Turk Mikrobiyol Cemiy Derg 2026;56(1):1-10
doi:10.54453/TMCD.2026.97659

Derleme / *Review*

HIV Enfeksiyonlarının Değişen Epidemiyolojisi ve Küresel Eliminasyon Hedefleri

Evolving Epidemiology of HIV Infections and Global Elimination Goals

Selma Gökahmetoğlu*, Ömür Mustafa Parkan*

* Erciyes Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

Atıf/Cite as: Gökahmetoğlu S, Parkan ÖM. HIV enfeksiyonlarının değişen epidemiyolojisi ve küresel eliminasyon hedefleri. Turk Mikrobiyol Cemiy Derg. 2026;56(1):1-10.

ÖZ

HIV, milyonlarca can kaybına yol açan önemli bir küresel halk sağlığı sorunudur. HIV'in başlıca bulaşma yolları; cinsel yol, parenteral ve perinatal bulaştır. Bu çalışmada son zamanlarda HIV enfeksiyonlarının değişen epidemiyolojisinden ve eliminasyon hedeflerinden bahsedilmesi amaçlanmıştır.

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, HIV bulaşında intravenöz yolla bulaşma ve enjektör paylaşımında azalma olduğu ve erkeklerle cinsel ilişkiye giren erkek (MSM)'lerde ve seks işçilerinde artış olduğu görülmektedir. Ülkemizde yapılan çalışmalarda Türkiye'de HIV yayılımının olduğu kilit populasyonun MSM'ler olduğu belirtilmektedir.

Son yıllarda HIV ile yeni enfekte olan kişi sayısı Doğu Avrupa ve Orta Asya, Orta Doğu, Kuzey Afrika ve Latin Amerika'da artmıştır ve Asya ve Pasifik, Batı ve Orta Avrupa ve Kuzey Amerika, Karayipler, Batı ve Orta Afrika ve Doğu ve Güney Afrika'da azalmıştır. İlk kez Sahraaltı Afrika dışındaki yeni HIV enfeksiyonlarının sayısı, Sahraaltı Afrika'daki yeni HIV enfeksiyonlarının sayısını geçmiştir. 'Joint United Nations Program on HIV/AIDS' (UNAIDS) tarafından 2020 yılında belirlenen 95-95-95 hedeflerinin 2023 yılı verileri incelendiğinde global olarak sırasıyla 86/77/72 olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak son yıllarda HIV bulaşının MSM'lerde ve seks işçilerinde fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca global olarak, 2025 HIV önleme hedefi henüz ulaşılabilir görünmemektedir. Sahraaltı Afrika'da HIV'i önlemeye yönelik çalışmalar umut verici şekilde ilerlerken, bu ilerlemenin diğer bölgelerde de sağlanması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: *HIV, epidemiyoloji, eliminasyon*

ABSTRACT

HIV is a major global public health issue that has caused millions of deaths worldwide. The main routes of HIV transmission are sexual, parenteral, and perinatal. This study aims to discuss the changing epidemiology of HIV/AIDS in recent years and the elimination targets.

Recent studies have shown a decline in transmission through intravenous drug use and needle sharing, while transmission among sex workers and men who have sex with men (MSM) has been increasing. Research conducted in Türkiye indicates that MSM represent the key population in which HIV is spreading.

In recent years, the number of new HIV infections has increased in Eastern Europe and Central Asia, the Middle East, North Africa, and Latin America, while it has decreased in Asia and the Pacific, Western and Central Europe, North America, the Caribbean, Western and Central Africa, and Eastern and Southern Africa. For the first time, the number of new HIV infections outside sub-Saharan Africa has outnumbered those within sub-Saharan Africa. According to Joint United Nations Program on HIV/AIDS (UNAIDS) data, the 95-95-95 targets set for 2020 were at a global level of 86/77/72 in 2023.

In conclusion, HIV transmission has recently been more common among sex workers and MSM. Moreover, the global 2025 HIV prevention target still does not appear to be within reach. While efforts to prevent HIV in sub-Saharan Africa are progressing promisingly, similar progress needs to be achieved in other regions as well.

Keywords: *HIV, epidemiology, elimination*

Alındığı tarih / Received:
21.10.2025 / 21.October.2025
Kabul tarihi / Accepted:
12.03.2026 / 12.March.2026
Yayın tarihi / Publication date:
26.03.2026 / 26.March.2026

ORCID Kayıtları

S. Gökahmetoğlu 0000-0002-7747-6045
Ö. M. Parkan 0000-0002-1071-4985

✉ selmag@erciyes.edu.tr

© 2026 Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti. Bu, Creative Commons Atıf-Gayri Ticari 4.0 Uluslararası Lisansı altında dağıtılan açık erişimli bir makaledir.
© 2026 Turkish Society of Microbiology. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

GİRİŞ

HIV, bugüne kadar tahmini 42,3 milyon can kaybına yol açan önemli bir küresel halk sağlığı sorunudur. HIV bulaşı küresel olarak tüm ülkelerde devam etmektedir ve 2023 yılı sonunda tahmini olarak 39,9 milyon insan HIV ile yaşamaktadır ve bunların %65'i Afrika'dadır[1].

HIV enfeksiyonunun tedavisi yoktur. Ancak fırsatçı enfeksiyonlar da dahil olmak üzere etkili önleme, teşhis, tedavi ve bakıma erişimle birlikte HIV enfeksiyonu yönetilebilir bir kronik sağlık durumu haline geldi ve HIV ile yaşayan insanların uzun ve sağlıklı yaşamlar sürmesi sağlandı[2].

HIV; kan, anne sütü, meni ve vajinal salgılar dahil olmak üzere HIV ile yaşayan kişilerin vücut sıvılarıyla bulaşabilir. HIV, hamilelik ve doğum sırasında da çocuğa bulaşabilir. Antiretroviral tedavi (ART) alan ve tespit edilemeyen bir viral yüke sahip HIV ile yaşayan kişiler, cinsel partnerlerine HIV bulaştırmazlar[3]. Bu nedenle ART'ye erken erişim ve tedaviye devam etmek için destek, yalnızca HIV ile yaşayan kişilerin sağlığını iyileştirmek için değil, aynı zamanda HIV bulaşmasını önlemek için de kritik öneme sahiptir.

