

关于野生动物、动物园和 SARS-COV-2 病毒的科学事实和知识

本问答表由 EAZWV 传染病工作组编制

最近更新时间：2020 年 4 月 6 日——第 5 版

初步说明：本资料介绍的科学内容来自可靠来源，如国际兽疫局、欧洲国家参考实验室、世界卫生组织和 COVID-19 爆发之前关于冠状病毒的科学文献。

每天都有大量新的科学内容出现[3011]，而且还在不断增加，但是要注意检查来源，例如预印本服务器和经过同行评审的来源。

Lit Cov（见在线参考资料）是日常出版物的可靠来源。

此外，我们尚未获得了解各种动物易感性和可能遭受的损害所需的全部真实科学信息。这些信息可能需要几个月、几年、或更长的时间获取。

目录

背景	1
问答	1
冠状病毒一般情况	1
冠状病毒在野生物种/动物园动物中是否常见？	1
冠状病毒会引发什么疾病？	2
冠状病毒是否能从动物传染给人类？	2
SARS-CoV-2	2
SARS-CoV-2 与哪些动物物种有关？	2
为什么 COVID-19 突破了物种壁垒？是否会在动物园里发生？	3
那么检测呈阳性的食肉动物呢？对其他物种的敏感性如何？	3
动物检测怎么样？	5
动物园环境	5
是否存在由游客/饲养员传染给动物的风险？	5
关于动物园动物传染给游客/饲养员的风险的可靠声明？	6
病毒在环境中的稳定性如何？	6
在线参考资料	7
文献	7

背景

COVID-19 是一种病毒性传染病（最后一个字母 d 表示疾病），具备人传人的能力，2019 年 12 月 31 日在中国武汉首次报道。截至本文撰写之时，该病毒已在全球 180 个国家造成超过 1,300,000 例人类病例。病毒名称是 SARS-COV-2，属于冠状病毒科。之所以这样命名，是因为这种病毒与 2002-2003 年爆发的 SARS 病毒在基因上非常接近。2020 年 3 月 11 日，世界卫生组织宣布该疾病为全球大流行疾病。

问答

以下是游客、主管或利益相关者可能会提出的关于动物园动物 COVID-19 风险评估的问题。

冠状病毒一般情况

冠状病毒在野生物/动物园动物中是否常见？

- 是，冠状病毒在哺乳动物和鸟类中很常见，但并不总是与疾病相关联，在许多家养和野生动物中经常出现大量无症状感染者。
- 该病毒属于 RNA 病毒科，包括 4 个主要组别：(2)
 - o 甲型冠状病毒属：主要在蝙蝠体内发现，但该组别还包含：



- 猫冠状病毒 FeCov，包括两种形式（FeCV 和 FIP）（16）
- 犬冠状病毒
- 人类病毒，如 HCov 229-E，通常是普通感冒的组成部分
- 乙型冠状病毒属：在哺乳动物中最常见，包括从食肉动物到有蹄类动物(11)(15)，从刺猬到蝙蝠。此外还包括最近出现的 3 种冠状病毒疾病：
 - MERS 冠状病毒
 - SARS 病毒
 - SARS 病毒
 - HCoV-OC43，人类中最普遍的感冒传染病病原体之一
- 丙型冠状病毒属：来自鲸目动物（白鲸、海豚）的病毒，以及十几种纯鸟类病毒
- 丁型冠状病毒属：(35)大多数是鸟类特有的冠状病毒，还有一些是最近从豹猫身上发现的猪病毒
- 众所周知，翼手目动物是多种病毒的宿主，包括同时存在的多种冠状病毒(30)。这些病毒还包括一些非常特殊的冠状病毒，它们只对一种蝙蝠或一个蝙蝠属有特异性。
- 家养物种（包括犬、猫、牛和猪）出生后第一年，超过 80%对至少一种冠状病毒呈血清阳性，但没有表现出临床症状。

