde, M. K., & Demsash, A. W. (2023). Healthcare professionals' intention to adopt mobile phone-based SMS and its predictors for adherence support and care of TB patients in a resource-limited setting: a structural equation modelling analysis. *BMJ open*, 13(12), e070813.

Wisnivesky, J. P., Henschke, C., Balentine, J., Willner, C., Deloire, A. M., & McGinn, T. G. (2005). Prospective validation of a prediction model for isolating inpatients with suspected pulmonary tuberculosis. *Archives of internal medicine*, 165(4), 453-457.

BÖLÜM 2

Temel Bilimden Kliniğe: Translasyonel Bilim ve İlişkili Disiplinler

Burcu Gürer Giray¹

¹ Doç. Dr., Yalova Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji AD
0000-0003-3165-8924

Toplumların biyomedikal araştırmalara yaptığı yatırımlar nüfusun sağlığını iyileştirmeye yönelik uzun vadeli kararlılığının bir yansımasıdır. Bu yatırımlar, yalnızca temel bilimsel bilginin üretilmesini değil; aynı zamanda araştırma bulgularının hastalıkların önlenmesi, tanısı ve tedavisine yönelik etkili klinik uygulamalara dönüştürölmesini amaçlamaktadır. Ancak son elli yıl boyunca biyomedikal araştırmalara önemli düzeyde mali ve entelektüel kaynak ayrılmış olmasına rağmen, yeni üretilen bilginin rutin klinik uygulamaya aktarılma sürecinin görece yavaş ilerlediği görölmektedir. Bu yavaşlığın teknolojik yetersizliklerden kaynaklanmadığı; aynı zamanda biyolojik sistemlerin karmaşıklığı, düzenleyici süreçler ve klinik pratikte paradigma değişimlerine karşı direnç gibi çok boyutlu faktörlerle ilişkili olduğu görölmektedir (Ioachimescu & Shaker, 2025). Bu bağlamda translasyonel bilim, laboratuvar ortamında üretilen bilginin hasta başına ve toplum sağlığına daha hızlı ve etkili biçimde aktarılmasını hedefleyen, disiplinler arası ve bütüncül bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Translasyonel bilim, doğası gereği, farklı alan uzmanlarından elde edilen çeşitli bilgilerin ve küratörlüğü yapılmış veri kaynaklarının; klinik ve biyomedikal bilginin bütünlüşük analizleri yoluyla soruları yanıtlamak amacıyla uygulanmasını içerir (Unni, Moxon, Bada, vd., 2022).

Amerika Birleşik Devletleri'nde translasyonel araştırmalar ve karşılaştırmalı etkililik araştırmalarının ilerletilmesine yönelik politikalar ve özgül yol haritaları, Ulusal Sağlık Enstitüleri ve Tıp Enstitüsü tarafından yayımlanmıştır (Sox, McNeil, Wheatley, vd., 2008). Türkiye'de translasyonel tıp, temel bilim bulgularının klinik uygulamaya ve nihayetinde toplum sağlığına etkili biçimde aktarılmasını hedefleyen çok-disiplinli bir yaklaşım olarak; klinik araştırma altyapıları, mükemmeliyet merkezleri, teknoloji transfer mekanizmaları ve sağlık politikası bileşenleriyle birlikte gelişmektedir. Bu ekosistemin önemli kurumsal aktörlerinden biri Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı (TÜSEB) olup, klinik araştırmaların ölke ölapında güçlendirilmesine yönelik yayın ve politika dokümanlarıyla klinik araştırma kapasitesinin artırılmasını stratejik bir hedef olarak konumlandırmaktadır. Bu çerçeve, translasyonel tıbbın yalnızca laboratuvar keşiflerini klinik denemelere taşımakla sınırlı olmayan; aynı zamanda süreç, yönetişim ve sürdürülebilir uygulama bileşenlerini içeren geniş bir "bilimden uygulamaya" hattı gerektirdiğini göstermektedir (TÜSEB Raporu, 2024).

Translasyonel bilim, araştırma çalışmalarını ve sistem süreçlerini, bunların bilimsel yönetişim ilkelerini ve içsel işleyiş mekanizmalarını ortaya koymak amacıyla değerlendiren eklektik bir disiplin olarak tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım, translasyon sürecini deneyime dayalı uygulamalardan öngörülebilir ve sistematik bir yapıya dönüştürmeyi hedeflemektedir (Austin, 2021). Geliştirme–gösterme–yaygınlaştırma döngüsü içerisinde bir müdahale veya inovasyonun sağlık sistemine aktarılabilmesi için, her biri kendine özgül terminolojiye,

kuramsal çerçevelere ve çıktılarına sahip en az yirmi farklı bilimsel disiplinin katkısının gerekli olduğu düşünülmektedir (Collins, 2011). Translasyon biliminin kendisine ve onunla ilişkili uzmanlık alanları ile çalışma disiplinlerine ilişkin değerlendirmeler temel tıp bilimleri ile klinik bilimler arasında daha bütüncül, etkili, verimli ve bilgilendirici bir ekip bilimi yaklaşımının geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

Translasyonel Araştırma ve Translasyonel Bilim

Antik tıbbi metinlerde translasyon kavramı, şifacılar, büyücüler ve erken dönem hekimler tarafından tedavilerde kullanılan kimyasal maddelerin ve uygulamaların modifiye edilmesine yönelik çabaları tanımlamak için kullanılmıştır. Bu bağlamda terim, filolojik bir çağrışımla, söz konusu girişimlerin bilimsel ya da kuramsal temellerinden ziyade, doğrudan hastaların acil gereksinimleriyle bağlantılı pratik uygulamalara odaklandığını yansıtmaktadır. 20. yüzyılın ikinci yarısında translasyona yönelik çabalar ağırlıklı olarak halk sağlığı ve klinik tıp alanlarına uygulanmış; zaman zaman bazı terapötik ve koruyucu müdahalelerin tanımlanmasına katkı sağlamış olsa da, yeni ilaç geliştirme süreçlerine nadiren doğrudan yansımıştır. Translasyonel spektrum boyunca, yeni keşiflerin yaygınlaştırılması ve benimsenmesi; yapısal veya işlevsel zorluklar, sistemsel kısıtlamalar, fonlama kesintileri, “ölüm vadileri” olarak tanımlanan kritik geçiş aşamaları ve uzun süre açıklanamayan gecikmeler nedeniyle sıklıkla sekteye uğramıştır (Finney, Ridgeway, Griffin, 2024).

Temel ve translasyonel araştırmaların ilerlemesi uzun süre klinik gözlemlerle sıkı bir biçimde iç içe geçmiş olsa da, temel laboratuvar araştırmalarında elde edilen çarpıcı başarılar, klinik ve translasyonel araştırmaların çıktılarını belirgin biçimde geride bırakmıştır. Temel bilimsel keşiflerdeki bu üstel artış, etiyopatofizyolojiye ilişkin anlayışımızda büyük ilerlemeler sağlamış; aynı zamanda büyük veri, derin veri ve uzunlamasına veri gibi çok boyutlu ve hacimli bilgi kümelerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu gelişmeler, translasyon süreçlerine veri biliminin entegrasyonunu zorunlu kılmış; yapay zeka, makine öğrenmesi, derin öğrenme gibi yöntemlerin yanı sıra ileri matematiksel yaklaşımlar ve güçlü hesaplama altyapılarının kullanımını giderek daha kritik hale getirmiştir (Austin, 2018).

Translasyonel araştırma, Ulusal Translasyonel Bilimleri Geliştirme Merkezi tarafından, belirli bir hastalık hedefi için translasyonel geliştirme spektrumunun belirli bir basamağını kat etmeye yönelik bir çaba olarak tanımlanmaktadır. Translasyonel araştırmanın temel amacı, bilimsel keşifler ile tıp ve sağlık hizmetlerinde kullanılan pratik, gerçek yaşam uygulamaları arasındaki boşluğu kapatmaktır (Faupel-Badger, Vogel, Austin, & Rutter, 2022). Translasyonel araştırma, çoğunlukla başlangıçta laboratuvar odaklı bilimsel keşiflere dayanan yeni tıbbi cihazların, yenilikçi tedavi yaklaşımlarının, klinik stratejilerin veya

sağlık hizmeti müdahalelerinin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Translasyonel araştırma süreçleri; araştırmacılar, klinisyenler, hastalar, toplum temsilcileri, kamu otoriteleri ve diğer paydaşlar arasında etkin iş birliğini gerektirir. Bu ekip bilimi yaklaşımı, araştırma çıktılarının klinik uygulamaya ve halk sağlığı politikalarına etkili ve sürdürülebilir biçimde aktarılmasını sağlamayı amaçlamaktadır (Ioachimescu & Shaker,2025).

