

TOPLUM BAĞIŞIKLIĞI VE HALKA BAĞIŞIKLAMA



Herd immunity and ring vaccination

Kübra Doğanay BULDUK¹, Gülsen GÜNEŞ²

Özet

Bağışıklama hizmetleri, insanların hastalıklardan korunmasında ve ölümlerin önüne geçmede son derece önemli halk sağlığı müdahalelerinden biridir. Günümüzde 20'den fazla hastalığa karşı aşı geliştirilmiş olmakla birlikte pek çok kişinin aşılarla erişimi yetersizdir. Bununla birlikte sadece bazı kişilerin değil, toplumun tamamının aşılınması tercih edilmektedir. Bu kapsamda toplum bağışıklığından bahsedilmektedir. Toplum bağışıklığı, aşı veya hastalığı geçirme sonucu o hastalığa karşı bağışıklık kazananlar sayesinde diğer kişiler için hastalık bulaşmasına neden olacak karşılaşma riskini azaltır. Bu sayede salgınların önlenmesi ve olası bir salgında da morbidite ve mortalitenin sınırlanması sağlanır. Toplum bağışıklığından bahsedebilmek için her hastalık için değişen değerlerde, toplumun belli bir oranda bağışık olması gerekmektedir. Bu; bazen ekonomik, lojistik vb. etkenler sebebiyle mümkün olamadığında halka bağışıklama (ring vaccination) gibi başka bağışıklama stratejilerinin düşünülmesi söz konusu olabilmektedir. Halka bağışıklığı, enfekte vaka etrafındaki bir "halka" içindeki herkesin aşılınması ile vaka etrafında bir bağışıklık tamponu oluşturmayı amaçlamaktadır. Toplum bağışıklığını tamamlayıcı olarak kullanılabilirdiği gibi yetersiz kaynak olan toplumlarda toplum bağışıklığı sağlanamıyorsa ve sporadik olarak görülen hastalıklarda tek bağışıklama stratejisi olarak da tercih edilebilmektedir. Bu yaklaşım, COVID-19 salgınında belli durumlarda da uygulanabilirliği açısından değerlendirme aşamasındadır.

Anahtar kelimeler: Aşı, toplum bağışıklığı, halka bağışıklama, COVID-19.

Abstract

Immunization services are one of the most important public health interventions to protect people from diseases and prevent deaths. Although vaccines have been developed against more than 20 diseases today, many people have insufficient access to vaccines. However, it is preferable to vaccinate not only some people but also the entire society. In this context, herd immunity is mentioned. Herd immunity reduces the risk of encounters that will cause disease transmission to other people, thanks to those who have become immune to that disease as a result of vaccination or exposure to the disease. In this way, it is ensured that epidemics are prevented and morbidity and mortality are limited in a possible epidemic. In order to talk about herd immunity, society should be immune to a certain extent, with varying values for each disease. This; is sometimes economic, logistics etc. when this is not possible due to various factors, other immunization strategies such as ring vaccination may be considered. Ring vaccination aims to create an immune buffer around the case by vaccinating everyone in a "ring" around the infected case. It can be used as a complement to herd immunity or be preferred as the only immunization strategy in societies with insufficient resources if herd immunity cannot be provided and in sporadic diseases. This approach is under evaluation in terms of its applicability in certain situations in the COVID-19 outbreak.

Keywords: Vaccine, herd immunity, ring vaccination, COVID-19.

1- Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı. Ankara, Türkiye

2- Yüksek İhtisas Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı. Ankara, Türkiye

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Kübra Doğanay BULDUK

e-posta / e-mail: kubra-apor@hotmai.com

Geliş Tarihi / Received: 03.03.2022, **Kabul Tarihi / Accepted:** 12.12.2022

ORCID: Kübra Doğanay BULDUK : 0000-0001-6555-722X,
Gülsen GÜNEŞ : 0000-0003-2021-7103

Nasıl Atıf Yaparım / How to Cite: Bulduk KD, Güneş G. Toplum Bağışıklığı ve Halka Bağışıklama. ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi. 2023;8(1):97-104.