Dünyanın pek çok ülkesinde HIV/AIDS açısından görülme sıklığı değişmekle birlikte, riskli cinsel davranış öyküsü olanlar, sık kan ve kan ürünleri alanlar, intravenöz madde/ilaç kullananlar, mahkumlar, göçmenler, evsizler ve sağlık çalışanları yüksek riskli grupları oluşturmaktadır[2,4].

'Joint United Nations Program on HIV/AIDS' (UNAIDS) tarafından 2014 yılında HIV'in önlenmesi için 90-90-90 hedefi belirlenmiş olup; bu hedefte HIV ile enfekte olanların %90'ına tanı konması, tanı alanların %90'ına tedavi başlanması ve tedavi başlananların %90'ında virüsün tam olarak baskılanması amaçlanmıştı[5]. UNAIDS verileri incelendiğinde 2020 yılında 90-90-90 hedefinin sırasıyla 81-68- 61 olduğu belirtilmiştir[6]. Bu durumda 2020 yılında 90-90-90 hedefine ulaşılamadığı görülmektedir. 2020 yılında hedeflere ulaşılamadığı görülünce 90-90-90 hedefi yerine, UNAIDS tarafından hedefler Aralık 2020 tarihinde 95-95-95-95 şeklinde güncellenmiştir[7].

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda erkeklerle seks yapan erkekler (MSM) ve seks işçilerinde artış olduğu; ancak intravenöz ilaç yoluyla bulaşma, alkolizm ve enjektör paylaşımında azalma olduğu tespit edilmiştir[8]. Son yıllarda COVID-19 pandemisi sonrasında özellikle Doğu Avrupa, Orta Asya, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da yeni vaka sayısında ciddi artış olduğu bildirilmektedir. Bu derlemede HIV/AIDS'in değişen epidemiyolojisinden ve eliminasyon hedeflerinden bahsedilmektedir.

Virüsün özellikleri

HIV yapısı

HIV, *Retroviriadea* ailesinin *Lentivirinae* alt ailesinde yer almaktadır. HIV 110 nm çapında olup, koni şekilli nükleokapsidi lipitten oluşan iki tabakalı zarfla çevrilidir. HIV genomu birbirinin aynı olan iki adet pozitif polariteli RNA molekülünden oluşur. Zarf üzerinde 72 adet çıkıntı yer alır. Bu uzantılar gp120 ve gp41 adı verilen iki glikoproteinden oluşur. Gp41 iki tabakalı lipid içinde yer alan transmembran glikoproteindir. Gp120 ise gp41'e bağlıdır ve virüsün yüzeyinde yer alır[9]. HIV-1 ve HIV-2 her ikisi de AIDS'e neden olur. HIV-2 esas olarak Batı Afrika'da, HIV-1 tüm dünyada yaygın olarak bulunmaktadır[9].

Tanı

HIV enfeksiyonunun tarama ve tanısında; iki aşamalı yaklaşım ile öncelikle bir tarama testinin yapılması ve reaktif bulunan örneklerin doğrulama testine alınması önerilmektedir. Tarama testleri antikor/antijen reaktif örneklerin değerlendirilmesini, doğrulama testleri ise tarama testleri ile reaktif bulunan serumların kesin olarak HIV antikoru taşıyıp taşımadığının tespitini sağlamaktadır. Bu nedenle tarama testleri ile alınan pozitif sonuçların 'reaktif', doğrulama testi ile alınan pozitif sonuçların ise 'pozitif' olarak tanımlanması önerilmektedir. HIV enfeksiyonunun varlığı, ancak doğrulama testi sonucunun pozitif olması halinde kanıtlanmış olur. Serolojik testler,

HIV enfeksiyonunun tanısında en sık kullanılan testlerdir ve kullanım amacına göre birinci aşama (tarama) ve ikinci aşama (destekleyici/doğrulama testleri) olarak sınıflandırılmaktadır. Tarama testlerinin duyarlılığının, doğrulama testlerinin ise özgüllüğünün yüksek olması beklenmektedir. ELISA testleri tarama amacıyla, Western Blot, Line-immunoassay, indirekt immunfloresan antikor testi, HIV-1/2 antikor ayırt edici hızlı doğrulama testleri gibi antikor saptayan testler ise doğrulama amacıyla kullanılmaktadır[10]. Moleküler yöntemler; maternal antikorlar nedeniyle tanıda antikor testlerinin kullanılamadığı 18 aydan küçük bebeklerde HIV enfeksiyonunun tanısında, antikor yanıtının yetersiz olduğu akut HIV enfeksiyonunun tanısında ve tanımlanmış HIV enfeksiyonunda ise prognoz ve tedavinin takibinde kullanılırlar. HIV tanısında hasta yaş grubuna göre değişmek üzere farklı algoritmalar uygulanmaktadır[10].

HIV bulaş yolları

HIV'in başlıca bulaş yolları; cinsel yolla bulaş (heteroseksüel ve homoseksüel temas), parenteral bulaş, perinatal bulaştır.

HIV enfeksiyonunun en önemli bulaş yolu cinsel temastır. HIV, her türlü cinsel temasla (homoseksüel, heteroseksüel, vajinal, anal, oral) bulaşmaktadır. HIV'in cinsel temasla bulaşma risk oranı kesin olarak tanımlanmamıştır. Heteroseksüel temasla erkekten kadına HIV bulaşma riskinin kadından erkeğe bulaşma riskine göre bir çalışmada 1.9 kat, başka bir çalışmada ise 2.3 kat fazla olduğu bildirilmiştir[11,12]. Sifiliz ve gonore gibi diğer cinsel yolla geçen hastalıkların varlığı HIV bulaş riskini on kat daha fazla arttırır[9].

HIV bulaşma şekli ile biyolojisi, gelişmekte olan ve endüstrileşmiş ülkelerde aynı olmasına karşın, davranışsal faktörlerin ve sosyoekonomik şartların farklarından dolayı HIV'in epidemiyolojisinde çarpıcı farklılıklar vardır[9].

Kanda virüsün yoğun miktarda bulunması nedeniyle, enfekte kişilerden alınmış kan ve kan ürünleri ile HIV bulaşabilmektedir. HIV antikor testlerinin 1985 yılında bulunması ile birlikte dünyada kan ve kan ürünlerinin hastaya verilmeden önce test edilmesi zorunlu hale gelmiştir. Ülkemizde 1987 yılından beri kan ve kan ürünleri ELISA yöntemi ile HIV antikoru varlığı araştırıldıktan sonra hastaya verilmektedir. Bundan dolayı ülkemizde bu tarihten itibaren HIV'in kan ve kan ürünleriyle bulaşı azalmıştır[13].

