

Derleme – Review Paper

İNSANLARDAKİ COVID-19 YABAN HAYVANLARINDA RİSK OLUŞTURUYOR MU?

DOES COVID-19 IN HUMANS POSE A RISK FOR WILD ANIMALS?

Başak HANEDAN¹, Ali BİLGİLİ², Nigar ABBASOVA³

Özet

Dünya çapında insanların önemli bir kısmının SARS-CoV-2 ile enfekte olmaları ve semptomlar görülmeden önce enfeksiyonu bilinmeyen şekilde yayabilmelerinden dolayı insanların yaban hayvanlarına COVID-19'u yayma riskleri bulunmaktadır. COVID-19'a yaban hayvanlarının duyarlılığının değerlendirildiği çalışmada primatlar, takiben karnivorlar, memeli deniz hayvanları, yabani kemirgenlerin yüksek potansiyel gösterdiği, laboratuvar kemirgenlerinin düşük riskte olduğu, kuşlar, reptiller ve amfibilerin de düşük riskte olduğu bildirilmiştir. Kaplan, aslan, puma ve kar leoparına insanlardan COVID-19'un bulaştırıldığı bildirilmiştir. COVID-19'la enfekte vizonların etkenleri insanlara ve kedilere bulaştırdığı gösterilmiştir. COVID-19'un yabani gelincik ve vizonlara bulaşması halinde hayvanlar daha sonra devamlı rezervuar konaklar haline gelebilir ve insanlara ve diğer hayvan türlerine enfeksiyonu bulaştırabilir. Yaban hayvanları insanlarla yakın temastadır. Dolayısıyla COVID-19'a bağlı bulaşma olup olmadığının bilinmesi önemlidir. Bu çalışma kapsamında son yıllara ait çok sayıda bilimsel kaynak incelenerek insanlardan yaban hayvanlarına, yaban hayvanlarından tekrar insan ya da diğer hayvanlara COVID-19'un bulaştırılıp bulaştırılmadığı konularında ayrıntılı bilgiler verildi. Ayrıca insanlardan yaban hayvanlarına COVID-19'un bulaşmasının engellenmesine yönelik yapılması gereken uygulamalar hakkında bilgiler sunuldu.

Anahtar Kelimeler: SARS-CoV-2, İnsan, Yaban Hayvanları, Bulaşma

Abstract

There is a risk that humans transmit COVID-19 to wild animals since an important part of humans are infected with SARS-CoV-2 and they can spread infection unknowingly without symptoms in the world. In a study that susceptibility of wild animals to COVID-19 is evaluated, it has been reported that primates, followed by carnivores, marine mammals, and wild rodents are in high risk, and laboratory rodents, birds, reptiles and amphibian are in low risk. It has been reported that COVID 19 is transmitted from humans to tiger, lion, puma and a snow leopard. It has been demonstrated that minks infected with COVID-19 transmit the causative agents to humans and cats. When COVID-19 is transmitted to ferrets and minks, these animals may become persistent reservoir host and they may transmit infection to humans and other animals. Wild animals are in close contact with humans. Thus, it is important to know whether there is a transmission due to COVID-19. In the context of this study, by examining many recent scientific sources, information was given about whether COVID-19 is transmitted from humans to wild animals, again from wild animals to humans or other animals. In addition, information was presented about the measurements required for preventing transmission of COVID-19 from humans to wild animals.

Keywords: SARS-CoV-2, Human, Wild Animals, Transmission

1. GİRİŞ

Coronavirüs hastalığı 2019 (COVID-19) ilk olarak 2019 yılı Aralık ayında Çin'in Wuhan kentinde insanlarda bildirilmiştir. 5 Mart 2022 tarihi itibarıyla SARS-CoV-2 virüsü 443 milyondan fazla insanda hastalık ve 6 milyondan fazla ölüme neden olmuştur (Cui ve ark., 2022, ss. 1527).

Dünya çapında insanların önemli bir kısmının SARS-CoV-2 ile enfekte olması ve semptomlar görülmeden önce enfeksiyonu bilinmeyen şekilde yayabilmelerinden dolayı insanların yaban hayvanlarına SARS-CoV-2'yi bulaştırma riskleri bulunmaktadır. SARS-CoV-2'nin yarasalarda evrimsel kökeninden dolayı insandan hayvana bulaşmanın önlenmesi için düzenlemeler çoğunlukla hayvan grupları üzerine yoğunlaşmıştır (Gryseels ve ark., 2020, ss. 272-292).

SARS-CoV-2 konaklarda sürekli mutasyona uğramaktadır ve Alfa, Delta ve Omikron varyantları gibi farklı varyantlar sahada ortaya çıkmıştır. Bu durum SARS-CoV-2 aşısının etkinliği üzerine sorunları beraberinde getirmiştir (Cui ve ark., 2022, ss. 1527). Ayrıca hayvanların da farklı varyantlarla enfekte oldukları bildirilmiştir. Altı hayvan türünün (gelincik, su aygırı, sırtlan, balıkçı kedi, misk kedisi) Delta varyantıyla enfekte olduğu, buna karşın 10 hayvan türünün (kedi, köpek, vizon, geyik, kaplan, aslan, kar leoparı, goril, hamster ve su samuru) 1'den fazla varyantla enfekte olduğu tespit edilmiştir (Cui ve ark., 2022, ss. 1527).

2. SARS-COV-2 ORİJİNİ

Zoonotik patojenlerin rezervuarlarının belirlenmesi etkili şekilde hastalığın kontrolünde önemli rol oynar. SARS-CoV-2'nin hayvan orijinli olduğu yaygın şekilde kabul edilmektedir. Yarasalar muhtemelen SARS-CoV-2 için potansiyel rezervuarlardır (Cui ve ark., 2019, ss. 181-192). Yarasalar coronavirüsler için ideal konaklardır. Virüsler yarasalarda devamlı bulunurlar ve semptom göstermezler. Çin'de yarasalar canlı hayvan pazarlarında gıda amacıyla satılmaktadır ve Geleneksel Çin Tıbbının bütünleşik bir bölümüdür. COVID-19 pandemisinde laboratuvar bulguları SARS-CoV-2'nin genom düzeyinde yarasa coronavirüsü ile %96 oranında aynı olduğunu doğruladı ve yarasalar bu zoonotik yayılmanın primer kaynağı olabilir (Rodriguez-Morales ve ark., 2020, ss. 3-5; Zhou ve ark., 2020, ss. 270-273). SARS-CoV-2'nin yarasalardan insanlara doğrudan ya da dolaylı bulaşması hakkında epidemiyolojik kanıt bulunmamaktadır. SARS-CoV-2'nin yarasalarda yayılma zamanı ve ara konakları bilinmemektedir (Andersen ve ark., 2020, ss. 450-452; Boni ve ark., 2020, ss. 1408-1417).