Translasyonel bilim ile translasyonel araştırma birbirinden farklı ancak bitişik ve kısmen örtüşen kavramlardır; her ikisi de bilginin bir bağlamdan diğerine aktarılmasına odaklanmaları nedeniyle belirli benzerlikler taşımaktadır. Translasyonel araştırma, bilimsel keşifler ve inovasyonlar ile bunların tıbbi uygulamalara yansıtılması arasındaki boşluğu kapatmayı amaçlayan bir çalışma ve uygulama alanını ifade ederken; translasyonel bilim, zaman içerisinde içeriğin bir dil, ekosistem, çevre, bağlamsal yapı, kültür, disiplin ya da bilgi alanından diğerine aktarılmasının nasıl operasyonelleştirileceğini sistematik biçimde inceleyen ve uygulayan bir disiplin olarak evrilmiştir (Viera, James, Shekhar, Ioachimescu, & Buse2023). Translasyonel bilim; temel bilim, klinik araştırmalar ve popülasyon temelli bilimlerden elde edilen bilginin, insan sağlığının iyileştirilmesi, yaşam süresinin uzatılması ve hastalık ile engellilikten arınmış bir yaşamın desteklenmesi amacıyla sistematik ve çok disiplinli biçimde bütünleştirilmesini kapsar. Bu yönüyle translasyonel bilim, tıbbi tedavilerin, müdahalelerin ve sağlık hizmeti uygulamalarının geliştirilmesinde kritik bir rol oynamakta ve nihai olarak toplum sağlığındaki iyileşmelere katkı sağlamaktadır (Rogers, Sorkness, Spencer, vd., 2018).

Translasyonel bilimin odağında, laboratuvar ortamında elde edilen bulguların hasta bakımına topluluklara ve genel nüfusa yönelik pratik uygulamalara aktarılmasının verimliliği, etkinliği ve bilgilendiriciliği yer almaktadır. Bununla birlikte translasyonel bilim, çoğu zaman çift yönlü süreçleri ve yönlendirilmiş bilgi akışlarını da içermektedir. Hasta merkezli bakış açısı translasyonel bilimin temel taşlarından biridir. Ayrıca translasyonel bilimin, bilimsel ilerlemelerin tüm farklı nüfus gruplarına adil biçimde ulaşmasını ve eşitlikçi bir şekilde uygulanmasını sağlayarak sağlık eşitsizliklerinin azaltılmasını hedeflemektedir (Minogue, Morrissey, Terres, 2022)

Uygulama Bilimi ve Karar Bilimi

Uygulama bilimi, translasyonel bilimin bir alt alanı olarak değerlendirilebilecek olup, kanıta dayalı uygulamaların veya müdahalelerin rutin bakım süreçlerine sistematik biçimde benimsenmesini ve entegre edilmesini teşvik eden yöntem ve stratejilerin incelenmesine odaklanmaktadır (Fixsen, 2005). Yayılım ve uygulama bilimi olarak da adlandırılan bu alan, E. M. Rogers'ın öncülüğünde gelişen inovasyonun yayılımı araştırmalarına ve farklı araştırma geleneklerine dayanmaktadır (Rogers, 1962). Uygulama, kanıta dayalı veya kanıta dayalı olduğu düşünülen bulguların ve bunlara bağlı ürünlerin, uygun

değişim, benimseme ve kullanım stratejileri aracılığıyla rutin ve sürdürülebilir biçimde hayata geçirilmesini amaçlayan, bilinçli olarak tasarlanmış bir süreçtir. Burada “uygulama” terimi, bir klinik çalışma sırasında yöntemsel bütünlüğün korunması anlamında değil; müdahalenin gerçek yaşam koşullarında nasıl hayata geçirildiği bağlamında kullanılmaktadır. Uygulama bilimi, uygulama stratejilerinin tasarlanması, test edilmesi ve iyileştirilmesinde sistematik bir yaklaşım benimser; bu süreçte sıklıkla randomize kontrollü çalışmalar ve diğer titiz değerlendirme yöntemlerinden yararlanır. Uygulama biliminin temel özellikleri arasında uygulama bütünlüğü, sürdürülebilirlik ve uyarlanabilirlik yer almaktadır (Kothari, McCutcheon, Graham, 2017).

Karar bilimi toplum düzeyinde karar alma süreçlerini yönlendirmek amacıyla nicel tekniklerden oluşan bir yöntemler bütünü kullanarak, kararların temelinde yatan bilimsel unsurları ve değer yargılarını görünür kılmayı; belirli bir eylem ya da eylemsizliğin beraberinde getirebileceği aşamaları ortaya koymayı amaçlayan bir alandır (Galli, 2011). Bu alan; karar analizi, risk analizi, maliyet-fayda ve maliyet-etkililik analizleri, kısıtlı optimizasyon veya programlama, simülasyon modellemesi ve davranışsal karar teorisi gibi yaklaşımları kapsar. Kararı analiz halk sağlığı sorunlarını anlamak ve bu sorunlara yönelik politikaları geliştirmek için özgün bir bakış açısı sunar. Araştırma alanlarının çoğu yeni bilgi üretmeye odaklanırken, karar bilimi mevcut bilgiler ışığında en uygun seçeneğin belirlenmesiyle yakından ilgilenmektedir. Özellikle halk sağlığı alanında kullanılan çeşitli karar bilimi analitik yöntemleri; mortalite, hastalığa özgü veya genel yaşam kalitesi ve sağlık hizmeti maliyetleri gibi sonuçlara ilişkin bireysel ve toplumsal değerlerin açık biçimde dikkate alınmasıyla, bilimsel kanıtların sistematik entegrasyonunu mümkün kılmakta ve nüfus sağlığını iyileştirmeye yönelik politika ve uygulamaların şekillendirilmesine katkı sağlamaktadır (Keeney & Raiffa, 1993).

Tranlasyonel Tıp ve Gelişme Gösterdiği Alanlar

Çevresel faktörlerin sağlık üzerindeki etkileride ele alındığında hastalıkların önlenmesi kapsamında yürütülen çalışmalara aşılama programları, sağlık eğitimi ve hastalık riskini azaltmaya yönelik sağlıklı yaşam davranışlarının teşvik edilmesi dahil edilmelidir. Uygulama ve karar verme mekanizmaları toplumun sağlığı açısından bir tutarlılık içerisinde kullanılmalıdır. Bu bağlamda temiz hava ve suya erişimin sağlanması, atık yönetimi, çevresel tehlikelerin kontrolü ve güvenli, sağlıklı yaşam ortamlarının teşvik edilmesine yönelik girişimler önemli bir yer tutmaktadır (Samet & Brownson, 2014).

Epidemiyoloji, halk sağlığının temel disiplinlerinden biri olup, hastalıkların toplumlar içindeki dağılımını ve belirleyicilerini incelemektedir. Epidemiyologlar, sağlık ve hastalık örüntülerini analiz ederek, kontrol ve önleme stratejilerinin geliştirilmesine bilimsel temel sağlamaktadır. (Abbas, & Stevens, 2018). Biyoistatistik ise sağlık araştırmalarında istatistiksel yöntemlerin

uygulanmasını içeren bir diğer temel disiplindir; sağlık verilerinin analiz edilmesi, müdahalelerin etkililiğinin değerlendirilmesi ve kanıta dayalı kararların alınmasına katkı sunmaktadır (Abrahamowicz, 2022). Sağlık profesyonelleri, sağlık sistemlerini ve hizmetlerini iyileştirmeye yönelik stratejilerin oluşturulması ve uygulanması amacıyla politika geliştirme ve yönetim süreçlerinde aktif rol almaktadır. Bu süreçler; planlama, kaynak tahsisi ve sağlık politikalarının değerlendirilmesini içermektedir. Küresel sağlık ise ulusal sınırları aşan sağlık sorunlarının ele alınmasını kapsamakta olup, bulaşıcı hastalıklarla mücadele, anne ve çocuk sağlığının geliştirilmesi ve dünya genelinde sağlık altyapısının güçlendirilmesine ve bu konunun çevre sağlığıyla ilişkilendirilmesine odaklanmaktadır (Pitt, & Gunn, 2024).

Sağlıkta translasyonel bilim bilimsel bilgi ile pratik uygulamalar arasındaki boşluğu kapatarak toplumların sağlık ve esenliğini iyileştirmeyi amaçlamaları bakımından ortak bir hedefi paylaşmaktadır. Her iki alan da araştırma bulgularının toplum sağlığı sonuçlarını olumlu yönde etkileyecek müdahalelere ve politikalara dönüştürülmesine odaklanmaktadır. Translasyonel bilim, laboratuvar çalışmaları gibi temel bilimsel araştırmalardan elde edilen bulguların gerçek yaşam ortamlarına uygulanmasını içerir. Hastalıkların önlenmesi, sağlığın geliştirilmesi ve sağlık hizmeti sunumunun iyileştirilmesi amacıyla bilimsel keşiflerin kanıta dayalı uygulamalara dönüştürülmesi gerekmektedir. Translasyonel bilimin bir alt alanı olan uygulama bilimi bu kanıta dayalı uygulamaların rutin pratikte benimsenmesini ve sürdürülebilir biçimde entegre edilmesini sağlayan yöntemlerin sistematik olarak incelenmesine odaklanmaktadır. Karar bilimi ise etkili müdahalelerin farklı topluluk ortamlarında başarılı biçimde uygulanmasını ve sürekliliğini güvence altına almada kritik bir rol üstlenmektedir. Translasyonel bilim, müdahalelerin farklı popülasyon grupları ve toplulukların özgül gereksinimlerine göre uyarlanmasını; araştırma bulgularının toplumun tüm kesimleri için erişilebilir ve uygulanabilir olmasını hedeflemektedir (Jotterand, Spellecy & Shaker, 2021).