HIV gebelik süresince, doğum sırasında ve postpartum dönemde emzirmekle anneden bebeğe geçebilir. Tüm dünyada HIV ile enfekte çocukların %90'ında anneden bebeğe bulaş görülmektedir. Gebelik sırasında ART almayan hastalarda yenidoğana HIV bulaşma riski %15-45'dir. Emzirme, bulaşma riskini %5-20 artırmaktadır. Perinatal HIV enfeksiyonu; HIV tanı testlerinin daha sık kullanılması, antiretroviral proflaksi, planlanmış sezaryen ve emzirmenin engellenmesi ile son yıllarda önemli ölçüde azalmış olup, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde %1'in altına düşmüştür[10]. Perinatal HIV bulaşının önlenmesinde gebelik sırasında virolojik baskılama için ART'nin kullanımı çok önemlidir. HIV'in bulaşma olasılığı annedeki viral yük ile doğrudan ilişkilidir. Eğer viral yük tespit edilemeyecek kadar düşükse bulaş olasılığı çok düşüktür. 'Belirlenemeyen eşittir bulaştırmaz' kategorisindeki anneler için emzirme yoluyla bulaşma riski %1'den azdır ancak sıfır değildir[14].

HIV bulaşı açısından en yüksek risk grubunu oluşturan kilit popülasyon içinde MSM, intravenöz ilaç bağımlıları, seks işçileri, transseksüeller ve hapishanede kalanlar bulunmaktadır[4]. Küresel olarak HIV prevalansı sırasıyla MSM'ler arasında %7.6, seks işçilerinde %2.7, intravenöz ilaç kullananlarda %7.1, transseksüellerde %8.5 ve hapishanede kalanlarda ise %1.4'tür[15].

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verileri incelendiğinde 2010 yılında dünyada yeni HIV enfeksiyonlarının %44'ü kilit popülasyonda görülürken, 2022 yılında ise yeni HIV enfeksiyonlarının %55'i kilit popülasyonda görülmüştür[16]. Sahraaltı Afrika'da 2010 yılında yeni HIV enfeksiyonlarının %29'unu, 2022 yılında %25'ini; Sahraaltı Afrika dışında 2010 yılında %72'sini; 2022 yılında %80'ini kilit popülasyon oluşturmaktadır[16]. Doğu Avrupa ve Orta Asya'da 2023 yılında yeni

HIV enfeksiyonu olanlar arasında intravenöz ilaç kullananlar azalırken, MSM oranı artmıştır[2].

Son yıllarda Afrika'da üreme çağındaki kadınlar arasında HIV prevalansı ve belirleyicileri ile ilgili olarak yapılan çalışmada, Afrika'da kadınlarda HIV prevalansının halen yüksek seyretmekte olduğu ve bu oranın Güney Afrika ülkelerinde orantısız biçimde daha fazla olduğu bulunmuştur. Aynı çalışmada, annenin eğitim ve refah düzeyinin yüksek olması, anne yaşının ileri olması, işsizlik, Sahraaltı Afrika bölgesinde ikamet, birden fazla cinsel partner öyküsü-evlilik veya birliktelik durumu ve kentsel bölgede yaşamanın, HIV enfeksiyonu için belirleyici faktörler olduğu saptanmıştır[17]. Bu nedenle, sağlık profesyonelleri ve diğer ilgili paydaşların, söz konusu kilit nüfus gruplarında HIV bulaşını önlemeye yönelik olarak kadınların güçlendirilmesi, sağlık hizmetlerinin kapsamının genişletilmesi ve kanıta dayalı halk sağlığı müdahale stratejilerinin uygulanması yönünde çalışmaları yürütmeleri gerekmektedir. Genel olarak, Afrika kıtasındaki kadınların karşı karşıya olduğu HIV yükünü anlamlı ölçüde azaltabilmek için, eğitim ve ekonomik fırsatların artırılması, sağlıklı ilişkilerin teşviki ve HIV önleme ile tedavi hizmetlerine erişimin iyileştirilmesini kapsayan çok yönlü bir yaklaşım gereklidir.

Kabapy ve ark.[8], tarafından yapılan sistematik derlemede, 1982–1999 ve 2000–2018 yılları arasında HIV için risk faktörleri incelenmiş olup, bu iki dönem karşılaştırıldığında, HIV riskinin seks işçilerinde ve MSM'lerde arttığı; intravenöz ilaç kullanımı, alkolizm ve enjektör paylaşımında ise azaldığı görülmüştür.

Türkiye'de HIV epidemiyolojisine ilişkin yapılan çalışmalarla ilgili derlemede, HIV'in en yaygın bulaş yolunun heteroseksüel temas olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, zaman içerisinde MSM'ler arasında bildirilen olgu sayısında artış gözlemlendiği belirtilmektedir[18].

Ülkemizde 2011–2016 yılları arasında yapılan çok merkezli çalışmada, 2953 yeni HIV tanısı alan vaka değerlendirilmiş olup; en yüksek prevalans 25–34 yaş grubunda görülmüştür. Aynı çalışmada en sık bulaş yolunun heteroseksüel ilişki (%53) olduğu ve MSM'lerin oranının %16'dan %30.6'ya yükselmiş olduğu bulunmuştur[19].

İstanbul ilindeki HIV pozitif hastaların epidemiyolojik özelliklerinin incelendiği 2014 yılında yapılan çalışmada, hastaların %84.4'ü erkek olup; bulaş yollarına bakıldığında %52.7'sinde heteroseksüel temas, %30.9'unda homoseksüel temas saptanmıştır[20].

İstanbul'da 2002–2009 ve 2010–2017 tarihlerinde yeni HIV tanısı almış kişilerin epidemiyolojik profillerinin araştırıldığı çalışmada, cinsel temasın en sık bulaş yolu olduğu, yeni tanı sayısında artış olduğu, zaman içinde heteroseksüel kişilerin azaldığı ve MSM'lerde artış olduğu ve gönüllü test yaptırma olasılığının da artmış olduğu bulunmuştur[21].