Coronavirüs, Malayan pangolinlerinden de izole edildi ve SARS-CoV-2'nin S proteininde reseptör bağlama alanı, pangolin coronavirüsteki ile neredeyse aynıdır ve dolayısıyla pangolinler SARS-CoV-2'nin ara konağı olabilir (Mahdy ve ark., 2020; Xiao ve ark., 2020).

3. YABAN HAYVANLARINDA SARS-COV-2

SARS-CoV-2'nin hücreye girmesinde, anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE2) (giriş reseptörü) ve transmembran proteaz serin 2 (TMPRSS2) (spike protein hazırlığı için virüs tarafından kullanılan) temel proteinlerdir (Schmitt ve ark., 2020). SARS-CoV-2 konak aralığı çok sayıda omurgalı hayvanda ACE2 ekspresyonuna bağlı olarak son derece geniş olabilir (Bonilauri ve Rugna, 2021, ss. 123).

SARS-CoV-2'ye yaban hayvanlarının duyarlılığının ACE2 ve TMPRSS2 benzerliklerinin analiziyle değerlendirildiği çalışmada üst sırada primatlar, takiben karnivorlar, memeli deniz hayvanları, yabancı kemirgenlerin yüksek potansiyel gösterdiği, laboratuvar kemirgenlerinin düşük riskte olduğu, kuşlar, reptiller ve amfibilerin de düşük riskte olduğu bildirilmiştir (Martinez-Hernandez ve ark., 2020, ss. 223-234).

Primatların SARS-CoV-2'ye maruziyet riskleri insanlarla doğrudan ya da dolaylı etkileşimleriyle artabilmektedir. Yabancı primatların avlanması, ticareti, rehabilite edilmeleri, turizm amacıyla kullanılmaları ve saha araştırmalarında kullanılmaları türler arası bulaşmayı kolaylaştırabilmektedir (Delahay ve ark., 2020).

SARS-CoV-2'nin birçok farklı memeli türü arasında bulaştırılabildiği gösterilmektedir. Doğal gözlemler ve deneysel çalışmalar SARS-CoV-2'nin evcil kediler, gelincik, vizon, rakun köpeği, yarası, beyaz ayaklı sıçan ve Suriye hamsterini enfekte edebildiğini göstermektedir (Griffin ve ark., 2020; Halfmann ve ark., 2020, ss. 592-594; Kim ve ark., 2020, ss. 704-709; Oreshkova ve ark., 2020; Richard ve ark., 2020; Schlottau ve ark., 2020, ss. e218-e225; Shi ve ark., 2020, ss. 1016-1020; Sia ve ark., 2020, ss. 834-838).

Hayvan türlerinde deneysel inokülasyon ile makaklar (Deng ve ark., 2020), sinomolgus maymunu (Rockx ve ark., 2020, 1012-1015), ipek maymunu (Lu ve ark., 2020), Afrika yeşil maymunu (Woolsey ve ark., 2020, ss. 86-98), sivri sincapçıklar (Zhou ve ark., 2020) ve meyve yarasalarında (Schlottau ve ark., 2020, ss. e218-e225) SARS-CoV-2 duyarlılığı belirlenmiştir.

SARS-CoV-2 çalışmalarında makaklarda enfeksiyon oluşturulmuş ve ağız, burun ve rektal sıvı örneklerinde virüsün yüksek miktarda bulunduğu tespit edilmiştir. Akciğer radyografilerinde hastalığa ait bulgular ve 16 güne kadar süren klinik bulguların varlığı hastalığın patogenezi çalışmada ve antiviral ve aşı geliştirmede hayvan modeli olabileceğini kanıtlamıştır (Munster ve ark., 2020,).

SARS-CoV-2'nin insanlardaki ACE2'ye kıyasla ticari olarak elde edilen farelerin ACE2'sine bağlanma afinitesinin çok düşük olduğu bildirilmiştir. Deneysel olarak enfekte edilen laboratuvar farelerinin canlı ağırlık kaybı ve etkili virüs çoğalması göstermediği bulunmuştur (Hassan ve ark., 2020, ss. 744-753). İnsan ACE2 reseptörünün ticari olarak elde edilebilen farelere adenovirüs kullanılarak taşınması SARS-CoV-2'ye karşı duyarlılıklarını artırdığı, akciğer enfeksiyonu, klinik hastalık ve patolojik değişiklikleri artırdığı tespit edilmiştir (Hassan ve ark., 2020 ss. 744-753; Sun ve ark., 2020, ss. 734-743).



İnsanlardaki COVID-19 yaban hayvanlarında risk oluşturuyor mu?

Hanedan ve ark.

Hastalığın çalışılmasında hayvan modeli olarak fare ve tavşanların ACE2 kullanım biçiminin farklı olduğu görülmektedir. Ancak transjenik farelerin SARS-CoV-2 için model olabileceğine inanılmaktadır (Liu ve ark., 2020b, ss. 595-601; Tiwari ve ark., 2020, 169-182).

ABD’de bir hayvanat bahçesinde bir Malayan kaplanında SARS-CoV-2 belirlenmiştir (Wang ve ark., 2020; Kumar ve ark., 2020, ss. 79-85). ABD’de Bronx hayvanat bahçesinde 4 kaplan ve 3 aslan hafif solunum hastalığı bulguları göstermiş ve solunum sekresyonları ve gaita örneklerinde SARS-CoV-2 RNA’sı saptanmıştır. Epidemiyolojik ve genomik veriler insandan kaplana bulaşma olduğunu göstermiştir. Bu çalışma SARS-CoV-2’nin insandan yaban hayvanlarına bulaşma olduğunu göstermektedir ve tek sağlık esaslı çalışmalara gereksinimi vurgulamaktadır (McAloose ve ark., 2020). Ayrıca İspanya’da hayvanat bahçesinde 4 aslanda SARS-CoV-2 pozitif belirlendiği, enfeksiyonun izlenmesinde virüsün nazal örneklerde 15 güne kadar var olduğu, virüsün dışkı örneklerinde de bulunduğu, nötralizan antikorların 4 ay kadar var olduğu, bakıcılardan birisinde SARS-CoV-2 genomunun aslanlardan elde edilen sekanslarla özdeş olduğu bildirilmiştir (Fernandez-Bellon ve ark., 2021).

Güney Afrika’da pumada SARS-CoV-2 pozitif olarak test edilmiştir. Hastalıkla enfekte bakıcısıyla temastan sonra SARS-CoV-2 testinin pozitif belirlendiği ve temasta olduğu diğer hayvanların testlerinin negatif olduğu ve olgunun daha sonra iyileştiği bildirilmiştir (Bartlett ve ark., 2021, ss. 733-744; Bonilauri ve Rugna, 2021). Ayrıca SARS-CoV-2 ile doğal enfeksiyon bir kar leoparında da tespit edilmiştir (Delahay ve ark., 2021).