Ülkemizde Translasyonel Bilimi

Küresel sağlık bağlamında translasyonel bilim, araştırma bulgularının farklı kültürel, ekonomik ve coğrafi koşullarda uygulanabilecek müdahalelere dönüştürülmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu süreç, sağlık sorunlarının kendine özgü farklılıklarını dikkate alan uyarlanabilir ve kapsayıcı yaklaşımların geliştirilmesini gerektirmektedir. Birçok akademik kurum ve araştırma merkezi, araştırma bulgularının uygulamaya aktarılması için özelleştirilmiş birimler oluşturmuştur. Bu yapılar, bilimsel keşiflerin sağlık politikalarına, programlarına ve müdahalelerine dönüştürülmesini kolaylaştırarak doğrudan etki yaratmaktadır. Translasyonel bilim, surveyans verilerinin ve epidemiyolojik bulguların, halk sağlığı karar alma süreçlerini yönlendirecek uygulanabilir içgörülere dönüştürülmesine katkı sağlamaktadır.

Türkiye’de translasyonel tıbbın kurumsallaşmasına örnek olarak, Sağlık Bilimleri Üniversitesi bünyesindeki Translasyonel Tıp Anabilim Dalı tanımları; alanın temel araştırmalar ile klinik araştırmalar arasında “köprü” işlevi gördüğünü, çok disiplinli çalışma gerektirdiğini ve laboratuvardan kliniğe ilerleyen bir süreç olarak ele alındığını vurgular (Sağlık Bilimleri Üniversitesi, 2023). Üniversite temelli araştırma altyapıları içinde Hacettepe Üniversitesi Pediatrik Translasyonel Tıp Laboratuvarları gibi örnekler, translasyonel yaklaşımın somut teknik olanaklar ve proje/yayın ekosistemi üzerinden yürütülebildiğini göstermektedir (Hacettepe Üniversitesi, 2022). Öte yandan, translasyonel tıp kapasitesini büyüten temel kaldıraçlardan biri de ulusal fon mekanizmalarıdır. TÜBİTAK’ın 1004 – Mükemmeliyet Merkezi Destek Programı, üniversite–kamu–özel sektör iş birliğini teşvik ederek “izlenebilir hedefleri olan” ve ticarileşme potansiyeli taşıyan araştırma programlarını desteklemeyi amaçlar; bu yaklaşım translasyonel tıbbın “kanıt üretme–ürünleştirme–uygulamaya aktarma” döngüsüyle uyumludur (TÜBİTAK, t.y.). TÜBİTAK programın desteklediği platform örneklerinde translasyonel tıp odağı açıkça görülmektedir.

Sonuç

Sonuç olarak Türkiye’de translasyonel tıp; TÜSEB ve klinik araştırma stratejileri, üniversite temelli translasyonel laboratuvarlar/merkezler ve TÜBİTAK 1004 gibi mükemmeliyet odaklı fonlar üzerinden ilerleyen çok katmanlı bir yapı göstermektedir. Bu yapının güçlenmesi; standartlaştırılmış klinik araştırma süreçleri, nitelikli insan kaynağı, etkin veri yönetimi ve kurumlar arası sürdürülebilir ağların gelişimiyle translasyonel çıktının (tanı/tedavi/uygulama/politika) hızını ve etkisini artırma potansiyeli taşır. Translasyonel bilim için güçlü ve işlevsel bir “mekanizma” inşa edilmesi; araştırma bulgularının ve yeniliklerin klinik uygulamaya, topluluklara ve genel nüfusa etkin biçimde aktarılabilmesi açısından hayati öneme sahiptir. Bu tür bir altyapısal güçlendirme ve hizmet portföyü geliştirme süreci, diğer çalışma alanlarından, uzmanlıklardan veya disiplinlerden gelen belirli yetkinliklerle donatılmasını gerektirebilir. Bu hedefe; çok farklı ve kimi zaman örtüşen alanlardan gelen uzmanlar tarafından sunulan danışmanlık hizmetlerinin ödünç alınması, geliştirilmesi ve kurumsal yapıya entegre edilmesi yoluyla ulaşılabilir.

Kaynaklar:

- Abbas, S., & Stevens, M. P. (2018). The Role of the Hospital Epidemiologist in Antibiotic Stewardship. *The Medical Clinics of North America*, 102(5), 873-882.
- Abrahamowicz, M. (2022). Clinical biostatistics in the 2020s. *Biometrical Journal*, 64(8), 1371-1373
- Austin CP. Opportunities and challenges in translational science. *Clin Transl Sci* 2021; 14(5): 1629– 1647. [PubMed: 33982407
- Collins, F. S. (2011). Reengineering translational science: the time is right. *Science translational medicine*, 3(90), 90cm17.
- Galli, E. (2011). Kahneman, D., Thinking, Fast and Slow. *Journal of Public Finance and Public Choice*, 29(1-3), 214-215.
- Hacettepe Üniversitesi. (2022). Pediatrik translasyonel tıp laboratuvarları. Hacettepe Üniversitesi.https://lab.hacettepe.edu.tr/tr/laboratuvar/pediatric_translasyonel_tip_laboratuvarlari-252
- Ioachimescu, O. C., & Shaker, R. (2025). Translational science and related disciplines. *Journal of Investigative Medicine*, 73(1), 3-26.
- Jotterand, F., Spelley, R., & Shaker, R. (2021). The rights (and responsibilities) of the public to advance health through research. *Archives of Public Health*, 79(1), 198.
- Faupel-Badger, J. M., Vogel, A. L., Austin, C. P., & Rutter, J. L. (2022). Advancing translational science education. *Clinical and translational science*, 15(11), 2555-2566.
- Fixsen, D. L. (2005). Implementation research.
- Rutten, L. J. F., Ridgeway, J. L., & Griffin, J. M. (2024, April). Advancing translation of clinical research into practice and population health impact through implementation science. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 99, No. 4, pp. 665-676). Elsevier.
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs. Cambridge university press.
- Kothari, A., McCutcheon, C., & Graham, I. D. (2017). Defining integrated knowledge translation and moving forward: a response to recent commentaries. *International journal of health policy and management*, 6(5), 299.)
- Minogue, V., Morrissey, M., & Terres, A. (2022). Supporting researchers in knowledge translation and dissemination of their research to increase usability and impact. *Quality of Life Research*, 31(10), 2959-2968.

- Pitt, S. J., & Gunn, A. (2024). The one health concept. *British Journal of Biomedical Science*, 81, 12366.
- Rogers, J., Sorkness, C. A., Spencer, K., & Pfund, C. (2018). Increasing research mentor training among biomedical researchers at Clinical and Translational Science Award hubs: The impact of the facilitator training initiative. *Journal of Clinical and Translational Science*, 2(3), 118-123.
- Rogers, E. (1962). *Diffusion of Innovations*. 1st edn New York.
- Sağlık Bilimleri Üniversitesi. (t.y.). Translasyonel Tıp Anabilim Dalı hakkında genel bilgiler. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü. <https://sbe.sbu.edu.tr/akademik/ana-bilim-dallari/translasyonel-tip-abd/ana-bilim-dali-hakkinda-genel-bilgiler/>
- Samet, J. M., & Brownson, R. C. (2014). Epidemiology in a changing world. *American Journal of Preventive Medicine*, 47(5), S383-S385.
- Sox, H., McNeil, B., Wheatley, B., & Eden, J. (Eds.). (2008). *Knowing what works in health care: a roadmap for the nation*. National Academies Press.
- Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. 1004 – Mükemmeliyet Merkezi Destek Programı. TÜBİTAK. <https://tubitak.gov.tr/tr/destekler/akademik/ulusal-destek-programlari/1004-mukemmeliyet-merkezi-destek-programi>
- Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı. (2024, Kasım 29). Yenilikçi ilaç ve ileri tedavi süreçlerinde translasyonel tıp merkezi ve ilgili yapılanmalar [Rapor]. Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı. <https://files.tuseb.gov.tr/tuhke/files/yayinlar/2024-11-29-08-01-00.pdf>
- Unni, D. R., Moxon, S. A., Bada, M., Brush, M., Bruskiwich, R., Caufield, J. H., ... & Schurman, S. (2022). Biolink Model: A universal schema for knowledge graphs in clinical, biomedical, and translational science. *Clinical and translational science*, 15(8), 1848-1855.)
- Viera, L., James, L., Shekhar, A., Ioachimescu, O. C., & Buse, J. B. (2023). Site readiness practices for clinical trials—considerations for CTSA hubs. *Journal of Clinical and Translational Science*, 7(1), e146.

BÖLÜM 3

Human Microbiota and Health: From Clinical Evidence to Public Education

Ozgenur Hacıoglu¹

¹ Assistant Professor, Kırklareli University Faculty of Health Sciences, Kırklareli, Turkey. Orcid: 0000-0002-8223-4737

INTRODUCTION

The human microbiota is a vast universe home to microbial organisms within the human body. While microbiota represents all microorganisms in our bodies, the microbiome is the genomic material of these organisms (Brown and Hazen, 2018).