冠状病毒会引发什么疾病？

- 冠状病毒能够感染几种类型的体细胞，但是经常侵袭上皮细胞，尤其是消化道粘膜和/或呼吸道的上皮细胞。这种嗜性导致的疾病主要分为两类：
 - 腹泻和肠道疾病（例如在小牛身上，有时与轮状病毒有关）
 - 呼吸综合征，上呼吸道感染（如普通感冒）甚至支气管炎。
- SARS-Cov-2 似乎也有侵袭神经的可能，例如导致人类嗅觉丧失和味觉障碍的迹象。

冠状病毒是否能从动物传染给人类？

- 一般来说，冠状病毒具有物种适应性，从一个物种传染给另一个物种的情况很少见。只有少数描述的冠状病毒种类显示出广泛的宿主物种范围：
 - SARS-CoV（人类、果子狸、貉、菊头蝠、猪）
 - MERS-CoV（人类、蝙蝠、刺猬、骆驼）
 - Bov-CoV（牛、野生反刍动物、骆驼科、犬、偶见人类感染）(1)
- 传染不一定意味着疾病。大多数时候，当传染给另一个物种时，新宿主中只有亚临床疾病（与人类的 COVID-19 不同）。
- 病毒通常缺乏可避免/修复动物细胞基因组复制错误的调节机制。因此突变率更大，这解释了为什么病毒能在随时间（相对较短）适应新的宿主。然而，最近已经表明，一些冠状病毒在某些环境条件下能够进行某些复制调节，这使其成为了更复杂的衔接子。
- 冠状病毒突变率并不比大多数其他病毒科高。然而，
 - RNA 病毒比 DNA 病毒更容易发生突变。
 - 冠状病毒的 RNA 比其他 RNA 病毒长，与核酸较短的病毒相比，增加了复制事件的可能性。
- 重组能力也是冠状病毒的一个重要特征，这在 2002 年的非典疫情中得到了很好的研究。与突变相结合，这使得冠状病毒适应性（例如，受体结合能力、温度适应酶）出现的时间比其他病毒更短。

SARS-CoV-2

与哪些动物物种有关？

- SARS-CoV2 与 Bat-CoV-RaTG13 显示出 96.3%的基因组同一性，而之前在中国云南省的中菊头蝠体内检测到了这种同一性。



- 然而，这两种病毒在棘突蛋白的受体结合域 RBD 上有所不同：SARS-CoV-2 的 RBD 适应于受体 ACE2，从而允许其进入人类细胞，而 Bat-CoV- RaTG13 则不适应。
- 在 2017 年和 2018 年没收的马来穿山甲体内发现了穿山甲冠状病毒（Pangolin-CoV）。关于短 RBD 的范围，Pangolin-CoV 比 Bat-CoV-RaTG13 更类似于 SARS-CoV-2。Pangolin-CoV 与 SARS-CoV-2 在侵袭人类细胞的过程中共享所有五种关键氨基酸，而 Bat-CoV-RaTG13 基因组仅共享五分之一。但重要的是要注意到，穿山甲或任何其他物种还没有被确定为这次 SARS-CoV-2 爆发的中间宿主或扩增宿主。在全基因组的基础上，穿山甲冠状病毒与 SARS-CoV-2 非常不同。
- COVID-19 在中国出现时，菊头蝠正在冬眠，因此人们普遍认为，SARS-CoV-2 是起源于 Bat-CoV-RaTG13 的祖先，但在 RBD 范围有一个中间宿主/扩增宿主需要重配才能侵袭人类细胞。显然这一切在现阶段都是推测性的。

为什么 COVID-19 突破了物种壁垒？是否会在动物园里发生？

- 对于一种病毒来说，要实现这种跨越，有许多因素需要考虑：被感染的动物、传染性分泌物、非常密切的接触以及时间上的重复。
- 因此，野生动物市场是种间传播的独特机会：
 - 卫生条件差（屠宰）
 - 压力大的动物容易传播大量病毒
 - 多个物种之间持续的密切接触（野生环境中不大可能）
 - 靠近牲畜、家禽和家畜
 - 野生动物作为小型家庭宠物或现场宰杀后食用（有时是生食），促进了病毒和宿主肠道的密切接触。
- 动物园的环境非常不同：
 - 卫生条件好
 - 动物的生活条件优质，最大程度降低了动物的压力
 - 动物健康监测和主动监测、兽医观察、筛查
 - 通常是圈养动物
 - 没有人食用野生动物
- 时间也是非常重要的因素：几项基因回顾性研究和系统发生研究一致认为，非典和中东呼吸综合征的出现与数十年的持续密切接触有关，使得多个突变和重组事件连续发生。