11 Ocak 2021 yılında San Diego Hayvanat Bahçesi’nde goril gibi büyük maymunlara insanlardan SARS-CoV-2 bulaştığı bildirilmiştir (Valencak ve ark., 2021, ss. 2305-2320).

Gelinciklerin deneysel enfeksiyonu farklı çalışmalarda tanımlandı, çünkü gelinciklerin akciğerleri insanların akciğerleri ile çok sayıda benzerliklere sahiptir. Gelinciklerin üst solunum sisteminde virüs etkili şekilde çoğalmaktadır (Shi ve ark., 2020, ss. 1016-1020; Schlottau ve ark., 2020). Deneysel çalışmalar ile SARS-CoV-2’nin gelincikler arasında doğrudan temas ve hava yoluyla etkili şekilde bulaştırılabildiği gösterilmiştir (Richard ve ark., 2020; Kim ve ark., 2020, ss. 704-709).

Gelinciklerin deneysel enfeksiyonunda nazal türbin, yumuşak damak ve tonsillalarda viral RNA ve enfeksiyöz virüsün saptandığı, ancak test edilen diğer organlarda etkenlerin bulunmadığı bildirilmiştir (Shi ve ark., 2020, ss. 1016-1020). Patolojik çalışmalar şiddetli lenfoplazmatik perivaskülit ve vaskülitisi göstermektedir. 13. günde ötenazi edilen 2 gelincik’in akciğerinde alveol lumeni ve alveol septumunda tip II pnömosit, makrofaj ve nötrofil sayısında artma ve hafif peribronşitis gösterilmiştir. Bütün gelinciklerde SARS-CoV-2’ye karşı antikorlar ELISA ve nötralizasyon analizleriyle saptanmıştır. Ancak 13. günde ötenazi edilen gelinciklerin antikor titrelerinin 20. günde ötenazi edilen gelinciklere göre daha düşük düzeyde olduğu bildirilmiştir (Shi ve ark., 2020, ss. 1016-1020). Virüs yapışma analizi gelinciklerin akciğerlerinde SARS-CoV-2’nin bronşiyol epitel hücrelerine ve bazı tip II pnömositlere yapışabileceğini göstermektedir (Shi ve ark., 2020, ss. 1016-1020). Gelinciklerin SARS-CoV-



İnsanlardaki COVID-19 yaban hayvanlarında risk oluşturuyor mu?

Hanedan ve ark.

2 ile enfeksiyonu durumunda, gelincikler 14 gün boyunca virüsü taşırlar, ancak virüse karşı antikorlar birkaç ay boyunca devam eder (Monchatre-Leroy ve ark., 2021). Gelinciklerin SARS-CoV-2 ile deneysel enfeksiyonunda virüse karşı mutasyon geliştiği gösterilmiştir (Everett ve ark., 2021).

Tavşanların SARS-CoV-2 ile deneysel enfeksiyonunda burun ve boğazlarından virüsü saçtıkları belirlenmiştir. Bu durum tavşanların SARS-CoV-2'ye duyarlılığını göstermiştir (Mykytyn ve ark., 2021, ss. 1-7).

Üç tane solunum problemi olan ve kaybedilen pangolinde pangolin-CoV-2020 ve SARS-CoV-2 arasında nükleotit sekans özdeşliğinin %90.2 ve bireysel proteinler için protein sekans özdeşliğinin %100'e kadar olabileceği gösterilmiştir (Liu ve ark., 2020a). Malayan pangolin koronavirüs genomlarının SARS-CoV-2'ye %85.5 ve %92.4 oranında sekans benzerliği olduğu, SARS-CoV-2'ye ilgili virüslerin 2 alt soyunu temsil ettiği, bu alt soylardan birisinin SARS-CoV-2'ye reseptör bağlama alanında güçlü benzerlik gösterdiği (%97.4 amino asit benzerliği), dolayısıyla pangolinlerin yeni koronavirüslerin ortaya çıkmasında muhtemel konaklar olarak dikkate alınabileceği ve zoonotik bulaşmayı önlemek için pazar yerlerinden pangolinlerin çıkarılması gerektiği bildirilmiştir (Lam ve ark., 2020, ss. 282-285).

Sansarlarda tür içinde bulaşma meydana gelir, fakat pozitif olgularda insan aracılı bulaşmadan da şüphe edilmesi gerekir. İlk aşamada SARS-CoV-2'nin sansarlara bulaşması çevresel kontaminasyon yoluyla (örneğin atık su, evsel atıklar vs.) enfekte insanla dolaylı temas aracılığıyla meydana gelebilir. Fransa'da 33 yabancı sansarın 4'ünde SARS-CoV-2'ye karşı antikorların varlığı gösterilmiştir (Davoust ve ark., 2022).

Vizonların SARS-CoV-2 ile enfeksiyonunda vizonların etkenleri insanlara ve kedilere bulaştırdığı gösterilmiştir (Oreshkova ve ark., 2020). Hollanda'da vizon çiftliklerinin etrafında bulunan sokak kedileri ve yabancı kedilerde SARS-CoV-2'ye karşı antikorların varlığının belirlendiği, bu durum SARS-CoV-2 virüsünün vizonlardan kedilere bulaşabileceğini göstermiştir (Oreshkova ve ark., 2020). Dünyada kentsel alanlarda yüksek yoğunluklarda sokak ya da yabancı kedilerin bulunması SARS-CoV-2'nin geniş alanlara yayılabilmesine neden olabilir. Kediler SARS-CoV-2'ye büyük ölçüde duyarlıdır (Shi ve ark., 2020, ss. 1016-1020). SARS-CoV-2'nin yabancı gelincik ve vizonlara bulaşması halinde hayvanlar daha sonra devamlı rezervuar konaklar haline gelebilir ve insanlara ve diğer hayvan türlerine enfeksiyonu bulaştırabilir (Sharun ve ark., 2021, ss. 50-60). SARS-CoV-2 virüsünü taşıyan vizonlarla temas eden 12 insanın yeni ortaya çıkan bir varyantla enfekte olduğu gösterilmiştir (Lassauniere ve ark., 2021).

Afrika filllerinde SARS-CoV-2 spike proteini ve ACE2 arasında etkileşim bakımından virüs giriş olasılığının düşük düzeyde olduğu bildirilmiştir (Praharaaj ve ark., 2021).

İnsandan ak kuyruklu geyiklere SARS-CoV-2'nin bulaştırıldığı da bilimsel kaynaklarda bildirilmiştir (Hale ve ark., 2022, ss. 481-486).



İnsanlardaki COVID-19 yaban hayvanlarında risk oluşturuyor mu?

Hanedan ve ark.