The ever-increasing understanding of microbial mechanisms contributes to our understanding of the human microbiota and the remarkable balance it must maintain. However, research shows that public awareness of the microbiota is quite low (Şimşek-Şira and Hacıoglu, 2025). Public awareness of this crucial microbiota is crucial in this regard. This book chapter aims to address the relationship between the microbiota and human health, not only from a biological perspective but also from a lifestyle and awareness perspective. A perspective is presented with current research examples on the relationship between the human microbiota and diseases, and the necessity of microbiota education is presented in light of current scientific data. The necessity of microbiota education to move the microbiota out of the laboratory and into the center of daily life has been discussed.

CHAPTER 1: HUMAN MICROBIOTA AND DISEASE RELATIONSHIPS – CURRENT SCIENTIFIC EVIDENCE

The effects of the microbiota on health are becoming increasingly well understood. Scientific advances can help us better understand disease mechanisms. The causal dimensions of the rise in metabolic diseases such as cancer, infertility, obesity, and diabetes, which are among the diseases that preoccupy the public, are being investigated (Belkaid and Harrison, 2017; Sorbara and Pamer, 2019; Wong and Yu, 2019; Houser et al., 2021).

When the daily routines of individuals are examined, their nutritional habits, mental health status, and their relationship with sports and daily exercise are examined at this point (Fan and Peder-sen, 2021).

In recent years, scientists have become increasingly interested in the microbiota. So much so that it has become the first choice to examine in the causal aspects of almost all diseases. Scientists have begun conducting various studies to ensure healthy microbiota development, even in infancy and even in the womb (Anahtar et al., 2018). It has been clearly stated that a healthy maternal vaginal, oral, and intestinal microbiota contributes positively to pregnancy and birth (Torres-Fuentes et al., 2017). Furthermore, breast milk, which is a key component of postnatal infant nutrition and the first 1000 days of life, is the foundation for a healthy future. It has been emphasized that a healthy microbiota is crucial not only for women but also for men during pregnancy and pregnancy (Anahtar et al., 2018). Research has shown that a balanced diet and exercise that can positively stimulate the microbiota of individuals considering having a baby can

accelerate this process (Gurung et al., 2020). It has been reported that smoking, which negatively affects the microbiota, disrupts the reproduction-related microbial balance of individuals (Beghini et al, 2019).

Infertility, one of the major health problems of recent years, is rooted in an individual's microbiota imbalance. This situation can be evaluated in both men and women. Infertility can be caused by decreased abundance of *Lactobacillus* bacteria, which should be present in high concentrations in women's vaginal microbiota, against pathogenic bacteria present in the environment, changes in the pH of the environment, and inflammation resulting from the accumulation of toxic compounds produced by pathogenic bacteria (Franasiak et al., 2016). This shift in the vaginal microbiota can facilitate the rapid entry of not only pathogenic bacteria but also *Candida* yeast and sexually transmitted viral agents such as Human papillomavirus (HPV) (Ravel and Brotman, 2016; Chen et al., 2017). Research indicates that pelvic inflammatory disease may also underlie infertility. Furthermore, it has been reported that sperm transit is significantly affected by inflammation, reducing the chance of natural pregnancy (Zhang et al., 2020).

The relationship between irregularities in the urogenital microbiota in men and infertility, as in women, has been investigated in recent years. Emerging mechanisms suggest that sperm morphology can be negatively affected by microbial imbalance (Franasiak et al., 2016; Zhang et al., 2020).

It has been shown that nutrition is directly linked to the gut microbiota, and that individuals who consume probiotic and prebiotic products in their daily routines have a significantly reduced risk of intestinal diseases due to the probiotic bacteria that proliferate in the gut microbiota (David et al., 2014). Studies have shown that individuals consuming fiber-containing prebiotic sources increase the production of short-chain fatty acids by intestinal bacteria, helping to maintain intestinal mucosal health (Krautkramer et al., 2021). Furthermore, it has been reported that individuals who consume a diet that excludes packaged foods and includes green leafy vegetables have a stronger immune response to diseases (Singh et al., 2017). This is thought to be achieved through mechanisms such as the proliferation of probiotic microorganisms in the environment and their ability to combat pathogenic bacteria through the various metabolites they produce (De Filippis et al., 2016).

While the connection between the microbiota and exercise is indirectly acknowledged, various studies indicate that regulating the microbiota through exercise can contribute to the treatment of gut-related diseases. Studies show that even a daily walk increases mucosal blood flow, mobilizes the gut, and contributes to the abundance of beneficial microbial communities within the microbiota (Mika and Fleshner, 2016; Clark and Mach, 2017). Exercise's ability to regulate hormonal balance, in particular, can help reduce inflammation and therefore strengthen immunity (Müller et al., 2020). It's clear that lifestyle choices

significantly benefit the microbial population. It's clear that exercise, especially when incorporated into a daily routine, can benefit not only the microbiota but also mood.

In recent years, it has been shown that individual mood is also related to the microbiota, and that psychological conditions such as stress and anxiety are more likely to occur in individuals with a dysregulated microbiota. Dysbiosis in the gut microbiome, in particular, provides evidence that strengthens the connection between the gut and the brain (Kelly et al., 2016). Studies have reported that the majority of individuals with these health problems also have gut-related diseases and that certain bacterial groups are depleted (Cryan et al., 2019). In women, estrogen and progesterone hormones have been shown to affect mood, and increased stress levels disrupt microbial diversity, even affecting *Lactobacillus* bacteria, which are abundant in the vaginal microbiota, and decreasing their abundance (Ravel and Brotman, 2016).

The subtle yet powerful relationship between the gut-brain axis has gained increasing importance in recent years, particularly in diseases such as Parkinson's and Alzheimer's. Research demonstrates that microbial changes underlie disease manifestations, emphasizing the communication between these axis and their ability to shape the course of the disease (Cryan et al., 2019).

Hormone release is also reported to influence microbial structure, potentially shaping the course of the disease in both men and women. Estrogen has been shown to influence microbial structure in women, while androgens in men (Franasiak et al., 2016). It has been reported that the pathophysiology of the disease may differ by gender, with postmenopausal women reporting an increased risk of Alzheimer's disease, and a disrupted gut microbiota may trigger Parkinson's disease in men (Hsiao et al., 2013).

A review of various studies conducted in recent years in the literature (examples from 2019-2025, Table 1) highlights the crucial role of the human microbiota in a wide range of clinical settings, from metabolic diseases (T2DM, obesity, NAFLD) to neurological and psychiatric disorders (Parkinson's, Alzheimer's, MDD), conditions affecting the immune response (COVID-19, immunotherapy response), and reproductive health (preterm birth). Research demonstrates that dysbiosis has significant effects on inflammation, immune regulation, metabolic processes, and barrier functions, suggesting that microbiota modulation may be an important therapeutic target in the future.

Table 1. Recent Human Studies (2019–2025) Exploring the Relationship Between the Human Microbiota and Disease Outcomes

Disease / Clinical Condition	Study (Year) & Authors	Study Design / Sample	Key Microbiota Findings	Clinical Implications
Type 2 Diabetes (T2DM)	Yu, Ding, Wang & Jiang (2025)	Comprehensive review of recent cohort, meta-analysis, and intervention studies	T2DM shows reduced butyrate-producing bacteria , altered Firmicutes/Bacteroidetes ratio, and increased opportunistic pathogens	Dysbiosis → increased gut permeability → inflammation → insulin resistance
NSCLC & Immunotherapy Response	Moiseenko, Koryukov, Boyarskikh, Gabina, et al. (2025)	63 NSCLC patients; stool + tumor microbiome before immune checkpoint inhibitor therapy	Responders had higher microbial diversity and enrichment of SCFA-producing species; dysbiosis associated with poor outcomes	Gut microbiota may serve as a predictive biomarker for immunotherapy response
COVID-19 Severity	Yeoh, Zuo, Lui, Zhang, et al. (2021)	100 COVID-19 patients; longitudinal stool sampling + cytokine analyses	Severe cases showed depletion of F. prausnitzii and Bifidobacterium and increase in pro-inflammatory species; dysbiosis persisted post-infection	Persistent dysbiosis linked to long-COVID symptoms
Major Depressive Disorder (MDD)	Amin, Liu, Bonnechere, Kim, et al. (2023)	UK Biobank: 6,811 MDD vs 51,446 controls; integrated metabolomics + microbiome data	124 altered metabolites tied to lipid/energy metabolism; profile consistent with microbiota-driven dysbiosis	Microbiota–metabolome interactions contribute to depression pathogenesis
Parkinson’s Disease & Prodromal RBD	Huang, Chau, Liu, Li, et al. (2023)	441 participants: early PD, REM sleep behavior disorder (RBD), first-degree relatives, controls	Reduced butyrate-producing bacteria , increased pro-inflammatory Collinsella; similar patterns in relatives	Dysbiosis appears before clinical PD , suggesting early biomarker potential
Preterm Birth (PTB)	Prodan-Barbulescu, Bratosin, Folescu & Boeriu (2024)	Retrospective case-control (2019–2023) in 3rd-trimester pregnant women	PTB associated with reduced Lactobacillus dominance , higher diversity and pathogenic taxa	Vaginal dysbiosis → cervical inflammation → increased PTB risk
Preclinical Alzheimer’s Disease	Jung, Kim, Byun, Yi, Park, et al. (2022)	Biomarker-positive preclinical AD vs healthy controls	Increased pro-inflammatory species; reduction of beneficial commensals	Microbiota alterations occur years before cognitive decline
Obesity & Metabolic Syndrome	Hernández-Reyes, de la Cruz, Medina-Vera, et al. (2023)	146 adults; anthropometry + gut microbiome profiling	Obese individuals: enriched bile-acid-related bacteria; reduced SCFA producers	Microbiota strongly linked to metabolic dysfunction and inflammation