那么检测呈阳性的食肉动物呢？对其他物种的敏感性如何？

- 通过重组，新的 SARS-CoV-2 获得了进入人类细胞的分子能力，以及在某些尚未阐明的情况下感染其他动物物种的能力。
- 下面概述了 4 份有关“检测呈阳性”家养食肉动物的详细病例报告。一个共同的特点是，在这四个病例中，宠物均由检测呈阳性、脱落主人饲养和照顾。
 - 香港零号病犬（波美拉尼亚犬，17 岁），与 COVID 检测呈阳性、患病主人一起生活，鼻腔和口腔拭子 PCR 检测结果呈弱阳性（重复 5 次），而粪便样本呈阴性。第一次血清学检查呈阴性，但香港卫生署报告第二次检查呈阳性（https://www.news.gov.hk/eng/2020/03/20200326/20200326_210657_932.html）。这只狗死于老年肾脏和心脏衰竭，据报告与 SARS-Cov-2 无关，而主人否认进行了尸检。
 - 二号病犬（德国牧羊犬，2 岁），与 COVID-19 检测呈阳性、患病主人一起生活。只有一项检测鼻腔和口腔拭子呈 PCR 阳性。无任何症状。这只动物和另一只 4 岁大的狗一起接受检疫，结果仍为阴性。无任何进一步的血清学检查数据。
 - 比利时的猫：在与受感染的主人（从意大利回国）一起生活一周后，这只猫出现了与冠状病毒症状一致的征状：厌食、腹泻、呕吐和咳嗽。RT PCR 结果显示，洗胃和粪便中 SARS-Cov-2 呈阳性，病毒 RNA 复制数较高。在出现临床症状 9 天后，这只猫的健康状况开始改善，直到症状消失。



- o 香港的猫：一只家养短毛猫，当它的主人被证实感染 COVID-19 病毒后，这只猫被送往一家国家动物饲养机构接受检疫。口腔、鼻腔和直肠样本的病毒检测结果呈阳性。这只猫无任何症状。

(来源: https://www.news.gov.hk/eng/2020/03/20200331/20200331_220128_110.html?type=ticker)

- bioRxiv 预印论文网站上发布的一项非同同行评审研究[01.04.2020] (44) 详细介绍了中国武汉的一项研究，该研究采用 ELISA 法，以 SARS-CoV-2 受体结合区 (RBD) 为靶标，对 39 份 COVID-19 疫情爆发前[血清库]和 102 份 COVID-19 疫情爆发后家猫血清样本[动物收容所或宠物医院]进行了检测，有 15/102 份 COVID-19 疫情爆发后样本检测结果呈阳性。在这 15 份样本中，有 11 份还携有 SARS-CoV-2 中和抗体，效价范围为 1/20 - 1/1080。SARS-CoV-2 与 I 型或 II 型猫传染性腹膜炎病毒 (FIPV) 之间未检测到血清学交叉反应，COVID-19 检测呈阳性的主人饲养的 3 只猫的效价最高，说明中和效价高可能由猫与 COVID-19 患者密切接触所致
- 在韩国和美国的感染地区，采用 RT PCR 对 4000 多只狗、猫和马进行了筛查。无阳性结果 (<https://www.idexx.com/en/veterinary/reference-laboratories/idexx-sars-cov-2-COVID-19-realpcr-test/>)。
- 在此阶段，仍然很难区分被动携带和宠物病媒作用以及这 4 个报告病例中猫和狗的真正流行病学作用。病毒载量总是短暂存在，几天或几周后恢复为零，并存在于被动污染的解剖学部位 (动物鼻子靠近主人，舔食和吞咽患病主人皮肤或环境中的病毒)。
- SARS-CoV-2 感染其他物种的能力主要通过 **体外**对各种哺乳动物细胞的感染试验进行评估，或根据 RBD / ACE2 受体结合能力通过计算机模拟预测进行评估 (2, 23)。在 4 项不同研究中，结合这两种方法给出了下表 A 中的报告。
- 此外，实验室利用动物模型对 SARS-CoV-2 进行检测，正得出第一批结果：中国的研究小组报告了从感染恒河猴 (<https://www.researchsquare.com/article/rs-15756/v1>) 和携带人 ACE2 基因的转基因小鼠 (<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.02.07.939389v3>) 中获得的初步结果。致力于白鼬研究的实验室表示，他们很快也会得到初步结果：由澳大利亚动物卫生实验室 (吉朗) 的病毒学家 SS Vasan 领导的一个研究小组发现，这些动物很容易感染 SARS-CoV-2 (<https://www.nature.com/articles/d41586-020-00698-x#ref-CR1>)