Giriş

Aşılar, insanların bulaşıcı hastalıklarla temas etmesinden önce bağışıklık kazanmasını sağlayarak; ölümlerin önüne geçmekte ve insanların hastalıklardan veya etkilerinden korunmasında, dünya üzerindeki en uygun maliyetli halk sağlığı müdahalelerinden biridir (1, 2). Ayrıca bulaşıcı hastalıkların engellenmesi sayesinde doğumda beklenen yaşam süresinin uzaması sağlanmıştır (3).

Günümüzde, yaşamı tehdit eden 20'den fazla hastalığı önlemek için aşı mevcuttur. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'ne göre aşılar sayesinde difteri, tetanoz, boğmaca, grip ve kızamık gibi hastalıklardan her yıl 2-3 milyon insanın ölümünün önüne geçilmektedir. Bu durum, küresel bir sağlık ve kalkınma başarı öyküsüdür (1, 4).

Aşı sadece tek bir kişinin değil, çevresinin de korunmasını sağlayabilir

(toplum bağışıklığı). Bu sayede aşılar, salgınların önlenmesi ve kontrol edilmesi için de kritik önem taşımakta ve küresel sağlık güvenliğinin temelini oluşturmaktadır. Ayrıca antimikrobiyal dirençle mücadelede hayati bir araçtır (1, 4).

Aşıların başarılı kullanımı sayesinde gelişmiş ülkeler, aşı ile önlenabilir hastalıkların insidansını düşürmüştür. Bu düşüşe rağmen aşıyla önlenemez bulaşıcı hastalıklar, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde, hala önemini korumakta, ölüm ve morbiditeye neden olmaktadır (5). Dünya çapında her yıl yaklaşık 20 milyon bebek dahil olmak üzere çok fazla insanın aşılarla erişimi yetersizdir (3). Aşılarla erişim yetersizliği vb. durumlarda toplumun tamamını bağışıklama hedefi yerine halka bağışıklama (ring vaccination) gibi stratejiler uygulanabilmektedir.

Toplum Bağışıklığı

Bir kişinin aşı olması kişiyi koruduğu gibi dolaylı olarak toplumun da korunmasında etkilidir. Aşı ile bir hastalığa bağışıklık kazananlar, aşı olmayanlara hastalık bulaşmasına neden olacak karşılaşma riskini azaltır. Böylece salgınların önlenmesi ve olası bir salgında da morbidite ve mortalitenin sınırlanması sağlanır. Buna toplum bağışıklığı adı verilir (6, 7). Toplum bağışıklığından sadece insandan insana bulaşan hastalıklarda aşılama veya hastalığın geçirilmesi ile bağışık olunması durumunda bahsedilir (9).

İlk olarak 1910'larda hayvanlarda toplum bağışıklığından bahsedilmeye başlanmış daha sonra 1920'lerde insanlarda bu konuda çalışmalar yapılmış ve 1930'larda ise epidemiyolojinin bir parçası haline gelmiştir (8). Bindokuzyüzotuz'larda AW Hedrich, Baltimore'da kızamık epidemiyolojisi üzerine yaptığı bir araştırmada çocukların çoğunun bağışık hale gelmesi sonucu duyarlı çocuklarda dahi vaka sayılarının azaldığını yayımlamıştır (9).

Toplum bağışıklığı, aşı kontrendikasyonu veya immun yetmezlik gelişmesi gibi durumlarda kişilerin korunmasını sağlamak açısından çok daha önemlidir (9). Ayrıca bir yaş grubundaki yüksek bağışıklık, diğer yaş grupları için toplum bağışıklığı oluşturabilir. Boğmacada yetişkin aşılması ile aşısız bebeklerin korunması, pnömokok ve rotavirüs aşısı ile çocuklar sayesinde yetişkinlerin korunması bu duruma örnek olarak verilebilir (10). Bir diğer konu da aşıların etkinliğinin %100 olmamasıdır. Toplum bağışıklığı sayesinde de bu etkinlikteki kaybın önüne geçilmesi ve böylece aşının etkinlik göstermediği kişilerin de korunması sağlanır.