Kentsel alanlarda çoğunlukla ev fareleri ve Norveç sıçanı bulunur. Bu türler muhtemelen SARS-CoV-2'ye duyarlı değildir. Deneysel çalışmalarda laboratuvar fareleri *Mus musculus domesticus*'da virüs çoğalmasının olmadığı, *in vitro* denemelerde ise SARS-CoV-2'nin *Mus musculus domesticus* ya da *Rattus norvegicus*'un ACE-2 hücre reseptörüne giremediği gösterilmiştir (Bao ve ark., 2020, ss. 830-833; Zhao ve ark., 2020). Diğer çalışmalarda da SARS-CoV-2'nin sıçan türü hayvanların hücrelerine giremediği saptanmıştır (Damas ve ark., 2020).

Hayvan enfeksiyonu denemeleri SARS-CoV-2'nin Suriye hamsterlerini ve Kuzey Amerika geyik faresi *Peromyscus maniculatus*'u enfekte edebileceğini göstermiştir ve ACE2 homoloji modelleme SARS-CoV-2'nin *Cricetidae* ailesinin diğer üyelerini muhtemelen enfekte edebileceğini göstermiştir (Damas ve ark., 2020; Griffin ve ark., 2020; Sia ve ark., 2020). Geyik farelerinin SARS-CoV-2 enfeksiyonundan sonra 1-4 gün arasında ağız ve rektum sıvı örneklerinde canlı virüsün saptandığı, enfeksiyondan sonra 6. günde virüs RNA'sının saptandığı bildirilmiştir (Bosco-Lauth ve ark., 2021; Griffin ve ark., 2021, ss. 3612). Ayrıca geyik farelerinde enfeksiyondan sonra 14. güne kadar nötralizan antikorların geliştiği belirtilmiştir (Griffin ve ark., 2021, ss. 3612). Fırça kuyruklu farelerde SARS-CoV-2 duyarlılığının gösterildiği bir çalışmada hayvanların klinik bulgular göstermediği, ancak akciğerlerde hafif lezyonların olduğu bildirilmiştir (Bosco-Lauth ve ark., 2021; Meekins ve ark., 2021).

Ev fareleri (*Mus musculus*), ağaç sincabı (*Sciurus niger*), tarla sincabı (*Urocyon v. elegans*), siyah kuyruklu çayır köpeklerinin (*Cynomys ludovicianus*) SARS-CoV-2 ile deneysel enfeksiyonunda dirençli oldukları bildirilmiştir (Bosco-Lauth ve ark., 2021).

Mısır meyve yarasaları SARS-CoV-2'ye duyarlıdır ve ara sıra kentsel alanlarda bulunmaktadırlar (Schlottau ve ark., 2020, ss. e218-e225).

SARS-CoV-2 enfeksiyonunun insanlardan yabani kedilere ve yarı ortakçı küçük memelilere bulaşması ve bunların da enfeksiyonu diğer memelilere bulaştırma riskleri yüksektir. İnsanlardan ara konaklara bulaşma olaylarını önlemek için hijyen önlemlerini tasarlamak ve gerçekleştirmek önemli bir sorundur (Gryseels ve ark., 2020, ss. 272-292).

Yabani memeli hayvanlarla doğrudan ya da dolaylı etkileşimde olan doğal çevreyi koruyucular, yaban hayvanı araştırmacıları ya da diğer insanların yabani memeli hayvan popülasyonları arasında SARS-CoV-2 bulaşma zincirini başlatma ihtimali ihmal edilemez (Gryseels ve ark., 2020, ss. 272-292). Serbest dolaşan yarasalar insanlardan hastalığın yayılmasında temel gruptur. İnsanlar ekolojik araştırmalar, yaban hayvanı rehabilitasyonu, yaban hayvanı/insekt kontrolü ve hastalık araştırmalarında yarasalara dokunurlar ve yakın temasta olurlar (Olival ve ark., 2020).

Kaplumbağa ve yılanlar ACE2, SARS-CoV-2'nin S proteinine bağlanma yeteneğini kaybettiği için, bu reptillerin SARS-CoV-2 için potansiyel konaklar olarak kabul edilmemesi gerekir (Luan ve ark., 2020, ss. 1649-1656; Mahdy ve ark., 2020).



Hırvatistan'da serbest dolaşan ve kafeste tutulan yaban hayvanlarında SARS-CoV-2 antikorları 422 örneğin %2.8'inde pozitiflik, bu örnekler arasında yaban domuzlarında %3.9, kırmızı tilkilerde %2.9, çakallarda %4.6 oranlarında pozitiflik olduğu bildirilmiştir (Jemersic ve ark., 2021).

2021 yılında çoğu hayvanat bahçesi hayvanının Zoetis Şirketi tarafından bağışlanan rekombinant bir aşıyla bağışıklandığı bildirilmiştir (Cui ve ark., 2022). SARS-CoV-2 hayvan aşısı Carnivac-Cov Rusya'da mevcuttur ve etçil hayvanlar için üretilmiştir (Chavda ve ark., 2021, ss. 631).

4. TEK SAĞLIK YAKLAŞIMI

Tek Sağlık yaklaşımı paylaşılan ortamlarda insan, hayvan ve bitkinin optimum sağlık ve refahını sürdürmek için yerelden global düzeye kadar birlikte çalışan çeşitli sektör ve disiplinlerin ortak plan ve çabalarını içerir (Mushi, 2020).

Patojen, doğal konaklar, ara konaklar ve çevre arasında ilişkiler ve mutasyonların bilinmesiyle hayvandan insana ve insandan insana bulaşma özellikleri COVID-19'un mekanizmalarını anlamak ve yayılmasına karşı mücadele etmek için önemlidir (Konda ve ark., 2020, ss. e8932).

Hayvan rezervuarı ve bulaşma döngüsünün bilinmesi virüsün bulaşmasını önleyecek ve hafifletecektir (El Zowalaty ve Jarhult, 2020). Ortaya çıkan SARS-CoV-2'nin yayılması hızlı laboratuvar tanısı, uygun izolasyon, karantina önlemleri ve geliştirilen etkili aşı ve tedavi edici ilaçlarla kontrol altına alınabilir (Gollakner ve Capua, 2020; Konda ve ark., 2020, ss. e8932).

Hayvanat bahçesindeki hayvanlar ve yaban hayvanı türlerinin virüs taşıyıcılığı ya da ara konak olarak rollerinin araştırılması gereklidir (Konda ve ark., 2020, ss. e8932; Ahmad ve ark., 2020, 132-145).

Yaban hayvanları ile temasta olacak insanların hayvanlara SARS-CoV-2 bulaştırma riskini azaltmak için hijyen önlemlerine (maske, eldiven, dezenfeksiyon prosedürleri) dikkat etmeleri gerekmektedir. Yaban hayvanları üzerinde çalışmalar acil değilse ertelenmelidir (OIE, 2020).

5. KAYNAKLAR

Ahmad, T., Haroon Dhama, K., Sharun, K., Khan, F. M., Ahmed, I., Tiwari, R., Musa, T. H., Khan, M., Bonilla-Aldana, D. K., Rodriguez-Morales, A. J., & Hui, J. (2020). Biosafety and biosecurity approaches to restrain/contain and counter SARS-CoV-2/COVID-19 pandemic: a rapid-review. *Turkish Journal of Biology*, 44, 132-145.