Inflammatory Bowel Disease (IBD)	Nishida, Inoue, Nomoto & Kubo (2023)	Integrative review of recent clinical IBD microbiome studies	IBD shows reduced diversity , increased pathobionts, mucosal barrier	Supports microbiota-targeted therapies (diet, probiotics, FMT)
Rheumatoid Arthritis (RA)	Sun, Tang, Ding, Hu, et al. (2023)	121 RA patients vs 150 controls; stool + serum metabolomics	RA linked to Prevotella copri increase, loss of anti-inflammatory taxa	Strong association between gut dysbiosis, systemic inflammation, and autoimmunity
Non-Alcoholic Fatty Liver Disease (NAFLD)	Sharpton, Ajmera & Loomba (2022)	Review of human clinical cohorts + FMT studies	NAFLD associated with ethanol-producing bacteria, endotoxin-related dysbiosis	Microbiota influences NAFLD progression and therapy response

(Table 1 continued)

CHAPTER 2: MICROBIOTA EDUCATION – WHY IS IT NECESSARY?

Why is the microbiota now a "determinant of health"? The microbiota is home to millions of microbial families living in our bodies. The microbiota is a universe directly linked to human health and plays a critical role in physiological processes. Understanding our microbiota as individuals helps us understand its relationship to health and can directly contribute to improving public health. As a crucial awareness for public health, the microbiota can be personalized across different occupational groups and age groups (Hacıoğlu & Ozoral, 2024; Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025).

How should microbiota education be delivered? We can answer the question: we should begin by analyzing the target audience: women, men, adolescents, and the elderly. When selecting the target audience, gender sensitivity, cultural barriers, and ethical considerations should be considered. If the training plans to cover gender-specific diseases, then the populations should be formed accordingly. Care should also be taken to ensure that the topics individuals are sensitive to are ethically relevant (Atay & Hacıoğlu, 2023; Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025).

If a training program is being designed about the human microbiome, the concepts of microbiota and microbiome, along with their history, should be addressed first. It should be explained conceptually in a way that individuals can understand. Then, by looking at the population, we can focus on the microbiome of women or men, or briefly explain the human microbiome in general. The microbiome-disease relationship can also be presented in a general context. Finally, it can be complemented by current research (Şimşek Sıra and Hacıoğlu, 2025).

If the training stream needs to be tailored to the female/male population, "reproductive health-microbiota relationship, oral microbiota, skin microbiota" could be selected for both groups. For female participants, "mode of delivery, 1000 days of life, breast milk microbiota, newborn microbiota, vaginal microbiota" could be added as they are specific topics of interest. Given that male participants' desire to access information, particularly about reproductive health, has reportedly increased in recent years, it would be interesting to explain this topic in microbiota education by exemplifying it with current research (Fleming et al., 2020).

Additionally, for a population selected from parents, "newborn microbiota, 1000 days of life, diet-microbiota, child/adolescent health-microbiota relationship" may be of particular interest (Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025). Anatomical, hormonal, and lifestyle differences in the microbiota between men and women should be emphasized. In this regard, educational content should be designed in a gender-sensitive yet holistic manner (Bailey & Cryan, 2021; Atay & Hacıoğlu, 2023; Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025). Thus, microbiota education can contribute to increasing individual awareness and overall health literacy across society (Table 2).

Table 2. Characteristics of the Microbiota in Women and Men and the Need for Education

Topic	Female Microbiota	Male Microbiota	Key Points for Education
Anatomical regions	Vaginal, intestinal, oral, and skin microbiota show distinct characteristics.	Intestinal, oral, skin, and seminal microbiota are predominant.	Education should emphasize that both sexes have interconnected microbial ecosystems.
Dominant microbial species	<i>Lactobacillus</i> spp. dominate the vaginal microbiota, maintaining acidic pH and protection.	<i>Bacteroides</i> , <i>Firmicutes</i> , and <i>Prevotella</i> species are more common.	Functional and compositional diversity between sexes should be highlighted with examples.
Hormonal influence	Estrogen and progesterone influence microbial balance and community structure.	Testosterone modulates microbial diversity and metabolism.	The impact of hormones on the microbiota should be explained across life stages.
Health-related conditions	Bacterial vaginosis, candidiasis, pregnancy complications, and postpartum infections.	Obesity, prostatitis, reduced sperm quality, and stress-related dysbiosis.	Case-based examples of sex-specific microbiota alterations should be included.
Microbiota transmission	Microbes are transmitted to the newborn through the birth canal and breast milk.	Paternal microbiota influences the offspring through environmental and lifestyle factors.	The concept of intergenerational microbiota transmission should be emphasized.
Lifestyle factors	Antibiotic use, delivery mode, hormonal therapy, and diet affect balance.	Nutrition, alcohol, smoking, and physical activity are major determinants.	Practical examples of microbiota-friendly lifestyle habits should be provided.
Need for education	Essential for reproductive health, fertility, and menopause awareness.	Important for fertility, metabolic balance, and mental well-being.	Education should be gender-inclusive and delivered within an integrative health framework.
Societal impact	Encourages informed choices in women's nutrition and child health.	Promotes healthier lifestyle practices among men and supports family health.	Community-wide microbiota education enhances public health literacy.

The implementation methods for microbiota education will be designed by the practitioner/trainer/researcher, and educational planning can be tailored to each educational level. The implementation format, duration, educational materials, and interactive participant activities such as games and question-and-answer sessions should be selected based on the target group (Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025). Various examples of microbiota education implementation methods are presented in Table 3.

Table 3. Recommended Methods for Delivering Microbiota Education

Educational Level	Teaching Approach	Suggested Duration/Format	Target Group
Preschool–Primary	Illustrated storybooks, animations, microbiota games	20–30 min / Visual-based	Children and parents
High School–University	Interactive lectures, lab practices	1 semester / Weekly module	Youth, health students
Adult Education	Seminars, workshops, community discussions	60–90 min sessions	General adults (men and women)
Digital Learning	Online courses, micro-learning via social media	1–4 weeks / Flexible	Public, health professionals

In an educational model where the target audience is the general public and education levels, occupations, gender, and age groups are heterogeneous, the topics covered in microbiota education should be at the most basic level (Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025). First, at a conceptual level, microbiota, microbiome, and related concepts should be explained, and their history should be briefly explained. The concept of microorganisms in society should be explained at a basic level, such as the perception of microbes. In microbiota education adapted to the field of microbiology, since even the word "pathogen" may be unfamiliar to individuals, it should be explained in simplified terms, such as "disease-causing agents," in layman's terms. Similarly, the concept of probiotics, related to the microbiota, can be explained using terms like "friendly bacteria" (Hacıoğlu & Ozoral, 2024; Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025). Table 4 lists the basic topics for microbiota education.

Table 4. Core Curriculum Topics in Human Microbiota Education

Chapter	Topic	Learning Objective
1	Definition and History of the Microbiota	Understand the origin and function of human microbial ecosystems
2	Women’s Microbiota	Explain the link between vaginal microbiota and reproductive health
3	Men’s Microbiota	Recognize the role of the urogenital microbiome in male health
4	Nutrition and Microbiota	Identify how diet and probiotics shape microbial diversity
5	Dysbiosis and Disease	Understand microbial imbalance and its health impacts
6	Microbiota-Friendly Lifestyle	Apply microbiota-supportive behaviors in daily life

In microbiota training, the success of the training can be determined by comparing participants' pre- and post-training knowledge scores. In this context, the researcher/educator/practitioner can conduct assessment and evaluation using multiple-choice questions based on the topics discussed with the target audience. Additionally, microbiota awareness-knowledge scales can be used (Table 5). Measurement tools must be linguistically sound and understandable to the target population. Expert opinions should be sought during training planning (Hacıoğlu & Ozoral, 2024; Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025).

Measurement tools can be used in pretests and posttests before and after the training. A posttest administered at least 3-4 weeks after the training session may be more appropriate to assess participant achievement. Furthermore, post-training follow-up will also increase the success of the training by measuring the gains participants learned during the training, such as incorporating healthy eating and probiotic-rich foods into their daily routines and exercising (Olmo, 2023; Hacıoğlu & Ozoral, 2024).