Toplum bağışıklığı aşının etkinliği, aşılama oranı (kapsamı), hastalığın bulaş yolu ve hızı, hastalığın bulaştırıcılık süresi ve derecesi gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Toplum bağışıklığından bahsedebilmek için özellikle toplumun belli oranda aşılama veya bağışık olması gerekir. Bu, hastalık etkeninin bulaşıcılığına bağlıdır (11, 12).

Toplumdaki herkesin bağışık olduğunu kabul etmek için gerekli en düşük değerdeki bağışıklama oranları her hastalık için değişmektedir. Örneğin: difteri için %85 (en az 4 doz aşı için), kızamık için %83-94, kabakulak için %75-86, boğmaca için %92-94, polio için %80-85, kızamıkçık için %83-85 ve suçiçeği için %80-85'tir. Bu oranın üstünde bir bağışıklama oranı sağlanamıyorsa toplum bağışıklığından bahsedilemez (13).

Bir popülasyonda yeterli bir süre boyunca toplum bağışıklığı kurulabilir ve sürdürülebilirse, hastalık ortadan kaldırılabılır (eradikasyon) ve artık endemik bulaştan bahsedilemez (14).

Kitleseel aşılama, hastalıkların yok edilmesine ilişkin tartışmalar ve aşılanmanın maliyet-fayda analizleri nedeniyle daha geç uygulanmaya başlanmıştır (6). Günümüzde toplum bağışıklığı ve aşılama sayesinde iki hastalık ortadan kaldırılmıştır: Bunlardan birincisi sığır vebası ve diğeri ise çiçek

Halka Bağışıklama

Halka bağışıklama enfekte vaka etrafındaki bir "halka" içindeki herkesin aşılması ile vaka etrafında bir bağışıklık tamponu oluşturmayı sağlamayı amaçlamaktadır (19, 20). Ayrıca enfekte vaka etrafındaki kişilerin temaslılarının tespiti ve aşılması ile de 'ikinci halka'dan bahsedilmektedir (21).

Halka bağışıklama, 1960'larda ve 1970'lerde çiçek hastalığını yok etme kampanyası sırasında, toplum bağışıklığının ayrılmaz bir parçası olarak özellikle uygulanmaya başlanmıştır. Batı Nijerya'da %90 aşılama oranı elde edilse bile aşığı reddeden toplumlar nedeniyle görülen salgınlarda aşı temin zorluğu nedeniyle halka bağışıklama stratejisi kullanılmıştır. Benzer şekilde çiçek eradikasyon programının sonlarına doğru özellikle Hindistan'da da uygulanmıştır (9).

Toplum bağışıklığını tamamlayıcı olarak kullanılabileceği gibi yetersiz kaynak

hastalığıdır (9).

DSÖ'nün 1974'te, altı hastalığa (tüberküloz, difteri, tetanoz, boğmaca, çocuk felci ve kızamık) karşı korunmak için tüm bebeklerin önerilen dört aşığı (basil Calmette-Guérin aşısı [BCG], DBT[Difteri, Boğmaca, Tetanoz], Polio ve MCV[Kızamık aşısı]) erişimini sağlamak için Genişletilmiş Aşılama Programı'nı kurması ile toplum bağışıklığını sağlama çalışmaları hız kazanmıştır. Bu programın kapsamı genişletilmektedir (15–17). Aşıların kapsamı Genişletilmiş Aşılama Programı'nın ilk kez ortaya konmasından 2010 yılına kadar artmış olmakla birlikte 2010-2019 yılları arasında çok az değişmiştir. Afrika bölgesindeki kapsam diğere bölgelerdekinden geride kalmış ve Amerika'daki ilerleme tersine dönmüştür (16, 18).