Sağlık Bakanlığı'nın 1985 yılından 2024 yılı sonuna kadar elde edilen verileri incelendiğinde, HIV vakalarının %81.7'sinin erkek olduğu; bulaş yollarının %58.9'u bilinmeyen, %26.8'i heteroseksüel cinsel ilişki, %11.9'u homoseksüel/biseksüel cinsel ilişki; %0.5'i damar içi madde; %0.2'si enfekte kan transfüzyonu; %0.5'i anneden bebeğe geçiş yolu ile olduğu görülmektedir[22]. Sağlık Bakanlığı'nın 2024 yılı verileri incelendiğinde bulaş yollarının %68.4'ü bilinmiyor, %23.7'si heteroseksüel cinsel ilişki, %6.8'i homoseksüel/biseksüel cinsel ilişki; %0.2'si damar içi madde kullanımı; %0.2'si anneden bebeğe geçiş yolu ile olduğu ve enfekte kan transfüzyonu ile bulaş olmadığı tespit edilmiştir[22]. Ülkemizde 1987 yılından beri kan ve kan ürünleri ELISA yöntemi ile HIV antikoru varlığı araştırıldıktan sonra hastaya verilmektedir. Bundan dolayı ülkemizde bu tarihten itibaren HIV'in kan ve kan ürünleriyle bulaşının çok azalması, hatta son yıllarda bulaşın görülmemesi taramanın önemini göstermektedir. Ülkemizde HIV vakalarının çoğunluğunun erkek olması homoseksüel/biseksüel ilişki oranının bildiğimizden daha fazla olabileceğini ve sosyal bazı kaygılardan dolayı hastaların cinsel ilişki öyküsünü doğru aktarmadığını düşündürmektedir. Son yıllarda yapılan bir çalışmada, Türkiye'de HIV yayılımın olduğu kilit popülasyonun MSM'ler olduğu belirtilmiştir[23].

Dünyada HIV epidemiyolojisi ve eliminasyon hedefleri

HIV enfeksiyonunun başından beri 88.4 milyon kişi HIV ile enfekte olmuş, 42.3 milyonu HIV nedeniyle kaybedilmiştir. Dünyada 2023 yılı sonunda tahmini olarak 39.9 milyon HIV ile yaşayan insan bulunmaktadır. HIV ile yaşayanların 1.4 milyonu çocuk, diğerleri ise erişkindir. HIV ile yeni enfekte olan kişi sayısı 1.3 milyondur, bunun 1.2 milyonu erişkindir. Yılda HIV ile ilişkili ölüm sayısı toplamda 630.000 kişidir; bunun 560.000 kişisi erişkin, 76.000'i ise çocuktur[1]. Erişkinlerde küresel olarak HIV prevalansı %0.7'dir[15].

HIV ile yaşayan insan sayısı 2000 yılında 27.2 milyon (24.6–30.4 milyon) iken 2023 yılında 39.9 milyon (36.1–44.6 milyon) olmuştur. Bu, HIV insidansındaki azalmalara rağmen HIV'in yayılmaya devam ettiğini ve özellikle ölüm oranlarının zirve yaptığı 2004 yılından bu yana, HIV ile ilişkili nedenlerden ölen insan sayısını azaltmaya yardımcı olan ART'ye erişimin önemli ölçüde genişletilmesinin faydalarını yansıtmaktadır. Afrika Bölgesi en ciddi şekilde etkilenmeye devam etmektedir; her 25 yetişkinden yaklaşık biri (%3.4) HIV ile yaşamaktadır ve dünya çapında HIV ile yaşayan insanların üçte ikisini oluşturmaktadır. 2023 yılında bu bölgede HIV ile yaşayan insan sayısı 26.0 milyona (23.6–28.8 milyon) ulaşmıştır[1].

Dünyada HIV ile yaşayan 39.9 milyon kişinin 20.8 milyonu Doğu ve Güney Afrika'da; 5.1 milyonu Batı ve Orta Afrika'da; 6.7 milyonu Asya ve Pasifik'te; 2.3 milyonu Kuzey Amerika ve Batı ve Orta Avrupa'da; 2.1 milyonu Doğu ve Orta Asya'da; 210.000'i Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da bulunmaktadır[1].

Dünyada 2010 yılında, 2.1 milyon kişi HIV ile enfekte olurken 2023 yılında 1.3 milyon (1.0–1.7 milyon) kişi HIV ile enfekte olup, HIV'e yakalanan kişi sayısı %39 oranında azalmıştır. Yeni HIV enfeksiyonu 2023 yılında Asya ve Pasifik'te 300.000; Karayipler'de 15.000; Orta Avrupa ve Orta Asya'da 140.000; Latin Amerika'da 120.000; Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da 23.000; Batı ve Orta Avrupa ve Kuzey Amerika'da 56.000; Batı ve Orta Afrika'da 190.000; toplamda 844.000 kişide görülürken Doğu ve Güney Afrika'da 450.000 kişide görülmüştür. İlk kez, Sahraaltı Afrika dışındaki yeni HIV enfeksiyonlarının sayısı, Sahraaltı Afrika'daki yeni HIV enfeksiyonlarının sayısını geçmiştir[2].

Son yıllarda HIV ile yeni enfekte olan kişi sayısı 2010 ile karşılaştırıldığında Doğu Avrupa ve Orta Asya, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ve Latin Amerika'da artmıştır; ancak Asya ve Pasifik, Batı ve Orta Avrupa ve Kuzey Amerika, Karayipler, Batı ve Orta Afrika ve Doğu ve Güney Afrika'da azalmıştır. Yeni HIV enfeksiyonlarının sayısı, büyük HIV salgınlarının olduğu birçok ülkede, esas olarak kilit popülasyonlardaki insanlara yönelik zayıf HIV programları nedeniyle hızla artmaktadır[2].

Dünyada yeni HIV enfeksiyonlarının çoğu genelde kilit popülasyonlardan ve onların cinsel partnerlerinden kaynaklanmış olup, bunlar 2022 yılında Sahraaltı Afrika dışında yeni HIV enfeksiyonlarının yaklaşık %80'ini, Sahraaltı Afrika'da ise %25'ini oluşturmaktadır[24].

Küresel olarak, yeni enfeksiyon sayısındaki düşüş erkeklerden çok kadınlarda görülmektedir ve bu durum farklı yaş gruplarında da geçerlidir. Sahraaltı Afrika'da bunun tam tersi durum geçerlidir. Ergen kızlar ve genç kadınlar arasındaki HIV insidansı Doğu ve Güney Afrika ile Batı ve Orta Afrika'nın bazı bölgelerinde hala olağanüstü derecede yüksektir ve sırasıyla 120.000 (77.000–160.000) ve 36.000 (21.000–55.000) ergen kız ve genç kadın 2023'te HIV'e yakalanmıştır[2].