Andersen, K. G., Rambaut, A., Lipkin, W. I., Holmes, E. C., & Garry, R. F. (2020). The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nature Medicine*, 26(4), 450-452.



Bartlett, S. L., Diel, D. G., Wang, L., Zec, S., Laverack, M., Martins, M., Caserta, L. C., Killian, M. L., Terio, K., Olmstead, C., Delaney, M. A., Stokol, T., Ivancic, M., Jenkins-Moore, M., Ingerman, K., Teegan, T., McCann, C., Thomas, P., McAloose, D., Sykes, J. M., & Calle, P. P. (2021). SARS-CoV-2 infection and longitudinal fecal screening in Malayan tigers (*Panthera tigris jacksoni*), Amur tigers (*Panthera tigris altaica*), and African lions (*Panthera leo krugeri*) at the Bronx zoo, New York, USA. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 51(4), 733-744.

Bao, L., Deng, W., Huang, B., Gao, H., Liu, J., Ren, L., Wei, Q., Yu, P., Xu, Y., Qi, F., Qu, Y., Li, F., Lv, Q., Wang, W., Xue, J., Gong, S., Liu, M., Wang, G., Wang, S., Song, Z., Zhao, L., Liu, P., Zhao, L., Ye, F., Wang, H., Zhou, W., Zhu, N., Zhen, W., Yu, H., Zhang, X., Guo, L., Chen, L., Wang, C., Wang, Y., Wang, X., Xiao, Y., Sun, Q., Liu, H., Zhu, F., Ma, C., Yan, L., Yang, M., Han, J., Xu, W., Tan, W., Peng, X., Jin, Q., Wu, G., & Qin, C. (2020). The pathogenicity of SARS-CoV-2 in hACE2 transgenic mice. *Nature*, 583(7818), 830-833.

Boni, M. F., Lemey, P., Jiang, X., Lam, T. T., Perry, B., Castoe, T., Rambaut, A., & Robertson, D. L. (2020). Evolutionary origins of the SARS-CoV-2 sarbecovirus lineage responsible for the COVID-19 pandemic. *Nature Microbiology*, 5(11), 1408-1417.

Bonilauri, P., & Rugna, G. (2021). Animal coronaviruses and SARS-CoV-2 in animals, what do we actually know? *Life*, 11, 123. Doi: 10.3390/life11020123.

Bosco-Lauth, A. M., Root, J. J., Porter, S. M., Walker, A. E., Guilbert, L., Hawvermale, D., Pepper, A., Maison, R. M., Hartwig, A. E., Gordy, P., Bielefeldt-Ohmann, H., & Bowen, R. A. (2021). Peridomestic mammal susceptibility to severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection. *Emerging Infectious Diseases*, 27(8), 2073-2080.

Chavda, V. P., Feehan, J., & Apostolopoulos, V. (2021). A veterinary vaccine for SARS-CoV-2: the first COVID-19 vaccine for animals. *Vaccines*, 9(6), 631.

Cui, J., Li, F., & Shi, Z. L. (2019). Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nature Reviews. Microbiology*, 17, 181-192.

Cui, S., Liu, Y., Zhao, J., Peng, X., Lu, G., Shi, W., Pan, Y., Zhang, P., & Wang, Q. (2022). An updated review on SARS-CoV-2 infection in animals. *Viruses*, 14(7), 1527.

Damas, J., Hughes, G. M., Keough, K. C., Painter, C. A., Persky, N. S., Corbo, M., Hiller, M., Koepfli, K-P., Pfenning, A. R., Zhao, H., Genereux, D. P., Swofford, R., Pollard, K. S., Ryder, O. A., Nweeia, M. T., Lindblad-Toh, K., Teeling, E. C., Karlsson, E. K., & Lewin, H. A. (2020). Broad host range of SARS-CoV-2 predicted by comparative and structural analysis of ACE2 in vertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117, 22311-22322.

Davoust, B., Guérin, P., Orain, N., Fligny, C., Flirden, F., Fenollar, F., Mediannikov, O., & Edouard, S. (2022). Evidence of antibodies against SARS-CoV-2 in wild mustelids from Brittany (France). *Tranboundary and Emerging Diseases*, 1-8. Doi: 10.1111/tbed.14663.



Delahay, R., de la Fuente, J., Smith, G., Sharun, K., Snary, E., Giron, L. F., Nziza, J., Fooks, A. R., Brookes, S. M., Lean, F. Z. X., Breed, A. C., & Gortazar, C. (2021). Assessing the risks of SARS-CoV-2 in wildlife. *One Health Outlook*, 3, 7. Doi: 10.1186/s42522-021-00039-6.

Deng, W., Bao, L., Gao, H., Xiang, Z., Qu, Y., Song, Z., Gong, S., Liu, J., Liu, Yu, P., Qi, F., Xu, Y., Li, F., Xiao, C., Lv, Q., Xue, J., Wei, Q., Liu, M., Wang, G., Wang, S., Yu, H., Chen, T., Liu, X., Zhao, W., Han, Y., & Qin, C. (2020). Ocular conjunctival inoculation of SARS-CoV-2 can cause mild COVID-19 in rhesus macaques. *Nature Communications*, 11(1), 4400.

El Zowalaty, M. E., & Jarhult, J. D. From SARS to COVID-19: a previously unknown SARS-related coronavirus (SARS-CoV-2) of pandemic potential infecting humans-call for a One Health approach. *One Health*, 9, 100124. Doi: 10.1016/j.onehlt.2020.100124.

Everett, H. E., Lean, F. Z., Byrne, A. M., van Diemen, P. M., Rhodes, S., James, J., Mollett, B., Coward, V. J., Skinner, P., Warren, C. J., Bewley, K. R., Watson, S., Hurley, S., Ryan, K. A., Hall, Y., Simmons, H., Nunez, A., Carroll, M. W., Brown, I. H., & Brookes, S. M. (2021). Intranasal infection of ferrets with SARS-CoV-2 as a model for asymptomatic human infection. *Viruses*, 13(1), 113.

Fernández-Bellon, H., Rodon, J., Fernández-Bastit, L., Almagro, V., Padilla-Solé, P., Lorca-Oró, C., Valle, R., Roca, N., Grazioli, S., Trogu, T., Bensaid, A., Carrillo, J., Izquierdo-Useros, N., Blanco, J., Parera, M., Noguera-Julian, M., Clotet, B., Moreno, A., Segales, J., & Vergara-Alert, J. (2021). Monitoring natural SARS-CoV-2 infection in lions (*Panthera leo*) at the Barcelona Zoo: Viral dynamics and host responses. *Viruses*, 13(9), 1683.

Gollakner, R., & Capua, I. (2020). Is COVID-19 the first pandemic that evolves into a panzootic? *Veterinaria Italiana*, 56, 7-8.