Toplum bağışıklığını sağlamak hedef olsa da maliyet-etkinlik sorunu ve artan aşı kararsızlığı nedeniyle eşik sınırı geçmekte sorunlar da artmaktadır.

olan toplumlarda toplum bağışıklığı sağlanamıyorsa ve sporadik olarak görülen hastalıklarda tek bağışıklama stratejisi olarak da tercih edilebilmektedir (20). Salgının ilk ve son aşamasında oldukça etkilidir (22).

Halka bağışıklama için önemli olan bir nokta da enfekte vakaların ve temaslılarının tespit edilmesidir. Bu da ciddi bir insan ve kaynak gücü gerektirmekle birlikte toplum bağışıklığındakinden daha az olarak kabul edilebilir (20). Ayrıca yeterli düzeyde yapılamaması stratejinin başarısının önündeki en büyük engeldir.

Halka bağışıklığının kullanımı özellikle enfekte vaka ve temaslı takibi ile bir doz aşı sonrası erken dönemde bağışıklık gelişmesi şartlarına da dayanmaktadır. Enfekte vakanın tespiti için hastalığın tipik klinik özelliklerinin olması veya hızlı ve doğru bir tanı yönteminin olması gerekir (20, 23). Özellikle en önemli kullanıldığı hastalık olan çiçek karakteristik bir kliniğe sahiptir ve

uzun süreli vücut sıvısı veya kontamine eşyalarla temas sonucu bulaşmaktadır (20). Halka bağışıklığı stratejisinin çiçek hastalığında başarılı olmasının bir diğer nedeni de enfekte bireylerin aşı ile hem hasta olmasının önüne geçilebilmesi hem de daha sonrası için bağışıklık sağlayabilmesidir. Bu sayede temaslı takibinde geç kalırsa bile aşı etkili olabilmiştir (22).

Halka Bağışıklamanın Kullanım Örnekleri:

Çiçek hastalığının eradikasyonunda son aşamada toplum bağışıklığına ek olarak kullanılmıştır. Günümüzde çiçek aşısı yapılmadığı için olası bir çiçek kaynaklı biyolojik saldırı açısından kullanımı konusunda pek çok araştırma mevcuttur. Yapılan çalışmalar ve simülasyonlar, az sayıda indeks vakadan başlayan daha lokalize bir çiçek hastalığı salgınının, müdahale önlemlerinin çok etkili olması koşuluyla halka aşılama ile kontrol altına alınabileceğini göstermektedir (23–25).

Nijerya'da 1977'de A grubu meningokok salgını sırasında kısıtlı aşı varlığında kullanılmıştır. 523 kişi aşılanmış 5 kişi hastalanmış bunlardan sadece 1'inde A grubu meningokoksik menenjit gelişmiştir (20).

Kabakulak için toplum bağışıklığı sınırı 75-86 kabul edilse de 2005-2010 yılları arasında %90 civarı aşı kapsamı olan ülkelerde dahi salgınlar görülmüştür. İsrail'de 2005 ve 2009–10 döneminde sivil (okul gibi) ve askeri popülasyonlarda görülen kabakulak salgınlarını kontrol altına almak için bir yöntem olarak da halka bağışıklama stratejisi kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucu halka bağışıklama yararlı görülmüş ancak okul, yurt, kışla gibi toplu ortamlarda herkesin bağışıklanması önerilmiştir (26).

Birleşik Krallık'ta 2012'den 2013'e kadar Greater Manchester'da uzun süreli kızamık salgını sırasında, yakın temaslıların aşılama hastalığın yayılmasını kontrol altına almak için kullanılmıştır (20).