Sahraaltı Afrika'daki en az 22 ülkede ergen kızlar ve genç kadınlar arasındaki HIV insidans oranı, ergen erkekler ve genç erkekler arasındaki oranın üç katından fazladır. Ergen kızlar ve genç kadınlar için özel HIV önleme programlarının kapsamı, bu bölgelerde hala yetersizdir. Ayrıca, 50 yaş ve üzerindeki bireyler arasında yeni HIV enfeksiyonlarının azaltılmasına yönelik kaydedilen ilerlemenin sınırlı kalması dikkat çekicidir[2].

Dünya genelinde yeni HIV enfeksiyonlarının en fazla azaldığı yaş grubu, 0–14 yaş arası çocuklar olmuştur. Bu önemli düşüş, büyük ölçüde Doğu ve Güney Afrika'da elde edilen başarıların bir sonucudur. Bu

bölgelerde 2010 ile 2023 yılları arasında HIV ile enfekte olan çocukların yıllık sayısı yaklaşık %73 oranında azalmıştır. Bu gelişme, özellikle gebelere yönelik HIV testlerinin yaygınlaştırılması, ART'ye erişimin artırılması ve doğum öncesi bakım hizmetlerinin güçlendirilmesi sayesinde sağlanmıştır[2].

On sekiz ülkede HIV'in vertikal bulaşı ortadan kalkmıştır (100.000 doğumda çocuklar arasında 50'den az yeni HIV enfeksiyonu). Botsvana ve Namibya'da 100.000 doğumda 750'den az yeni HIV enfeksiyonu görülmektedir. Ancak genel olarak, çocuklar arasındaki yeni HIV enfeksiyonlarının sayısındaki düşüş yavaşlamıştır. Tüm yeni HIV enfeksiyonlarının yaklaşık olarak onda birinde vertikal bulaş görülmektedir. 2023'te yaklaşık 120.000 (83.000–170.000) çocuk HIV'e yakalandı ve bu da HIV ile yaşayan toplam çocuk sayısını tahmini 1,4 milyona (1,1 milyon-1,7 milyon) çıkarmıştır ve bunların %86'sı Sahraaltı Afrika'da bulunmaktadır[2].

HIV ile mücadele süreci, Sahraaltı Afrika içinde ve dışında farklı hızlarda ilerlemektedir. Aynı zamanda, bölgeler ve kilit popülasyonlar arasında da belirgin farklılıklar gözlenmektedir. Bu durum, kilit gruplara yönelik HIV önleme politikalarına ilişkin siyasi kararlılığın tutarsız olmasını ve bu grupların HIV hizmetlerine ve destek mekanizmalarına erişimini kısıtlayan olumsuz yasal ve sosyal ortamların etkisini yansıtmaktadır[2].

Kilit popülasyon, yüksek düzeyde şiddet, damgalanma ve ayrımcılıkla karşılaşmaya devam etmektedir. Bunun nedeni, bu grupları hedef alan cezalandırıcı yasaların varlığı ve uygulanmasıdır. Birçok ülkede temel HIV hizmetleri ya hiç bulunmamakta ya da kilit popülasyon için erişilemez durumdadır. Kilit gruplar arasında yeni HIV enfeksiyonlarının önlenmesine yönelik elde edilen ilerlemenin önemli bir kısmı, sivil toplum kuruluşlarının özellikle de topluluk temelli örgütlerin yürüttüğü çalışmalardan kaynaklanmaktadır; ancak bu çalışmaların büyük bir bölümü hâlâ yeterince tanınmamakta ve yetersiz finansmanla sürdürülmektedir[2].

Küresel olarak, 2023'te 2010'a kıyasla tahmini %51 daha az AIDS ile ilişkili ölüm olmuştur. Sahraaltı Afrika'da, bu başarılar ortalama yaşam beklentisinin 2010'da 56.3 yıldan 2023'te 61.1 yıla çıkmasına yol açmıştır[25]. Bunun başlıca nedeni, Sahraaltı Afrika, Asya ve Pasifik ve Karayipler'de HIV tedavisine erişimin genişletilmesi ve çoğunun ücretsiz olarak ve kamu sağlık sektörü aracılığıyla sağlanmasıdır. Bununla birlikte, 2023 yılında dünya çapında yaklaşık 630.000 (500.000–820.000) kişi AIDS nedeniyle hayatını kaybetmiştir; bunların arasında 0–14 yaş aralığındaki 76.000 (53.000–110.000) çocuk da bulunmaktadır[2].

Dünya, 2025 yılında AIDS ile ilişkili ölüm sayısını UNAIDS tarafından hedeflenen 250.000 sayısının altına düşürebilir; ancak bunu yapmak için özellikle AIDS ile ilişkili ölüm sayılarının arttığı Doğu Avrupa ve Orta Asya'da başta olmak üzere HIV ile yaşayan insanlara teşhis koyma ve tedavi sağlamada daha hızlı artışlar gereklidir. HIV testi, tedavisi ve bakım hizmetlerine erişim 2010'dan bu yana hızla artmıştır ve 2023'te HIV ile yaşayan 30.7 milyon (27.0 milyon–31.9 milyon) kişi ART almıştır[2].

UNAIDS 2020 yılı için zorlu bir hedef belirlemiştir[5]. 90-90-90 olarak bilinen hedefte, HIV ile enfekte olanların %90'ına tanı konması, tanı alanların %90'ına tedavi başlanması ve tedavi başlananların %90'ında virüsün tam olarak baskılanması amaçlanmıştı. Bu hedefe ulaşıldığı takdirde, 2030 yılında yeni enfekte olanların ve AIDS ile ilişkili ölümlerin sayısının 200.000'den az olacağı öngörülmüştü. UNAIDS verileri incelendiğinde, 2019 yılında 90-90-90 hedeflerinin sırasıyla 80/65/57 olduğu; 2020 yılında 81/68/61 olduğu gözlenmektedir[6]. Bu durumda, 2020 yılında 90-90-90 hedefine ulaşılamadığı görülmektedir. UNAIDS, 90-90-90 hedefi yerine hedefleri Aralık 2020 tarihinde 95-95-95-95 şeklinde güncelledi[7]. 95-95-95-95 hedefi HIV ile enfekte olanların %95'ine tanı konması, tanı alanların %95'ine tedavi başlanması ve tedavi başlananların %95'inde virüsün tam olarak baskılanması ve tanı alıp tedaviye başlayan ve viral yükü baskılanmış olan HIV'le yaşayanların %95'inin sahip oldukları hakları damgalama ve ayrımcılık yaşamadan kullanabilmesi olarak belirtilmiştir[7]. Global olarak 2023 yılı verileri değerlendirildiğinde 95-95-95 hedefinin sırasıyla 86/77 ve 72 olduğu gözlenmektedir[2]. Botsvana, Esvatini, Ruanda, Birleşik Tanzanya Cumhuriyeti, Zimbabve ve İsveç'te