Table 5. Assessment Tools and Evaluation Methods in Microbiota Education

Assessment Type	Purpose	Tool / Method	Application Format	Implementation Considerations
Pre-test / Post-test	Compare participants' knowledge before and after the program	Structured knowledge and attitude questionnaire	Administer same items before and after training	Ensure clarity; reliability $\alpha \geq 0.7$; avoid ambiguity.
Attitude and Belief Scales	Measure changes in microbiota-related beliefs and intentions	5-point Likert-type scale	Conducted at the end of the training	Analyse gender-specific differences.
Self-Report Behaviour Form	Monitor behavioural outcomes (diet, probiotic intake)	Lifestyle and behaviour tracking survey	1–3 months post-training via online form or phone	Self-report bias possible; consistent timing essential.

CHAPTER 3: MICROBIOTA LITERACY – CONCEPTUAL FRAMEWORK AND IMPORTANCE

In recent years, the concept of microbiota has moved beyond being a topic of interest solely in the health/medicine field to one that has attracted widespread public interest. The increasing understanding of the health impacts of the microbiota, often described as our inner universe, has led to the need to raise public awareness of this issue. At this point, the importance of microbiota literacy has emerged. This concept can be considered as a knowledge, attitude, and behavioral dimension (Olmo, 2023). Introducing individuals to concepts such as microbiota, microbiome, probiotics, and prebiotics allows them to gain a basic level of knowledge. Using this information to raise awareness contributes to the attitude dimension, while incorporating microbiota-supporting habits into daily

routines supports the behavioral dimension (Hacıoğlu & Ozoral, 2024; Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025).

Microbiota literacy, which can also help protect public health, is crucial because it can raise individuals' awareness of protecting their microbiota. All kinds of behaviors that protect the microbiota, such as unnecessary antibiotic use, encouraging vaginal birth, breastfeeding, and a balanced diet, which are frequently discussed in society, can be addressed through individual education. Therefore, it is an important training program that can strengthen health awareness in society as a whole. Furthermore, advanced microbiota training programs can be provided to healthcare professionals, covering topics such as new treatment methods and the proper use of probiotics (Hacıoğlu & Ozoral, 2024; Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025).

CHAPTER 4: THE POWER OF TECHNOLOGY IN PUBLIC HEALTH-ORIENTED MICROBIOTA EDUCATION

Protecting our physical and mental health has become a more pressing issue today. This is perhaps due to people's access to information through technology, which allows them to use their daily e-newspapers and even social media every day. The combination of technology and health information often allows people to easily access information about their illnesses without even consulting a doctor or seeking further information. However, alongside accurate information, there is also a great deal of misinformation. For example, misinformation or misleading information provided by people unrelated to health can create confusion and lead to confusion among the public. While we generally consider the positive aspects of technology, it's also possible to see its negative effects as a result of such misuse. Therefore, it's crucial for the public to understand that consulting health experts and even relying on the statements of health authorities can lead to more accurate information. In short, using technology effectively makes it an effective tool for raising public awareness about health.

Various studies indicate that the use of more technological tools in the healthcare field will increase health literacy (Olmo, 2023; Young et al., 2021). Research shows that even individuals with lower levels of education can access accurate information, at least on social media. At this point, the media connection between technological knowledge and education needs to be thoroughly examined. It is clearly emphasized that combining health literacy and technological knowledge with education level will yield positive results. Therefore, we can evaluate the first parameter, education level, based on different educational levels (Hacıoğlu & Ozoral, 2024; Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025).

As a second parameter, assessments can be made based on gender. We can choose technology-health literacy as our keywords based on gender. We can examine various studies on this point. First, when we evaluate the results of various studies comparing health literacy between men and women by gender,

most studies emphasize that women may have higher levels. These studies also argue that the subject matter of health-related research may play a role in this difference (Hacıoğlu and Ozoral, 2024; Şimşek Sıra and Hacıoğlu, 2025). For example, regarding infectious diseases, female participants show a greater desire to access disease-related information. Men have been shown to be more hesitant in this regard. However, the general method for accessing new health information for all groups is media and social media, demonstrating that technology can also be used for health purposes (Aasmets et al., 2022; Hacıoğlu and Ozoral, 2024; Şimşek Sıra and Hacıoğlu, 2025).

When combined with technological infrastructure, whether through social media or other search engine infrastructures, it is clear that health literacy is clearly increasing among individuals. Therefore, the use of technology in health-related education can facilitate the faster transfer of information (Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025). We can predict that participation in microbiota education by both women and men may be more effective in the virtual environment than in person, based on this interest in technological health literacy among individuals. Furthermore, in the face-to-face education model, individuals may sometimes prefer not to talk about themselves due to their anonymity. We generally observe a high rate of participation in face-to-face microbiota education among healthcare professionals (Hacıoğlu & Ozoral, 2024; Şimşek Sıra & Hacıoğlu, 2025). This may be due to healthcare professionals' familiarity with microbiota and microorganisms from undergraduate courses (Hacıoğlu & Ozoral, 2024). Furthermore, we can observe the success of face-to-face microbiota health education delivered in small groups. Considering that more educated individuals are more likely to attend events like congresses, meetings, and seminars, microbiota training can be implemented in face-to-face groups. This brings another parameter, the participant/population/group distribution, into focus. A thorough analysis of the group with which the training begins is crucial.

As mentioned earlier, education can be roughly divided into groups based on gender, either face-to-face or virtual. Social media, which people add to their daily routines, will be excellent tools for educational announcements. Educational content with technological infrastructures, and even video clips briefly introducing the microbiota, such as an animated description of the bacteria that make up the microbiota, such as "good/bad/friend/foe," can spark interest in the topic of "microbiota-probiotics" (Hacıoğlu and Ozoral, 2024). In summary, as technology and health literacy are steadily increasing in individuals, it's clear that using this relationship to explain microbiota can contribute significantly.

CHAPTER 5: EDUCATIONAL AND AWARENESS STUDIES ON MICROBIOTA IN TURKEY AND WORLDWIDE

In recent years, studies conducted both in Turkey and internationally indicate that public knowledge of the microbiota is improving but remains quite fragmented. Studies conducted in Turkey reveal similar patterns across different target groups. For example, quasi-experimental training programs for women demonstrate that even a structured program of just a few hours significantly increases microbiota knowledge. Şira and Hacıoglu (2025) conducted a microbiota education study for women, involving 151 female participants, and found a statistically significant difference between the pre- and post-training knowledge scores of participants whose professions were midwives, housewives, nurses, teachers, and others. It was observed that the post-training knowledge scores of participants whose professions were midwives, housewives, nurses, teachers, and others were higher than those before the training. There was a statistically significant difference between the pre-training knowledge scores of participants according to their professions. It was observed that the pre-training knowledge scores of participants whose profession was nurses were higher than those of participants whose profession was housewives. While researchers state that it is expected that conceptual structures related to microbiota are more widely known among healthcare professionals, they report that the fact that the knowledge levels among healthcare professionals are lower than expected in the tables on the relationship between microbiota disorder and infection and the relationship with fertilization clearly demonstrates that existing deficiencies need to be addressed through microbiota-health training.

The low-to-moderate levels of awareness among women planning pregnancies suggest that microbiota-related education should be added to preconception counseling (Atay & Hacıoğlu, 2023). In a study aimed at determining microbiota awareness levels in women planning pregnancies, researchers evaluated data from 417 female participants using a microbiota awareness scale. A statistically significant difference was found between the participants' microbiota awareness scores, general information, product knowledge, chronic disease, and probiotic and prebiotic subscale scores based on their education level, with women with undergraduate and graduate degrees having higher awareness. Participants under 25 years of age had lower microbiota awareness scores, product knowledge, and probiotic and prebiotic subscale scores.

Studies conducted with university students suggest that widespread misconceptions about the microbiota-nutrition-antibiotic relationship persist and that systematic awareness programs are needed (Hacıoğlu & Ozoral, 2024). In a cross-sectional study conducted with 248 undergraduate students (first, second, third, and fourth years) in the Department of Nutrition and Dietetics, Hamurcu

and İsmailoğlu (2022) reported that students' microbiota awareness levels were influenced by their age, grade, body mass index, chronic diseases, economic status, previous microbiota education, and use of pre-probiotic supplements. The researchers concluded that microbiota should be included as an elective course in students' curriculum, and that knowledge levels should be increased through scientific meetings and academic studies.

In addition, the development of the Microbiota Awareness Scale (Külcü & Önal, 2022) has made reliable measurement tools available in this field. To develop a valid and reliable measurement tool aimed at determining microbiota awareness levels, Külcü and Önal (2022) studied 301 participants, 185 of whom were women, who applied to the family health center in the Eğirdir district of Isparta province. The researchers determined that the microbiota awareness scale can be used as a valid and reliable scale to determine individuals' microbiota awareness levels and, based on the obtained results, to take the necessary precautions. The researchers found statistical significance in terms of the participants' education level and occupational group variables for probiotics and prebiotics. Furthermore, the researchers reported that women's mean product knowledge scores on the scale were significantly higher than men's. The study found that the mean score of healthcare workers was significantly higher than that of unemployed individuals, students, farmers, and individuals working in white-collar and blue-collar occupational groups. Education level and occupational group were found to be statistically significant for the microbiota awareness scale score.