Ebola Virüs Hastalığı (EVH), tanımlanmasından bu yana çok sayıda sporadik salgına sebep olmuştur. Batı Afrika, 2014-2016 yılları arasında etkilenen altı ülke (Gine, Liberya, Nijerya, Senegal, Mali, Sierra

Leone) ile tarihteki en büyük ebola salgını (toplam >28.000 vaka ve >11.000 ölüm) yaşamıştır (27, 28). Bu salgın ebolaya karşı etkili aşı bulunma çalışmalarının hızlanmasını sağlamıştır (28). Özellikle aşı etkinlik değerlendirilmesinde ebolaya karşı pek çok küme randomize halka bağışıklama çalışması yapılmıştır. Bunlardan en önemlisi 2014'teki Batı Afrika'daki salgını kontrol etmek için Gine'de uygulanan Ebola ça suffit ("Ebola, bu yeter") halka aşılama denemesidir. Bu denemede verilen rekombinant veziküler stomatit virüsü ebola aşısı (rVSV-ZEBOV) test edilmiş ve salgını kontrol etmede oldukça başarılı olduğu görülmüştür (27, 29). Demokratik Kongo Cumhuriyetinde 2018'de çıkan salgında da 2014'teki salgında olduğu gibi halka aşılama stratejisi kullanılmıştır (30). Bu salgının aktif çatışma bölgesinde olması dolayısıyla bazı kişilere ulaşmayı zorlaştırarak salgının kontrol edilmesini zorlaştırmıştır. Bu sorundan yola çıkarak yapılan bir modelleme çalışması %10'a kadar erişilemeyen hane halkı varlığında halka bağışıklamanın, %10-50 arasındaki değerlerde de toplum bağışıklığı ya da her ikisinin karma uygulanmasının etkili olacağını göstermiştir (27).

Oral kolera aşısı için Bangladeş'te yapılan bir küme-randomize çalışma, kısıtlı aşı imkanı varsa temiz su tedarigi, sanitasyon, profilaktik antibiyotik gibi önlemlere ek olarak halka bağışıklama stratejisinin yararlı olabileceğini göstermiştir. 2015 yılında, Güney Sudan, Juba'da en çok etkilenen mahalleleri hedefleyen tek doz toplu oral kolera aşısı kampanyası da benzer sonuçları göstermiştir (20). Yine Hindistan'da yapılan bir başka küme-randomize çalışmada halka aşılama stratejisinin, bulaşma zincirini kırarak kolera tehdidini etkili bir şekilde azaltabileceğini ve aşılamanın maliyet etkinliğini önemli ölçüde artıracaklarını öne sürmektedir (31).

Hayvanlarda şap hastalığında sıklıkla kullanılmaktadır. Şap hastalığı, sığır, koyun ve domuz gibi çiftlik hayvanlarında görülen bir hastalıktır. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da nadir olmakla birlikte, Afrika, Güney Amerika ve Asya'da endemiktir. Bu nedenle Avrupa Birliği'nde toplu aşılama

uygulanmamaktadır. Olası bir salgında önleyici hayvan itfai yapılmaması hem ekonomik kayıplara hem de kamuoyunda tepkilere neden olduğundan halka bağışıklama stratejisi yaygın olarak kullanılmaktadır (32, 33).

Toplu aşılama kampanyası ile halka

bağışıklama stratejisinin farklarını değerlendirmek gerekirse popülasyon boyutuna, gerekli aşı dozu sayısına, lojistik ve insan gücü gereksinimine, zamanlamaya ve uygulanacağı hastalığın özelliğine bakmak gerekmektedir. Bu tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Toplu aşılama kampanyası ile halka bağışıklama stratejisinin farkları (20).