Griffin, B. D., Chan, M., Tailor, N., Mendoza, E. J., Leung, A., Warner, B. M., Duggan, A. T., Moffat, E., He, S., Garnett, L., Tran, K. N., Banadyga, L., Albietz, A., Tierney, K., Audet, J., Bello, A., Vendramelli, R., Boese, A. S., Fernando, L., Lindsay, L. R., Jardine, C. M., Wood, H., Poliquin, G., Strong, J. E., Drebot, M., Safronetz, D., Embury-Hyatt, C., & Kobasa, D. (2020). North American deer mice are susceptible to SARS-CoV-2. *bioRxiv*, 2020.2007.2025.221291. <https://doi.org/10.1101/2020>.

Griffin, B. D., Chan, M., Tailor, N., Mendoza, E. J., Leung, A., Warner, B. M., Duggan, A. T., Moffat, E., He, S., Garnett, L., Tran, K. N., Banadyga, L., Albietz, A., Tierney, K., Audet, J., Bello, A., Vendramelli, R., Boese, A. S., Fernando, L., Lindsay, L. R., Jardine, C. M., Wood, H., Poliquin, G., Strong, J. E., Drebot, M., Safronetz, D., Embury-Hyatt, C., & Kobasa, D. (2021). SARS-CoV-2 infection and transmission in the North American deer mouse. *Nature Communications*, 12(1), 3612.

Gryseels, S., Bruyn, L. D., Gyselings, R., Calvignac-Spencer, S., Leendertz, F. H., & Leirs, H. (2020). Risk of human-to-wildlife transmission of SARS-CoV-2. *Mammal Review*, 51(2), 272-292. Doi: 10.1111/mam.12225.



Hale, V. L., Dennis, P. M., McBride, D. S., Nolting, J. M., Madden, C., Huey, D., Ehrlich, M., Grieser, J., Winston, J., Lombardi, D., Gibson, S., Saif, L., Killian, M. L., Lantz, K., Tell, R. M., Torchetti, M., Robbe-Austerman, S., Nelson, M. I., Faith, S. A., & Bowman, A. S. (2022). SARS-CoV-2 infection in free-ranging white-tailed deer. *Nature*, 602(7897), 481-486.

Halfmann, P. J., Hatta, M., Chiba, S., Maemura, T., Fan, S., Takeda, M., Kinoshita, N., Hattori, S-I., Sakai-Tagawa, Y., Iwatsuki-Horimoto, K., Imai, M., & Kawaoka Y. (2020). Transmission of SARS-CoV-2 in domestic cats. *New England Journal of Medicine*, 383, 592-594.

Hassan, A. O., Case, J. B., Winkler, E. S., Thackray, L. B., Kafai, N. M., Bailey, A. L., McCune, B. T., Fox, J. M., Chen, R. E., Alsoussi, W. B., Turner, J. S., Schmitz, A., Lei, T., Shrihari, S., Keeler, S. P., Fremont, D. H., Greco, S., McCray, P. B., Perlman, S., Holtzman, M. J., Ellebedy, A. H., & Diamond, M. S. (2020). A SARS-CoV-2 infection model in mice demonstrates protection by neutralizing antibodies. *Cell*, 182, 744-753.

Jemeršić, L., Lojkić, I., Krešić, N., Keros, T., Zelenika, T. A., Jurinović, L., Skok, D., Bata, I., Boras, J., Habrun, B., & Brnić, D. (2021). Investigating the presence of SARS CoV-2 in free-living and captive animals. *Pathogens*, 10(6), 635.

Kim, Y. I., Kim, S. G., Kim, S. M., Kim, E. H., Park, S. J., Yu, K. M., Chang, J-H., Kim, E. J., Lee, S., Casel, M. A. B., Um, J., Song, M-S., Jeong, H. W., Lai, V. D., Kim, Y., Chin, B. S., Park, J-S., Chung, K-H., Foo, S-S., Poo, H., Mo, I-P., Lee, O-J., Webby, R. J., Jung, J. U., & Choi, Y. K. (2020). Infection and rapid transmission of SARS-CoV-2 in ferrets. *Cell Host & Microbe*, 27, 704-709.e2. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2020.03.023>.

Konda, M., Dodda, B., Konala, V. M., Naramala, S., & Adapa, S. (2020). Potential zoonotic origins of SARS-CoV-2 and insights for preventing future pandemics through One Health approach. *Cureus*, 12, e8932.

Kumar, A., Pandey, S. N., Pareek, V., Narayan, R. K., Faiq, M. A., & Kumari, C. (2020). Predicting susceptibility for SARS-CoV-2 infection in domestic and wildlife animals using ACE2 protein sequence homology. *Zoo Biology*, 40(1), 79-85.

Lam, T., Jia, N., Zhang, Y. W., Shum, M., Jiang, J. F., Zhu, H. C., Tong, Y. G., Shi, Y-X., Ni, X-B., Liao, Y-S., Li, W-J., Jiang, B-G., Wei, W., Yuan, T-T., Zheng, K., Cui, X-M., Li, J., Pei, G-Q., Qiang, X., Cheung, W., Li, L-F., Sun, F. F., Qin, S., Huang, J-C., Leung, G. M., Holmes, E. C., Hu, Y-L., Guan, Y., & Cao, W-C. (2020). Identifying SARS-CoV-2-related coronaviruses in Malayan pangolins. *Nature*, 583 (7815), 282-285.

Lassaunière, R., Fonager, J., Rasmussen, M., Frische, A., Polacek, C., Rasmussen, T. B., Lohse, L., Belsham, G. J., Underwood, A., Winckelmann, A. A., Bollerup, S., Bukh, J., Weis, N., Saekmose, S. G., Aagaard, B., Alfaro-Nunez, A., Molbak, K., Botner, A., & Fomsgaard, A. (2021). In vitro characterization of fitness and convalescent antibody neutralization of SARS-CoV-2 Cluster 5 variant emerging in mink at Danish farms. *Frontiers in Microbiology*, 12, 698944.



Liu, P., Jiang, J. Z., Wan, X. F., Hua, Y., Li, L., Zhou, J., Wang, X., Hou, F., Chen, J., Zou, J., & Chen, J. (2020a). Are pangolins the intermediate host of the 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2)? *PLOS Pathogens*, 16(5), e1008421. Doi: 10.1371/journal.ppat.1008421.

Liu, Z., Xiao, X., Wei, X., Li, J., Yang, J., Tan, H., Zhu, J., Zhang, Q., Wu, J., & Liu, L. (2020b). Composition and divergence of coronavirus spike proteins and host ACE2 receptors predict potential intermediate hosts of SARS-CoV-2. *Journal of Medical Virology*, 92(6), 595-601.