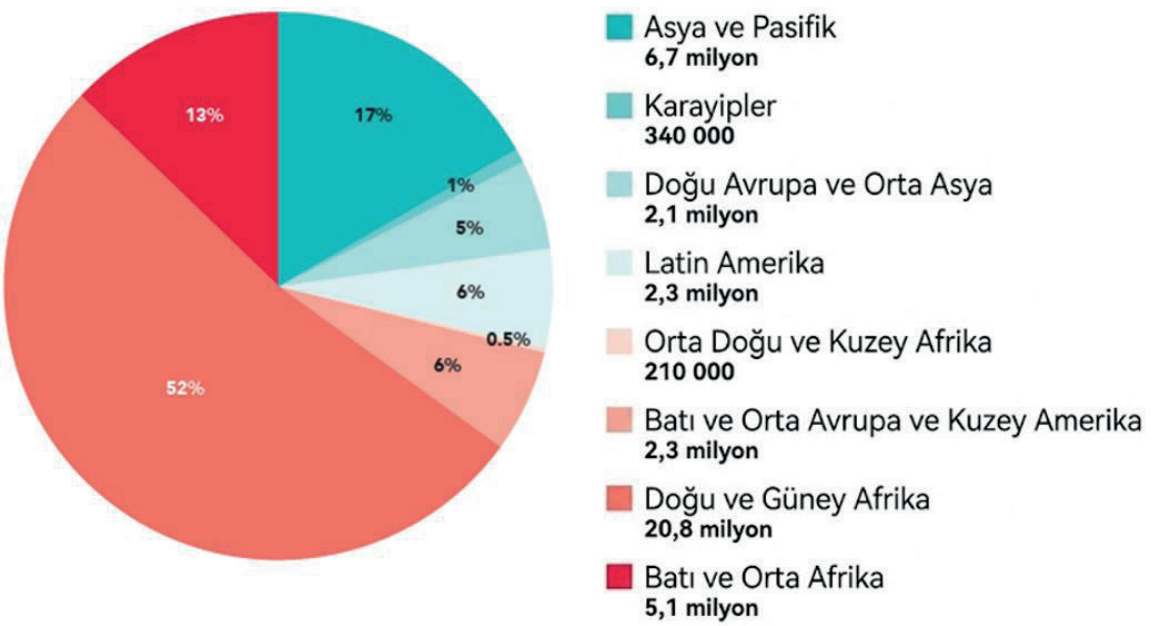
95-95-95 hedefine ulaşılmıştır. Doğu ve Güney Afrika'da hedeflerin sırasıyla 93/84/79, Batı ve Orta Afrika'da 80/74/68 iken Akdeniz bölgesinde 38/28 ve 24 olduğu belirtilmiştir[2]. Afrika'daki hedeflerle kıyaslandığında Akdeniz bölgesindeki düşük oranlar dikkati çekmektedir.

İstanbul'da HIV ile yaşayan kişilerin sağlık hizmetlerinin UNAIDS 90-90-90 hedeflerine ne kadar yaklaştığını modelleme yöntemi uygulanarak araştıran bir çalışmada, 2016 ve 2017 yıllarında sırasıyla %72 ve %74 HIV hastasının tanı alacağı; hastaların %92'sinin ART tedavisi alacağı; hastaların %70.2'sinin viral yüklerinin baskılanacağı bulunmuştur[26]. Ülkemizde HIV tanısında ilerleme sağlanabilmesi için özellikle kilit popülasyonu hedefleyen HIV tarama stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir[27].

Türkiye'de 1 Ocak 2011–31 Mayıs 2019 tarihleri arasında otuzdan fazla şehri kapsayan 8566 HIV pozitif vakanın değerlendirildiği modelleme çalışmasında, düşük senaryo (2024 yılında hastaların %50'sine tanı konulması) gerçekleşirse 1,632,176 yeni HIV enfeksiyonu; yüksek senaryo (2024 yılında hastaların %90'ına tanı konulması) gerçekleşirse 78401 yeni HIV enfeksiyonu gelişeceği bulunmuştur[28]. Bu çalışma ülkemizde HIV insidansı ve yaygınlığının 20 yıl içinde önemli ölçüde artacağını, önlem, test ve teşhis stratejileri iyileştirildiğinde ise yeni HIV enfeksiyon sayısının önemli ölçüde azalacağını göstermektedir[28].

Global olarak çocuklarda 95-95-95 hedefinin sırasıyla 66/57/48; kadınlarda 91/83/78; erkeklerde ise 83/72/67 olduğu gözlenmektedir[2]. Genel olarak tedavi kapsamı erkeklerde ve Sahraaltı Afrika'daki kilit popülasyonlardan gelen kişiler arasında daha zayıf olmuştur. Veriler incelendiğinde 2023 yılında AIDS nedeniyle ölen her sekiz kişiden birinin 0–14 yaş aralığındaki çocuk olduğu gözlenmiştir[2]. Kadınlar arasında ART tedavisinin uygulanmasına rağmen AIDS nedeniyle ölen çocukların sayısının çok olması dikkati çekmiştir. Her yıl bir milyondan fazla insanın HIV ile enfekte olmasıyla birlikte, AIDS ile ilişkili ölümlerin sayısı giderek azalırken, HIV ile yaşayan insan sayısı artmaktadır[1].

HIV ile yaşayan tüm insanların neredeyse üçte ikisi (%65) Sahraaltı Afrika'da bulunmaktadır ve bunların yarısından fazlası (%52) Doğu ve Güney Afrika'da yaşamaktadır (Şekil 1). Küresel HIV müdahalesi mevcut çabalarla devam ederse, projeksiyonlar 2050'de HIV ile yaşayan yaklaşık 46 milyon insan olacağını ve her birinin HIV ve ilgili komorbiditeler için tedavi ve bakıma ihtiyaç duyacağını göstermektedir[2].