表 A: 从 (16)、(25)、(36) 中获得的关于物种对 SARS_CoV-2 敏感性的现有知识

物种	体外		受体结合计算机预测 评分/5: 匹配氨基酸	体内实验感染成功
	感染细胞	病毒粒子侵入		
菊头蝠	是	是	很可能	尚未
华美鼠耳蝠	?	否	?	尚未
吸血蝠	?	?	很可能 (4/5)	尚未
食蟹猴	?	是	很可能 (5/5)	尚未
东非狒狒	?	?	很可能 (5/5)	尚未
猩猩	?	?	很可能 (5/5)	尚未
黑猩猩	?	?	很可能 (5/5)	尚未
猪	是	否	很可能 (5/5)	尚未
牛	?	否	很可能 (4/5)	尚未
大象	?	?	不太可能 (3/5)	尚未
骆驼	?	?	?	尚未
小鼠	否	否	不太可能 (2/5)	
大鼠	?	?	不太可能 (3/5)	
中国仓鼠	?	否	很可能 (4/5)	
豚鼠	?	?	不太可能 (2/5)	
狗	?	是	很可能 (3/5)	否, 但血清阳转
家猫	?	?	很可能 (3/5)	是+传播给其他猫
白鼬	是	是	很可能	是+传播给其他白鼬
猫鼬	?	?	不太可能 (2/5)	尚未
麝猫	是	?	很可能	尚未
浣熊	?	?	不太可能 (2/5)	尚未
大象	?	?	不太可能 (3/5)	尚未



- **2020年4月5日**：布朗克斯动物园透露，一只马来亚虎 SARS-CoV-2 qPCR 检测呈阳性（https://www.aphis.usda.gov/aphis/newsroom/news/sa_by_date/sa-2020/ny-zoo-COVID-19），另有 1 只马来亚虎、2 只东北虎和 3 只非洲狮出现轻微呼吸道症状，并出现干咳。这一结果得到了位于爱荷华州艾姆斯的美国农业部国家兽医服务实验室的证实。此时，纽约市正在经历大规模的人口流动和 COVID-19 传播。在布朗克斯动物园，已为饲养员实施了个人防护装备，并停止使用压力软管进行清洁。在动物园环境中使用 PPE 保护动物时，必须仔细权衡前线医务人员的需求。
- 最近两篇仍在审查中的论文（22，33）显示，白鼬和家猫多少属于易感物种，因为它们能够实验感染，表现出轻度（猫）到较严重（白鼬）的临床症状，而且分泌足够的病毒以有效地传播给同伴。相比之下，狗的复制能力似乎很小，而鸡、鸭和猪显然不易感染。
- 应特别注意所有新发表的论文和有关动物物种对病毒的易感性的信息：
 - 其目的有时是评估动物物种在传播中的实际作用，有时是确定进一步治疗和疫苗接种检测所需的潜在动物模型。
 - 得出结论的方法可能会有很大的不同，如下例所示：
 - 仅体内检测（通常不考虑宿主的免疫系统影响）
 - 原始计算机模型（预测分子结合能力）
 - 实验感染采用高感染剂量的 SARS-CoV-2 直接注射到鼻部、气管或血液中
 - 因此，尽管所有这些研究都提供了有价值的信息，但这些信息可能并不直接适用于日常生活（例如，动物没有接触到极端的病毒载量）