Lu, S., Zhao, Y., Yu, W., Yang, Y., Gao, J., Wang, J., Kuang, D., Yang, M., Yang, J., Ma, C., Xu, J., Qian, X., Li, H., Zhao, S., Li, J., Wang, H., Long, H., Zhou, J., Luo, F., Ding, K., Wu, D., Zhang, Y., Dong, Y., Liu, Y., Zheng, Y., Lin, X., Jiao, L., Zheng, H., Dai, Q., Sun, Q., Hu, Y., Ke, C., Liu, H., & Peng, X. (2020). Comparison of nonhuman primates identified the suitable model for COVID-19. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 5(1), 157.

Luan, J., Jin, X., Lu, Y., & Zhang, L. (2020). SARS-CoV-2 spike protein favors ACE2 from Bovidae and Cricetidae. *Journal of Medical Virology*, 92(9), 1649-1656.

Mahdy, M. A., Younis, W., & Ewaida, Z. (2020). An overview of SARS-CoV-2 and animal infection. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 596391. Doi: 10.3389/fvets.2020.596391.

Martinez-Hernandez, F., Isaak-Delgado, A. B., Alfonso-Toledo, A., Munoz-Garcia, C. I., Villalobos, G., & Arechiga-Ceballos, N. (2020). Assessing the SARS-CoV-2 threat to wildlife: Potential risk to a broad range of mammals. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 18, 223-234.

Meekins, D. A., Gaudreault, N. N., & Richt, J. A. (2021). Natural and experimental SARS-CoV-2 infection in domestic and wild animals. *Viruses*, 13(10), 1993.

McAloose, D., Laverack, M., Wang, L., Killian, M. L., Caserta, L. C., Yuan, F., Mitchell, P. K., Queen, K., Mauldin, M. R., Cronk, B. D., Barlett, S. L., Sykes, J. M., Zec, S., Stokol, T., Ingerman, K., Delaney, M. A., Fredrickson, R., Ivancic, M., Jenkins-Moore, M., Mazingo, K., Franzen, K., Bergeson, N. H., Goodman, L., Wang, H., Fang, Y., Olmstead, C., McCann, C., Thomas, P., Goodrich, E., Elvinger, F., Smith, D. C., Tong, S., Slavinski, S., Calle, P. P., Terio, K., Torchetti, M. K., & Diel, D. G. (2020). From people to panthera: natural SARS-CoV-2 infection in tigers and lions at the Bronx zoo. *mBio*, 11(5), e02220-20. Doi: 10.1128/mBio.02220-20.

Monchatre-Leroy, E., Lesellier, S., Wasniewski, M., Picard-Meyer, E., Richomme, C., Boué, F., Lacote, S., Murri, S., Pulido, C., Vulin, J., Salguero, F. J., Gouilh, M., Servat, A., & Marianneau, P. (2021). Hamster and ferret experimental infection with intranasal low dose of a single strain of SARS-CoV-2. *The Journal of General Virology*, 102(3), 001567.

Munster, V. J., Feldmann, F., Williamson, B. N., van Doremalen, N., Perez-Perez, L., Schulz, J., Meade-White, K., Okumura, A., Callison, J., Brumbaugh, B., Avanzato, V. A., Rosenke, R., Hanley, P. W., Saturday, G., Scott, D., Fischer, E., & de Wit, E. (2020). Respiratory disease and virus shedding in rhesus macaques inoculated with SARS-CoV-2. *bioRxiv*. Doi: 10.1038/s41586-020-2324-7.

Mushi, V. (2020). The holistic way of tackling the COVID-19 pandemic: the one health approach. *Tropical Medicine and Health*, 48, 69. Doi: 10.1186/s41182-020-00257-0.

Mykityn, A. Z., Lamers, M. M., Okba, N. M., Breugem, T. I., Schipper, D., van den Doel, P. B., van Run, P., van Amerongen, G., de Waal, L., Koopmans, M. P., Stittelaar, K. J., van den Brand, J., & Haagmans, B. L. (2021). Susceptibility of rabbits to SARS-CoV-2. *Emerging Microbes and Infections*, 10, 1-7.

OIE. (2020). World Organization for Animal Health. Guidelines for working free-ranging wild mammals in the era of the COVID-19 pandemic. Access date: 21.03.2021. https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Our_scientific_expertise/docs/pdf/COVID-19/A_WHSG_and_OIE_COVID-19_Guidelines.pdf.

Olival, K. J., Cryan, P. M., Amman, B. R., Baric, R. S., Blehert, D. S., Brook, C. E., Calisher, C. H., Castle, K. T., Coleman, J., Daszak, P., Epstein, J. H., Field, H., Frick, W. F., Gilbert, A. T., Hayman, D. T., S Ip, H., Karesh, W. B., Johnson, C. K., Kading, R. C., Kingston, T., Lorch, J. M., Mendenhall, I. H., Peel, A. J., Phelps, K. L., Plowright, R. K., Reeder, D. M., Reichard, J. D., Sleeman, J. M., Streicker, D. G., Towner, J. S., & Wang L. F. (2020). Possibility for reverse zoonotic transmission of SARS-CoV-2 to free-ranging wildlife: A case study of bats. *PLoS Pathogens*, 16(9), e1008758.

Oreshkova, N., Molenaar, R. J., Vreman, S., Harders, F., Oude Munnink, B. B., Hakze-van der Honing, R. W., Gerhards, N., Tolsma, P., Bouwstra, R., Sikkema, R. S., Tacken, M., Mt de Rooij, M., Weesendorp, E., Engelsma, M. Y., Brusckhe, C., Smit, L., Koopmans, M., van der Poel, W., & Stegeman, A. (2020). SARS-CoV-2 infection in farmed minks, the Netherlands, April and May 2020. *Eurosurveillance*. 25(23), 2001005. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.23.2001005>.

Praharaj, M. R., Garg, P., Kesarwani, V., Topno, N. A., Khan, R. I. N., Sharma, S., Panigrahi, M., Mishra, B. P., Mishra, B., Kumar, G. S., Gandham, R. K., Singh, R. K., Majumdar, S., & Mohapatra, T. (2021). SARS-CoV-2 Spike Glycoprotein and ACE2 interaction reveals modulation of viral entry in wild and domestic animals. *Frontiers in Medicine*, 8, 775572.

Richard, M., Kok, A., de Meulder, D., Bestebroer, T. M., Lamers, M. M., Okba, N. M. A., van Vlissingen, M. F., Rockx, B., Haagmans, B. L., Koopmans, M. P. G., Fouchier, R. A. M., & Herfst, S. (2020). SARS-CoV-2 is transmitted via contact and via the air between ferrets. *Nature Communications*, 11, 3496. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17367-2>.

Rockx, B., Kuiken, T., Herfst, S., Bestebroer, T., Lamers, M. M., Oude Munnink, B. B., de Meulder, D., van Amerongen, G., van den Brand, J., Okba, N. M., Schipper, D., van Run, P., Leijten, L., Sikkema, R., Verschoor, E., Verstrepen, B., Bogers, W., Langermans, J., Drosten, C., van Vlissingen, M. F., Fouchier, R., de Swart, R., Koopmans, M., & Haagmans, B. L. (2020). Comparative pathogenesis of COVID-19, MERS, and SARS in a nonhuman primate model. *Science*, 368(6494), 1012-1015.