Şekil 1. 2023 yılında yeni HIV enfeksiyonlarının bölgelere göre dağılımı, (2 nolu kaynaktan alınmıştır).

Dünyada 2023 yılı itibarıyla, HIV ile yaşayan yaklaşık 39.9 milyon kişinin 30.7 milyonu (27.0–31.9 milyon arası) ART almaktadır. Bu, halk sağlığı açısından önemli bir başarıdır. 2015 yılında küresel tedaviye erişim oranı yalnızca %47 (%38–55) iken, 2023'te bu oran %77'ye (%61–89) yükselmiştir[2].

Dünya 2025 hedeflerine ulaşsa bile, 2050'de ART'ye ihtiyaç duyan yaklaşık 30 milyon insan olacak ve HIV her türlü halk sağlığı sorunu olmaya devam edecektir[2]. Global olarak, 2025 HIV önleme hedefi (HIV riski altındaki kişilerin %95'inin etkili korunma yöntemlerine erişmesi ve bunları kullanması) henüz ulaşılabilir görünmemektedir. Sahraaltı Afrika'da HIV'i önlemeye yönelik çalışmalar umut verici şekilde ilerlerken, diğer bölgelerde durma noktasına gelmiştir. Temel HIV önleme hizmetlerine erişimdeki eksiklikler birçok ülkede devam etmekte, hatta bazı yerlerde daha da büyümektedir. UNAIDS verilerine göre, kilit popülasyondaki insanların en az yarısına hâlâ koruyucu hizmetler ulaşmamaktadır. Uyuşturucu enjekte eden kadın ve erkekler, eşcinsel erkekler, MSM'ler ve trans bireyler bu hizmetlerden en az yararlanan gruplardır[2].

Kondom kullanımı, düşük maliyetli en etkili korunma yöntemi olmaya devam etmektedir[29,30]. Ancak birçok ülkede kondom programlarının finansmanı kesilmiş ve sosyal pazarlama faaliyetleri azaltılmıştır[31]. Hane halkı anketlerine göre, özellikle 15–24 yaş arası gençlerde olmak üzere, kondom kullanımı son yıllarda azalmış; ve düzenli olmayan partnerlerle cinsel ilişkilerde ise kondomun nadiren kullanıldığı görülmüştür. Doğu ve Güney Afrika'daki yetişkinlerin %36'sı, Batı ve Orta Afrika'dakilerin ise %25'i son cinsel ilişkilerinde kondom kullandıklarını belirtmiştir[2].

Bazı ülkelerde seks işçileri, yüksek oranda kondom kullandıklarını bildirirken, 'pre-exposure prophylaxis' (PrEP) gibi güçlü korunma yöntemlerine erişimleri oldukça sınırlıdır. Aynı durum, eşcinsel erkekler ve trans bireyler için de geçerlidir; sadece bazı yüksek gelirli ülkelerde bu grupların PrEP erişimi daha iyidir[2].

PrEP'e hızlı ve yaygın erişim sağlanırsa, yeni HIV enfeksiyonları ciddi oranda azaltılabilir. Bu özellikle kilit popülasyon ve HIV'in yaygın olduğu bölgelerdeki kadınlar için geçerlidir. PrEP kullanan kişi sayısı 2017 yılında 200 bin civarındayken, 2023'te 3.5 milyona ulaşmıştır. Ancak bu sayı, 2025 yılı için belirlenen 21.2 milyon hedefinin oldukça gerisindedir. Sadece Sahraaltı Afrika'daki iki bölge bu hedefe ulaşma yolunda ilerleme kaydetmektedir[2].

Afrika'daki ergen kızlar ve kadınlarda HIV'i önlemede çok etkili olduğu gösterilen, altı ay etkili uzun süreli enjeksiyon şeklindeki yeni bir PrEP ilacı (lenacapavir), eğer hızlı ve uygun fiyatlı bir şekilde kullanıma sunulursa, HIV önlemede önemli bir ilerleme sağlanabilir[32].

Gönüllü tıbbi erkek sünneti programlarının daha büyük bir etki yaratma potansiyeli vardır[33]. 2008 ile 2022 yılları arasında, Doğu ve Güney Afrika'daki 15 öncelikli ülkede gerçekleştirilen 35 milyon sünnetin, yaklaşık 670.000 HIV enfeksiyonunu önlediği tahmin edilmektedir[2]. Bu ülkelerin çoğunda, eğer mali kaynak eksiklikleri giderilir ve hizmetler daha ileri yaş gruplarında da yaygınlaştırılırsa, sünnet uygulamaları daha da artırılabilir.

Sonuç olarak son yıllarda HIV bulaşının seks işçilerinde ve MSM'lerde fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca global olarak, 2025 HIV önleme hedefi (HIV riski altındaki kişilerin %95'inin etkili korunma yöntemlerine erişmesi ve bunları kullanması) henüz ulaşılabilir görünmemektedir. Sahraaltı Afrika'da HIV'i önlemeye yönelik çalışmalar umut verici şekilde ilerlerken, bu ilerlemenin diğer bölgelerde de sağlanması gerekmektedir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.
Finansman: Yoktur/bildirilmemiştir.

Conflict of Interest: No conflict of interest was declared by the authors.
Funding: None/not declared.