	Toplu aşılama kampanyası	Halka Bağışıklama Stratejisi
Topluluğun büyüklüğü	Toplumun neredeyse tamamı (milyonlarca kişi olabilir)	Daha az kişi
Tercih	Genel olarak kaynak varsa ve halk sağlığı için önemli hastalıklarda	Hastalığın sporadik olarak ortaya çıktığı durumlarda ve büyük popülasyonların toplu aşılama çalışmalarının yapılamadığı durumlarda uygulanır
Kaynak (Aşı)	Toplumun tamamı olduğu için yüksek sayıda	Daha az sayıda aşı yeterli
Lojistik ve İnsan gücü	Kısa vadeli yoğun çaba yeterli olabilir.	Sürekli gözetim ve müdahale gerekliliği nedeniyle sürekli yoğun çaba gerekli başarı için kritik bir bileşendir.
Katılım ve ilgi	Toplumun katılımını en üst düzeye çıkartmak esastır.	Risk altındaki kişilere yapıldığından daha yüksek katılım ilgisi vardır.
Hastalık salgını ile ilgili zamanlama	Herhangi bir zamanda yapılabilir, ancak erken yapılırsa daha etkilidir.	Bir salgının ilk aşamasında veya son aşamasında en yararlı uygulanabilir işlemdir.
Hastalık	Özel gereklilik yok.	Vakaların hızlı tanımlanması için yararlı olan patognomonik özellikleri olmalı Hastalığın spesifik ve erken dönemde tanısı konulabilmeli Hastalık iletimi bir halka tepkisi ile kontrol altına alınabilmelidir.
Sonuç	Risk seviyesinden bağımsız olarak nüfusun korunması hedeflenir.	Her vakada en yüksek risk altında olanların korunması hedeflenir.

Genel olarak halka bağışıklama yetersiz kaynak durumunda gerekli koşullar sağlandığında tek başına uygulanabilir

olmakla birlikte farklı stratejilerle bir arada kullanılması bulaşıcı hastalıkların sınırlandırılmasında daha etkilidir (20, 34).

COVID-19 ve Bağışıklama

COVID-19 açısından her ne kadar dünya genelinde farklı aşı çalışmaları olsa ve aşı üretimine öncelik verilmiş olsa da aşı teminindeki eşitsizlikler bu hastalığa yönelik

aşılarda da kendisini göstermektedir. Zengin ülkelerdeki pek çok kişi COVID-19'a karşı aşılanmış olsa da, kaynakları daha az olan ülkelere ihtiyaç duydukları dozların sadece

bir kısmı verilebilmiştir (35). Bu nedenle, Çin’de yapılan bir çalışma, insidansın henüz düşük olduğu (toplum da bulaşın az olduğu) orta ve yüksek riskli bölgelerde sürveyans sistemi doğru ve iyi kullanıldığında COVID-19’a karşı ‘iki halka’ (enfekte vaka etrafındaki kişilerin temaslarının tespiti ve

aşılması) olarak halka bağışıklama stratejisini önermektedir (21). Hatta pek çok uzman bir takım nedenlerle toplum bağışıklığı elde edilemiyorsa, toplum kaynaklı bulaş düşükse ve belli bir ortam ile sınırlıysa da halka bağışıklamayı önermektedir (36, 37).

Sonuç

Bulaşıcı hastalıklarla mücadelede toplumdaki tüm bireylerin toplum bağışıklığını sağlayacak düzeyde aşılması yani toplum bağışıklığının sağlanması istense de ekonomik, lojistik vb. bazı nedenlerle bu mümkün olamadığında halka bağışıklama gibi başka bağışıklama stratejilerinin düşünülmesi söz konusu olabilmektedir. Halka bağışıklama, toplum bağışıklığına tamamlayıcı olarak kullanılabilirliği gibi

yetersiz kaynak olan toplumlarda toplum bağışıklığı sağlanamıyorsa ve sporadik olarak görülen hastalıklarda tek bağışıklama stratejisi olarak da tercih edilebilmektedir. Bu yaklaşımın, mevcut koşullar için uygun olup olmadığı bilinmemektedir. Bununla birlikte var olan durum ve bilimsel yayınlar çok yönlü değerlendirilerek halka bağışıklamanın COVID-19 salgınında uygulanabilirliği konusunda karar verilebilir.