Rodriguez-Morales, A. J., Bonilla-Aldana, D. K., Balbin-Ramon, G. J., Rabaan, A. A., Sah, R., Paniz-Mondolfi, A., Pagliano, P., & Esposito, S. (2020). History is repeating itself, a



probable zoonotic spillover as a cause of an epidemic: the case of 2019 novel Coronavirus. *Le Infezioni in Medicina*, 28(1), 3-5.

Schlottau, K., Rissmann, M., Graaf, A., Schön, J., Sehl, J., Wylezich C, Höper, D., Mettenleiter, T. C., Balkema-Buschmann, A., Harder, T., Grund, C., Hoffmann, D., Breithaupt, A., & Beer, M. (2020). SARS-CoV-2 in fruit bats, ferrets, pigs, and chickens: an experimental transmission study. *The Lancet Microbe*, 1, e218-e225. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30089-6](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30089-6).

Schmitt, C. A., Bergey, C. M., Jasinska, A. J., Ramensky, V., Burt, F., Svardal, H., & Turner, T. R. (2020). ACE2 and TMPRSS2 variation in savanna monkeys (*Chlorocebus* spp.): Potential risk for zoonotic/anthroponotic transmission of SARS-CoV-2 and a potential model for functional studies. *PLoS One*, 15(6), e0235106. Doi: 10.1371/journal.pone.0235106.

Sharun, K., Tiwari, R., Natesan, S., & Dhama, K. (2021). SARS-CoV-2 infection in farmed minks, associated zoonotic concerns, and importance of the One Health approach during the ongoing COVID-19 pandemic. *Veterinary Quarterly*, 41(1), 50-60.

Shi, J., Wen, Z., Zhong, G., Yang, H., Wang, C., Huang, B., Liu, R., He, X., Shuai, L., Sun, Z., Zhao, Y., Liu, P., Liang, L., Cui, P., Wang, J., Zhang, X., Guan, Y., Tan, W., Wu, G., Chen, H., & Bu, Z. (2020). Susceptibility of ferrets, cats, dogs, and other domesticated animals to SARS-coronavirus 2. *Science*, 368, 1016-1020.

Sia, S. F., Yan, L. M., Chin, W. H., Fung, K., Choy, K. T., Wong, Y. L., Kaewpreede, P., Perera, R., Poon, L. L., Nicholls, J. M., Peiris, M., & Yen, H. L. (2020). Pathogenesis and transmission of SARS-CoV-2 in golden hamsters. *Nature*, 583, 834-838.

Sun, J., Zhuang, Z., Zheng, J., Li, K., Wong, L. Y., Liu, D., Huang, J., He, J., Zhu, A., Zhao, J., Li, X., Xi, Y., Chen, R., Alshukairi, A. N., Chen, Z., Zhang, Z., Chen, C., Huang, X., Li, F., Lai, X., Chen, D., Wen, L., Zhuo, J., Zhang, Y., Wang, Y., Huang, S., Dai, J., Shi, Y., Zheng, K., Leidinger, M. R., Chen, J., Li, Y., Zhong, N., Meyerholz, D. K., McCray, P. B., Perlman, S., & Zhao J. (2020). Generation of a broadly useful model for COVID-19 pathogenesis, vaccination, and treatment. *Cell*, 182, 734-743.

Tiwari, R., Dhama, K., Sharun, K., Yattoo, M., Malik, Y. S., Singh, R., Michalak, I., Sah, R., Bonilla-Aldana, D. K., & Rodriguez-Morales A. J. (2020). COVID-19: animals, veterinary and zoonotic links. *Veterinary Quarterly*, 40(1), 169-182.

Valencak, T. G., Csiszar, A., Szalai, G., Podlutsky, A., Tarantini, S., Fazekas-Pongor, V., Papp, M., & Ungvari, Z. (2021). Animal reservoirs of SARS-CoV-2: calculable COVID-19 risk for older adults from animal to human transmission. *GeroScience*, 43(5), 2305-2320.

Wang, L., Mitchell, P. K., Calle, P. P., Bartlett, S. L., McAloose, D., Killian, M. L., Yuan, F., Fang, Y., Goodman, L. B., Fredrickson, R., Elvinger, F., Terio, K., Franzen, K., Stuber, T., Diel, D. G., & Torchetti, M. K. (2020). Complete genome sequence of SARS-CoV-2 in a tiger from a U.S. zoological collection. *Microbiology Resource Announcements*, 9(22), e00468-20. Doi: 10.1128/MRA.00468-20.



Woolsey, C., Borisevich, V., Prasad, A. N., Agans, K. N., Deer, D. J., Dobias, N. S., Heymann, J. C., Foster, S. L., Levine, C. B., Medina, L., Melody, K., Geisbert, J. B., Fenton, K. A., Geisbert, T. W., & Cross, R. W. (2020). Establishment of an African green monkey model for COVID-19. *Nature Immunology*, 22(1), 86-98.

Xiao, K., Zhai, J., Feng, Y., Zhou, N., Zhang, X., Zou, J. J., Li, N., Guo, Y., Li, X., Shen, X., Zhang, Z., Shu, F., Huang, W., Li, Y., Zhang, Z., Chen, R. A., Wu, Y. J., Peng, S. M., Huang, M., Xie, W. J., Cai, Q. H., Hou, F. H., Liu, Y., Chen, W., Xiao, L., & Shen, X. (2020). Isolation and characterization of 2019-nCoV-like coronavirus from Malayan Pangolins. *bioRxiv*. Doi: 10.1101/2020.02.17.951335.

Zhao, Y., Wang, J., Kuang, D., Xu, J., Yang, M., Ma, C., Zhao, S., Li, J., Long, H., Ding, K., Gao, J., Liu, J., Wang, H., Li, H., Yang, Y., Yu, W., Yang, J., Zheng, Y., Wu, D., Lu, S., Liu, H., & Peng, X. (2020). Susceptibility of tree shrew to SARS-CoV-2 infection. *Scientific Reports*. 10(1), 16007.

Zhou, P., Yang, X. L., Wang, X. G., Hu, B., Zhang, L., Zhang, W., Si, H. R., Zhu, Y., Li, B., Huang, C. L., Chen, H. D., Chen, J., Luo, Y., Guo, H., Jiang, R. D., Liu, M. Q., Chen, Y., Shen, X. R., Wang, X., Zheng, X. S., Zhao, K., Chen, Q. J., Deng, F., Liu, L. L., Yan, B., Zhan, F. X., Wang, Y. Y., Xiao, G. F., & Shi ZL. (2020). A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*, 579, 270-273.