Studies conducted among adolescents and university students indicate that increased awareness positively impacts behaviors such as nutritional preferences, health literacy, and probiotic use (Ülker et al., 2024; Koçyiğit et al., 2025; Yavuz, 2025). It has been reported that theoretical knowledge exists among healthcare professionals and medical students, but there are deficiencies in transferring it to clinical practice (Davarci & Davarci, 2025; Selen et al., 2025). In the general adult population, microbiota awareness appears to be associated with plant-based dietary trends and healthy lifestyle behaviors (Kenger et al., 2025).

Other studies have linked microbiota to prebiotics and probiotics, determining and assessing individuals' knowledge levels. Some studies have investigated individuals' knowledge of the concepts of probiotics, prebiotics, and microbiota, as well as their consumption of probiotic products, using variables such as gender, occupation, and education (Hacıoğlu & Ozoral, 2024). International literature also presents similar findings.

Large-scale studies conducted in Jordan, Saudi Arabia, and India indicate that students and the general public have a limited but potentially high level of knowledge about the microbiota (Abu-Humaidan et al., 2021; Almutairy & Al-Sowayan, 2025; Al-Hassan et al., 2025). Online education programs conducted

in Europe have shown that even short-term digital interventions significantly increase knowledge acquisition (Schweitzer et al., 2025). Studies conducted with mothers indicate that the concept of gut microbiota is not well understood, but that individuals with higher health literacy have more positive nutrition and child feeding behaviors (Consales et al., 2024). Furthermore, microbiota knowledge is reported to be linked to the goals of Healthy Living (SDG 3), particularly improving antibiotic use habits and healthy living behaviors (Almutairy & Al-Sowayan, 2025).

Various examples of microbiota awareness and education studies in Türkiye and around the world are given in Table 6.

Table 6. International and National Studies on Microbiota Awareness and Education (Examples, 2021–2025)

Author(s) & Year	Country	Sample / Group	Study Type & Focus	Key Findings on Microbiota Awareness / Education
Şimşek & Hacıoğlu, 2025	Türkiye	Adult women (n=151)	Quasi-experimental; microbiota education program	A 4-hour structured training significantly increased microbiota knowledge ($p < .05$). Demonstrates strong effectiveness of women-focused education.
Hacıoğlu & Ozoral, 2024	Türkiye	University students	Cross-sectional; microbiota–health misconceptions	Identified major misconceptions regarding diet, antibiotics, and lifestyle. Recommends national-level awareness initiatives.
Atay Hacıoğlu, 2023	Türkiye	Women planning pregnancy	Cross-sectional; preconception awareness	Awareness levels were low–moderate; highlights the need for microbiota education in preconception counseling.
Külcü & Önal, 2022	Türkiye	Adults (n=301; male + female)	Scale development (Microbiota Awareness Scale – MAS)	Developed a 20-item MAS (Cronbach $\alpha = 0.85$); validated as a reliable instrument to measure microbiota awareness.
Ülker et al., 2024	Türkiye	Adolescents (n=628)	Descriptive–correlational; microbiota, nutrition, and health literacy	Positive correlations between microbiota awareness, nutrition literacy, and health literacy. Early education supports healthier long-term behaviors.
Koçyiğit et al., 2025	Türkiye	University students (n=515)	Cross-sectional; microbiota awareness & healthy-eating attitudes	Higher microbiota awareness associated with healthier dietary attitudes; education enhances nutritional behaviors.
Yavuz, 2025	Türkiye	Health-science students (n=275)	Cross-sectional; microbiota awareness, probiotic use, orthorexia tendency	Awareness positively associated with probiotic use; in some cases higher awareness accompanied by orthorexia risk.
Davarci & Davarci, 2025	Türkiye	Medical students	Cross-sectional; microbiota awareness in medical curricula	Students had good theoretical knowledge but limited clinical understanding; recommends integration into medical curricula.

Selen et al., 2025	Türkiye	Health professionals (physicians, nurses, assistants)	Cross-sectional; awareness in healthcare staff	Awareness levels varied by profession—higher among physicians and nurses; MAS commonly used for assessment.
Kenger et al., 2025	Türkiye	Adult population	Cross-sectional; microbiota awareness & plant-based diet	Higher awareness correlated with greater plant-based dietary habits; recommends combining microbiota and nutrition education.
Abu-Humaidan et al., 2021	Jordan	University students (n=1,022)	Cross-sectional; microbiota knowledge	Students' knowledge was limited; poor understanding of microbiota–diet–antibiotic relationships.
Almutairy & Al-Sowayan, 2025	Saudi Arabia	Adults (general public; n=846)	Cross-sectional; public knowledge of microbiota	Moderate overall knowledge; higher awareness linked to healthier lifestyle and more cautious antibiotic practices.
Consales et al., 2024	Italy	Mothers (n=388)	Cross-sectional; gut microbiota & health literacy	Many mothers unfamiliar with “gut microbiota”; higher health literacy associated with better nutrition and infant-feeding practices.
Schweitzer et al., 2025	Austria & EU	MOOC participants + university students	Educational intervention; “Microbiome & Health” online course	Knowledge scores increased significantly after the course; demonstrates success of digital microbiome-literacy training.
Yasmin et al., 2025	India	Health-science undergraduates (n=400)	KAP (Knowledge–Attitude–Practice); gut microbiota	Students knew theory but had difficulty applying concepts in diet/lifestyle; highlights the theory–practice gap.
Almutairy & Al-Sowayan, 2025 (SDG 3)	Saudi Arabia	General population	Cross-sectional; microbiota literacy & Sustainable Development Goal 3	Higher microbiota knowledge correlated with healthier diet, exercise, and responsible antibiotic use; recommends embedding microbiota literacy in public-health policy.

(Table 6 continued)

CHAPTER 6: CONCLUSION AND FUTURE PERSPECTIVES

Overall, the literature demonstrates that microbiota awareness has become a crucial public health component, yet knowledge remains superficial among a large portion of society. There is strong evidence that structured training, both face-to-face and digital, is effective and improves health behaviors across different age, gender, and occupational groups. Therefore, integrating microbiota literacy into national health programs is considered a significant step toward strengthening public health in the future.

In conclusion, the concept of microbiota literacy is a multifaceted tool that strengthens the health awareness of contemporary societies. Individuals' access to accurate, up-to-date, and reliable information about the microbiota, their internalization of this information, and its integration into their lifestyles are crucial for the sustainability of public health. Therefore, improving microbiota literacy should be central to both health education and public health strategies in the coming years.

REFERENCES

- Aasmets, O., Krigul, K. L., Lüll, K., Metspalu, A., & Org, E. (2022). Gut metagenome associations with extensive digital health data in a volunteer-based Estonian microbiome cohort. *Nature Communications*, 13(1), 869.
- Abu-Humaidan, A. H. A., Alrawabdeh, J. A., Theeb, L. S., Hamadneh, Y. I., & Omari, M. B. (2021). Evaluating knowledge of human microbiota among university students in Jordan: An online cross-sectional survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13324.
- Almutairy, A. M., & Al-Sowayan, N. S. (2025). Public knowledge of human microbiota and its impact on health behaviors: Insights supporting SDG 3 (Good Health and Well-being). *The Open Public Health Journal*, 18, e18749445417794.
- Amin, N., Liu, J., Bonnechere, B., MahmoudianDehkordi, S., Arnold, M., Batra, R., ... & Van Duijn, C. M. (2023). Interplay of metabolome and gut microbiome in individuals with major depressive disorder vs control individuals. *JAMA psychiatry*, 80(6), 597-609.
- Anahtar, M. N., Gootenberg, D. B., & Kwon, D. S. (2018). The role of the vaginal microbiome in women's health. *Nature Reviews Microbiology*, 16(4), 219–231.
- Atay, R., & Hacıoğlu, O. (2023). Determination of microbiota awareness levels in women planning pregnancy. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 70, e20231401.
- Bailey, M. T., & Cryan, J. F. (2021). The microbiota–gut–brain axis: Relevance for training health professionals. *Trends in Molecular Medicine*, 27(9), 856–868.
- Beghini, F., Pasolli, E., Truong, T. D., Putignani, L., Cacciò, S. M., & Segata, N. (2019). Tobacco smoking habit modifies the oral microbiome in healthy adults. *Microbiome*, 7(1), 1–14.
- Belkaid, Y., & Harrison, O. J. (2017). Homeostatic immunity and the microbiota. *Cell*, 163(1), 121–133.
- Brown, J. M., & Hazen, S. L. (2018). The gut microbial endocrine organ: Metabolism of dietary phosphatidylcholine and cardiovascular risk. *Nature Reviews Cardiology*, 15(12), 779–794.
- Chen, C., Song, X., Wei, W., Zhong, H., Dai, J., Lan, Z., & Chen, Y. (2017). The microbiota continuum along the female reproductive tract and its relation to uterine-related diseases. *Nature Communications*, 8, 875.
- Clark, A., Mach, N. (2017). Exercise-induced stress behavior, gut–microbiota–brain axis and diet: A systematic review for athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 1–16.