KAYNAKLAR

1. World Health Organization (WHO). HIV statistics, globally and by WHO region, 2024. [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/hq-hiv-hepatitis-and-stis-library/hiv-epi-fact-sheet-march-2025.pdf] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
2. The urgency of now: AIDS at a crossroads. Geneva: Joint United Nations Programme on HIV/AIDS; 2024. [https://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/2024-unaids-global-aids-update_en.pdf] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
3. Patel RR, Curoe KA, Ghan PA. Undetectable equals untransmittable: a game changer for HIV prevention. Clin Chem. 2020;66(3):406-7. https://doi.org/10.1093/clinchem/hvz010
4. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). How HIV spreads? [https://www.cdc.gov/hiv/causes/index.html] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
5. 90-90-90: An ambitious treatment target to help end the AIDS epidemic. Geneva: Joint United Nations Programme on HIV/AIDS; 2014. [http://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset790-90-90_en_0.pdf] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
6. People living with HIV: Thematic briefing note. Geneva: Joint United Nations Programme on HIV/AIDS; 2024. [https://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/2024-unaids-global-aids-update-living-with-hiv_en.pdf] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
7. Byanyima W. UNAIDS executive director report. Geneva: UNAIDS; December 15, 2020. [https://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/47th-PCB_Speech_December_2020_En.pdf] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
8. Kabapy AF, Shatat HZ, Abd El-Wahab EW. Attributes of HIV infection over decades (1982–2018): A systematic review and meta-analysis. Transbound Emerg Dis. 2020;67(6):2372-88. https://doi.org/10.1111/tbed.13621
9. Kuşkucu M, Midilli K, Çelik G. Retrovirüs ailesi. Topçu AW, Söyletir G, Doğanay M. (8. baskı). "İnfeksiyon hastalıkları ve Mikrobiyolojisi" kitabında, Nobel Tıp Kitabevleri, Cilt 2 2017:1634-1665.
10. T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. HIV-AIDS Tanı Tedavi Rehberi. 2019. [https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/bulasici-hastaliklar-ve-erken-uyari-db/Dokumanlar/Rehberler/HIV-AIDS_Tani-Tedavi_Rehberi_2019.pdf] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
11. Vittinghoff E, Douglas J, Judson F, McKirnan D, MacQueen K, Buchbinder SP. Per-contact risk of human immunodeficiency virus transmission between male sexual partners. Am J Epidemiol. 1999;150(3):306-11. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a010003
12. Nicolosi A, Corrêa Leite ML, Musicco M, Arici C, Gavazzeni G, Lazzarin A. The efficiency of male-to-female and female-to-male sexual transmission of the human immunodeficiency virus: A study of 730 stable couples. Italian Study Group on HIV Heterosexual Transmission. Epidemiology. 1994;5(6):570-5. https://doi.org/10.1097/00001648-199411000-00003
13. Tümer A, Ünal S. HIV/AIDS epidemiyolojisi ve korunma. Aile ve Toplum. 2001;1(4):1-8.
14. Okamato EE, Anam FR, Baptiste S, et al. Ending AIDS as a public health threat: the imperative for clear messaging on U=U, viral suppression, and zero risk. Lancet HIV. 2024;11(11):e783-90. http://doi.org/10.1016/S2352-3018(24)00241-8
15. Global HIV & AIDS statistics – Fact sheet. [https://www.unaids.org/en/resources/fact-sheet] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
16. UNAIDS Data 2022. [https://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/data-book-2022_en.pdf] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
17. Gedefie A, Muche A, Mohammed A, et al. Prevalence and determinants of HIV among reproductive-age women (15-49 years) in Africa from 2010 to 2019: A multilevel analysis of demographic and health survey data. Front Public Health. 2024;12:1376235. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1376235
18. Yurdakul Ş, Mehmet N. Epidemiological studies on HIV/AIDS in Türkiye: a review. ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi. 2023;8(1):80-6. https://doi.org/10.35232/estudamhsd.1137597
19. Erdinc FS, Dokuzoguz B, Ünal S, et al. Temporal trends in the epidemiology of HIV in Turkey. Curr HIV Res. 2020;18(4):258-66. https://doi.org/10.2174/1570162X18666200427223823
20. Yemisen M, Aydın OA, Gunduz A, et al. Epidemiological profile of naiv HIV-1/AIDS patients in İstanbul: the largest case series from Turkey. Curr HIV Res. 2014;12(1):60-4. https://doi.org/10.2174/1570162x12666140411111803
21. Zerdali E, Nakir IY, Sayili U, Sürme S, Yıldırım M. Epidemiological and clinical profile of newly diagnosed HIV/AIDS patients: a retrospective analysis of changing trends over 16 years. Curr HIV Res. 2023;21(1):35-42. https://doi.org/10.2174/1570162X21666230111150431

22. HIV AIDS İstatistikleri. [https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/bulasici-hastaliklar-ve-erken-uyari-db/Dokumanlar/Istatistikler/Ek_HIV-AIDS_Istatistikleri.pdf] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
23. Sevgi DY, Demirbaş ND, Yaman IG, et al. Evaluation of the late presentation and associated factors of people living wih HIV in Turkey. J Med Virol. 2023;95(5):e29781. https://doi.org/10.1002/jmv.28781
24. Korenromp EL, Sabin K, Stover J, et al. New HIV infections among key populations and their partners in 2010 and 2022, by world region: a multisources estimation. J Acquir Immune Defic Syndr. 2024;95(1S):e34-45. https://doi.org/10.1097/qai.0000000000003340
25. United Nations. World Population Prospects 2022 Summary of Results. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division; 2022. [https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
26. Mete B, Gunduz A, Bolukcu S, et al. HIV care in Istanbul, Turkey: How far is it from the UNAIDS 90-90-90 targets? Int J STD AIDS. 2019;30(13):1298-303. https://doi.org/10.1177/0956462419866342
27. Gökengin D. Türkiye'de HIV enfeksiyonu: Hedefe ne kadar yakınız? Klimik Derg. 2018;31(1):4-10. https://doi.org/10.5152/kd.2018.04
28. Yaylalı E, Erdoğan ZM, Çalışır F, et al. Modeling the future of HIV in Turkey: Cost-effectiveness analysis of improving testing and diagnosis. PLoS One. 2023;18(6):e0286254. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286254
29. Stover J, Rosen JE, Carvalho MN, et al. The case for investing in the male condom. PLoS One. 2017;12(5):e0177108. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177108
30. Stover J, Teng Y. The impact of condom use on the HIV epidemic. Gates Open Res. 2022;5:91. https://doi.org/10.12688/gatesopenres.13278.2
31. Understanding the global condom landscape. Seattle and Geneva: Mann Global Health; 2024.
32. Unitaid calls for accelerated global access to long-acting HIV prevention drug lenacapavir after positive trial results. Geneva: Unitaid; 2024. [https://unitaid.org/news-blog/unitaid-calls-for-accelerated-global-access-to-long-acting-hivprevention-drug-lenacapavir-after-positive-trial-results/#en] (Erişim tarihi: Ekim.2025)
33. Bansi-Matharu L, Mudimu E, Martin-Hughes R, et al. Cost-effectiveness of voluntary medical male circumcision for HIV prevention across sub-Saharan Africa: results from five independent models. Lancet Glob Health. 2023;11(2):e244-55. https://doi.org/10.1016/s2214-109x(22)00515-0