Kaynaklar

1. WHO, news room [Internet]. [cited 2020 Dec 17]. Available from: https://www.who.int/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination?adgroupsurvey=%7Badgroupsurvey%7D&gclid=EAlaIQobChMI3_Sa0JDV7QIVzeh3Ch2w9QEVEAAYASAAEgJEDPD_BwE
2. UNICEF, Türkiye, Bağışıklama [Internet]. [cited 2020 Dec 17]. Available from: <https://www.unicef.org/turkey/bagisiklama>
3. Akdeniz M, Kavukcu E. Aşılama ve Aşıların Tarihçesi. *Klin Tıp Aile Hekim* [Internet]. 2016;8(2):11–28. Available from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ktah/issue/45376/487032>
4. WHO, health topic [Internet]. [cited 2020 Dec 12]. Available from: https://www.who.int/health-topics/vaccines-and-immunization?adgroupsurvey=%7Badgroupsurvey%7D&gclid=EAlaIQobChMI0oI7QIVi9wYCh1jrwjCEAAYASABEgI4CfD_BwE#tab=tab_1
5. Shukla V V., Shah RC. Vaccinations in Primary Care. *Indian J Pediatr.* 2018;85(12):1118–27. DOI:10.1007/s12098-017-2555-2
6. Fine P, Eames K, Heymann DL. “Herd immunity”: A rough guide. *Clin Infect Dis.* 2011;52(7):911–6.
7. Heymann DL, Aylward RB. Mass vaccination: When and why. *Curr Top Microbiol Immunol.* 2006;304:1–16.
8. *Lancet*, herd immunity [Internet]. [cited 2021 Jan 14]. Available from: <https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-67362031924-3/fulltext>
9. Wikipedia, Herd immunity [Internet]. [cited 2021 Jan 14]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Herd_immunity
10. Kim TH, Johnstone J, Loeb M. Vaccine herd effect. *Scand J Infect Dis.* 2011;43(9):683–9.
11. ScienceDirect, mass immunization [Internet]. [cited 2021 Jan 14]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/mass-immunization>
12. Flaherty DK, editor. Chapter 25 - Vaccine-Preventable Diseases. In: *Immunology for Pharmacy* [Internet]. Saint Louis: Mosby; 2012. p. 197–213. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323069472100252>
13. Eskiocak M, Marangoz B. (2019) Türkiye’de Bağışıklama Hizmetlerinin Durumu. 1. Basım. Ankara: Türk Tabipleri Birliği. 2019.
14. Herd immunity [Internet]. [cited 2021 Jan 15]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Herd_immunity#/media/File:Herd_immunity.svg
15. World Health Organization. GVAP 2011-2020, Review and Lessons Learned; Strategic Advisory Group of Experts on Immunization. 2020;1–44. [cited 2020 Dec 17]. Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329097/WHO-IVB-19.07-eng.pdf?ua=1>
16. Chard AN, Gacic-Dobo M, Diallo MS, Sodha S V., Wallace AS. Routine Vaccination Coverage — Worldwide, 2019. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2000;69(45):1706–10.
17. Shenton LM, Wagner AL, Ji M, Carlson BF, Boulton ML. Vaccination assessments using the Demographic and Health Survey, 2005-2018: A scoping review. *BMJ Open.* 2020;10(12):2005–18.
18. WHO, Aşılama Kapsamı [Internet]. [cited 2021 Jan 10]. Available from: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/immunization>
19. Greenhalgh D. Optimal control of an epidemic by ring vaccination. *Commun Stat Stoch Model* [Internet]. 1986;2(3):339–63. Available from: <https://doi.org/10.1080/15326348608807041>