- Consales, A., Toscano, L., Ceriotti, C., Tiraferri, V., Castaldi, S., & Gianni, M. L. (2024). From womb to world: Mapping gut microbiota-related health literacy among Italian mothers, a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 24, 1012.
- Cryan, J. F., O'Riordan, K. J., Cowan, C. S., Sandhu, K. V., Bastiaanssen, T. F., Boehme, M., ... & Dinan, T. G. (2019). The microbiota–gut–brain axis. *Physiological Reviews*, 99(4), 1877–2013.
- Davarci, İ., & Davarci, P. Z. (2025). Microbiota awareness levels of medical students: The case of Trakya University. *BMC Medical Education*, 25, 44.
- David, L. A., Maurice, C. F., Carmody, R. N., Gootenberg, D. B., Button, J. E., Wolfe, B. E., ... & Turnbaugh, P. J. (2014). Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*, 505(7484), 559–563.
- De Filippis, F., Pellegrini, N., Vannini, L., Jeffery, I. B., La Storia, A., Laghi, L., ... & Ercolini, D. (2016). High-level adherence to a Mediterranean diet beneficially impacts the gut microbiota and associated metabolome. *Gut*, 65(11), 1812–1821.
- Fan, Y., & Pedersen, O. (2021). Gut microbiota in human metabolic health and disease. *Nature Reviews Microbiology*, 19(1), 55–71.
- Fleming, A., Lam, R., & Foster, J. A. (2020). The gut-brain axis and public understanding: Misconceptions and knowledge gaps. *Frontiers in Psychiatry*, 11, 32.
- Franasiak, J. M., Scott, R. T., & Lewis, V. (2016). Microbiome in reproductive medicine: Vaginal microbiome and infertility. *Fertility and Sterility*, 105(1), 96–103.
- Gurung, M., Li, Z., & You, H. (2020). Role of gut microbiota in type 2 diabetes pathophysiology. *Nature Reviews Endocrinology*, 16(4), 227–244.
- Hacıoğlu, O., & Ozoral, Z. (2024). What can your microbiota tell you about your health? Evaluation of microbiota awareness levels among university students. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 70(11), e20240862.
- Hamurcu, P., & İsmailoğlu, Ö. (2022). *Mikrobiyota farkındalığı: Beslenme ve Diyetetik Öğrencileri Üzerine Bir Araştırma*. *Journal of Immunology and Clinical Microbiology*, 7(1), 5–18.
- Hernández-Reyes, A., de la Cruz, M., Medina-Vera, I. (2023). Gut microbiota profile and its association with obesity in adults: A microbiome-metabolic study. *Nutrients*, 15(4), 912.
- Houser, M. C., Fitzgerald, P. J., & Campbell, P. D. (2021). The gut microbiome in Parkinson's disease. *Nature Reviews Neurology*, 17(10), 600–615.

- Hsiao, E. Y., McBride, S. W., Hsien, S., Sharon, G., Hyde, E. R., McCue, T., ... & Mazmanian, S. K. (2013). Microbiota modulate behavioral and physiological abnormalities associated with neurodevelopmental disorders. *Cell*, 155(7), 1451–1463.
- Huang, B., Chau, S. W., Liu, Y., Chan, J. W., Wang, J., Ma, S. L., ... & Wing, Y. K. (2023). Gut microbiome dysbiosis across early Parkinson's disease, REM sleep behavior disorder and their first-degree relatives. *Nature communications*, 14(1), 2501.
- Jung, J. H., Kim, G., Byun, M. S., Yi, D., Park, H. (2022). Gut microbiome alterations in preclinical Alzheimer's disease. *PLOS ONE*, 17(11), e0278276.
- Kelly, J. R., Borre, Y., O'Brien, C., Patterson, E., El Aidy, S., Deane, J., ... & Cryan, J. F. (2016). Transferring the blues: Depression-associated gut microbiota induces neurobehavioural changes in rats. *Journal of Psychiatric Research*, 82, 109–118.
- Kenger, E. B., Özlü Karahan, T., Bayram, H. M., & Öztürkcan, A. (2025). Microbiota awareness of Turkish adults is associated with plant-based dietary patterns. *Nutrition & Food Science*. Advance online publication.
- Kocyigit, E., Özturan Şirin, A., & Özkan, N. (2025). Associations between microbiota awareness, healthy eating attitude, and sociodemographic factors in university students. *Food Science & Nutrition*, 13(5), e70280.
- Krautkramer, K. A., Fan, J., & Bäckhed, F. (2021). Diet, the gut microbiome and the metabolic health. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18(12), 732–744.
- Külcü, A., & Önal, Ö. (2022). Microbiota awareness scale validity and reliability study. *Medical Journal of Süleyman Demirel University*, 29(2), 205–212.
- Mika, A., & Fleshner, M. (2016). Early-life exercise may promote lasting changes in the gut microbiota. *Neuroscience*, 348, 300–313.
- Moiseenko, F., Koryukov, M., Boyarskikh, U., Gabina, A.. (2025). Interconnection of gut microbiome and efficacy of immune checkpoint inhibitors in inoperable non-small-cell lung cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(16), 7758.
- Müller, V. M., Zietek, T., Rohm, F., Fiamoncini, J., Lagkourdos, I., Haller, D., & Clavel, T. (2020). Gut microbiota and physical exercise: Effects on composition and function. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 319(6), G817–G828.
- Nishida, A., Inoue, R., Nomoto, K., & Kubo, T. (2023). Gut microbiota in inflammatory bowel disease: A review of recent clinical insights. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 20, 503–518.

- Olmo, R. (2023). *Food systems microbiome-related educational needs*. *Environmental Microbiology Reports*, 15(4), 12–22.
- Prodan-Barbulescu, C., Bratosin, F., Folescu, R., & Boeriu, E. (2024). Analysis of vaginal microbiota variations in the third trimester of pregnancy and their correlation with preterm birth: A case-control study. *Microorganisms*, 12(2), 417.
- Ravel, J., & Brotman, R. (2016). Translating the vaginal microbiome into new treatments for recurrent bacterial vaginosis and reproductive outcomes. *Genome Medicine*, 8(1), 24.
- Schweitzer, M., Wassermann, B., Abdelfattah, A., Cernava, T., & Berg, G. (2025). Microbiome literacy: Enhancing public and academic understanding through the ‘Microbiome & Health’ online course. *Microbial Biotechnology*, 18(2), 1–6.
- Selen, H., Tezegül, H., Çifçi, E. E., Kenç, M., & Çelik, B. (2025). Evaluation of Microbiota Awareness Among the Healthcare Professionals in Kars Harakani State Hospital. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 16(1), 50-56.
- Sharpton, S., Ajmera, V., & Loomba, R. (2022). Emerging role of the gut microbiome in nonalcoholic fatty liver disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 19(5), 259–276.
- Singh, R. K., Chang, H. W., Yan, D., Lee, K. M., Ucmak, D., Wong, C., ... & Liao, W. (2017). Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health. *Journal of Translational Medicine*, 15(1), 73.
- Sira, H. R. S., & Hacıoglu, O. (2025). The development and evaluation of a microbiota education programme intended for women. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 71(7), e20242017.
- Sorbara, M. T., & Pamer, E. G. (2019). Microbiome-based therapeutics and disease prevention. *Nature Reviews Immunology*, 19(12), 773–789.
- Sun, F., Tang, Y., Ding, L., Hu, W. (2023). Gut microbiota dysbiosis in rheumatoid arthritis and its association with systemic inflammation: A clinical microbiome-metabolome analysis. *Frontiers in Immunology*, 14, 1123456.
- Torres-Fuentes, C., Schellekens, H., Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2017). The microbiota–gut–brain axis in obesity. *Nature Reviews Endocrinology*, 13(9), 577–589.
- Ülker, G., Aydın, M., Yıldız, M., Gökçay, G., Elkoca, A., Yıldırım, M. S., Tanimowo, A., & Yılmaz, D. A. (2024). Relationship between microbiota awareness, nutrition literacy and health literacy among adolescents. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 70(11), e20240862.

- Wong, S. H., & Yu, J. (2019). Gut microbiota and colorectal cancer: Mechanistic insights and clinical implications. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 16(11), 690–704.
- Yasmin, M., Munuswamy, S., Murugesan, R., & Deshpande, S. A. (2025). Knowledge, attitude, and practices towards gut microbiota among undergraduate students of health sciences in a tertiary care center, Tamil Nadu. *Cureus*, 17(10), e95607.
- Yavuz, E. (2025). Relationship between microbiota awareness, probiotic food consumption frequency and orthorexia nervosa in health professional candidates. *BAU Health and Innovation Journal*, 3(2).
- Yeoh, Y. K., Zuo, T., Lui, G. C. Y., Zhang, F., Liu, Q., Li, A. Y., ... & Ng, S. C. (2021). Gut microbiota composition reflects disease severity and dysfunctional immune responses in patients with COVID-19. *Gut*, 70(4), 698-706.
- Young, R. B., Marcelino, V. R., Chonwerawong, M., Gulliver, E. L., & Forster, S. C. (2021). Key technologies for progressing discovery of microbiome-based medicines. *Frontiers in microbiology*, 12, 685935.
- Yu, Y., Ding, Y., Wang, S., & Jiang, L. (2025). Gut microbiota dysbiosis and its impact on type 2 diabetes: From pathogenesis to therapeutic strategies. *Metabolites*, 15(6), 397.
- Zhang, Q., Shen, Q., & Lin, Z. (2020). Altered seminal microbiome in male infertility. *Frontiers in Immunology*, 11, 400.