20. Deen J, von Seidlein L. The case for ring vaccinations with special consideration of oral cholera vaccines. *Hum Vaccines Immunother* [Internet]. 2018;14(8):2069–74. Available from: <https://doi.org/10.1080/21645515.2018.1462068>
21. Xu W, Su S, Jiang S. Ring vaccination of COVID-19 vaccines in medium- and high-risk areas of countries with low incidence of SARS-CoV-2 infection. *Clin Transl Med*. 2021;11(2):3–5.
22. Wells CR, Tchenche JM, Meyers LA, Galvani AP, Bauch CT. Impact of Imitation Processes on the Effectiveness of Ring Vaccination. *Bull Math Biol*. 2011;73(11):2748–72.
23. Lau CY, Wahl B, Foo WKS. Ring vaccination versus mass vaccination in event of a smallpox attack. *Hawaii Med J*. 2005;64(2):34–7.
24. Kretzschmar M, Van Den Hof S, Wallinga J, Van Wijngaarden J. Ring Vaccination and Smallpox Control. *Emerg Infect Dis*. 2004;10(5):832–41.
25. Porco TC, Holbrook K, Fernyak SE, Portnoy D, Reiter R, Aragón TJ. Logistics of community smallpox control through contact tracing and ring vaccination: A stochastic network model. *BMC Public Health*. 2004;4:1–20.
26. Levine H, Rishpon S, Huerta-Hartal M, Davidovitch N. Preventing mumps outbreaks in confined settings: Comprehensive ring vaccination as a containment strategy. *Hum Vaccin*. 2011;7(12):1389–93.
27. Chowell G, Tariq A, Kiskowski M. Vaccination strategies to control Ebola epidemics in the context of variable household inaccessibility levels. *arXiv*. 2019;1–23.
28. Medaglini D, Siegrist CA. Immunomonitoring of human responses to the rVSV-ZEBOV Ebola vaccine. *Curr Opin Virol* [Internet]. 2017;23:88–94. doi:10.1016/j.coviro.2017.03.008
29. Journal M. The ring vaccination trial: a novel cluster randomised controlled trial design to evaluate vaccine efficacy and effectiveness during outbreaks, with special reference to Ebola. *BMJ*. 2015;351:h3740.
30. Merler S, Kessler FB. Ring Vaccination For The Mitigation Of Ebola In Democratic Republic Of Congo. 11th Conference on Dynamical Systems Applied to Biology and Natural Sciences DSABNS 2020. 2020 Feb 4-7. Trento, Italy. 2020;3099(14):14–5.
31. Ali M, Debes AK, Luquero FJ, Kim DR, Park Y, Digilio L, et al. Potential for Controlling Cholera Using a Ring Vaccination Strategy: Re-analysis of Data from a Cluster-Randomized Clinical Trial. 2016;1–16.
32. Backer JA, Hagensars TJ, Nodelijk G, van Roermund HJW. Vaccination against foot-and-mouth disease I: Epidemiological consequences. *Prev Vet Med* [Internet]. 2012;107(1–2):27–40. DOI:10.1016/j.prevetmed.2012.05.012
33. Müller J, Schönfisch B, Kirkilionis M. Ring vaccination. *J Math Biol*. 2000;41(2):143–71. DOI: 10.1007/s002850070003
34. Bausch DG. The need for a new strategy for Ebola vaccination. *Nat Med* [Internet]. 2021 [cited 2020 Jan 10];27(4):580–1. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41591-021-01313-w>
35. COVAX: the forecast for vaccine supply [Internet]. [cited 2020 Jan 10]; Available from: <https://www.gavi.org/vaccineswork/covax-forecast-vaccine-supply>
36. COVID-19: ‘Ring vaccination’ can teach us how to target limited supply [Internet]. [cited 2020 Jan 10]. Available from: <https://globalnews.ca/news/7777204/COVID-19-ring-vaccination-canada/>
37. Larry Brilliant, eradicator of smallpox, proposes ‘ring vaccination’ to combat coronavirus, says herd immunity is not achievable [Internet]. [cited 2020 Jan 10]. Available from: https://www.scmp.com/magazines/post-magazine/article/3144486/larry-brilliant-eradicator-smallpox-proposes-ring?module=perpetual_scroll&pgtype=article&campaign=3144486