动物检测怎么样？

- 在人类身上，目前的检测主要依赖于对病毒 RNA 的 RT-PCR 研究，这些病毒 RNA 主要来自鼻咽和口咽拭子，也来自粪便。这些检测要么为定性检测（首选的快速检测方法），要么为定量检测，以精确评估病毒载量。除了这些直接检测外，还有许多血清学检测方法正在研发中，其中大多采用“快速检测”的形式。
- 对于兽医实验室，Idexx 已研发出自己的 RT-PCR。对狗和猫的初步研究表明：
 - RT-PCR 检测结果显示不与其他冠状病毒（如猫冠状病毒）交叉反应，具有良好的特异性
 - 猫或犬冠状病毒（ELISA）常规商业检验结果也显示不与 SARS-COV-2 交叉反应。
- 到目前为止，市场上还没有兽医实验室对动物进行 PCR 或血清学检测。
- 有几项血清学检测结果即将发布，特别是为了支持许多国家的解禁阶段。回顾这些检测中采用的方法（快速流动法、ELISA）表明，其中一些方法可能对其他动物物种（如非人灵长类动物）有进一步的应用潜力，但这种应用尚未得到适当评估，需要进一步研究。

动物体内 COVID-19 病毒的检测符合通过全球动物卫生信息系统（WAHIS）向世界动物卫生组织（OIE）报告的标准，符合世界动物卫生组织《陆生动物卫生法典》中有关新现疾病的规定。因此，任何动物体内检测到 COVID-19 病毒（包括有关物种、诊断检测和相关流行病学信息）均应报告给世界动物卫生组织。请参阅 OIE 检测指南和建议：https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Our_scientific_expertise/docs/pdf/COV19/Guidance_for_animal_health_laborat

动物园

关于 SARS-CoV-2 的 EAZA 声明请点击此处：

<https://www.eaza.net/assets/Uploads/Mailing-uploads/2020/2020-03-Corona-Virus-statement.pdf>

是否存在由游客/饲养员传染给动物的风险？

- 根据现有知识，SARS-CoV-2 具有进入多种动物物种细胞的能力，如蝙蝠、猫、白鼬和一些灵长类动物。因此，这些物种科（即猫科动物、鼬科动物）与感染/疑似感染 COVID-19 的人类之间的密切接触应随时加以限制。人与动物之间的距离限制应与人与人之间的距离限制相同（1.5-2m）。



- 处理或照料动物的个人（游客或饲养员）应采取以下基本卫生措施：
 - o 生病时应避免与动物接触
 - o 在处理动物、动物食物或供给品之前和之后彻底洗手
 - o 避免任何亲密接触，如“亲吻”或抚摸（尤其是未戴手套时）
 - o 当无法保持最小距离时，应戴上口罩和其他类型的 PPE（例如麻醉下临床检查）
- 关于类人猿，已有一些指导文件：
 - o 欧洲动物园暨水族协会类人猿分类咨询小组兽医顾问的指导文件
 - o AZA / ZAHP 融合中心的指导文件：https://zahp.aza.org/wp-content/uploads/2020/03/COVID-19-and-Great-Apes_3.12.2020.pdf
 - o 类人猿、COVID-19 和 SARS CoV-2: IUCN SSC 野生动物卫生专家小组和灵长类动物专家小组关于类人猿的联合声明。
https://www.eazwv.org/resource/resmgr/files/transmissible_diseases_handbook/resources/Final_-_SARS_CoV-2_and_Great.pdf

关于动物园动物传染给游客/饲养员的风险的可靠声明？

- 动物园动物接受兽医护理，包括对传染病的持续监测。对于某些特定物种，筛查某些冠状病毒已成为入境要求的一部分（例如某些猫科动物中的 FIP），或者当出现任何临床症状时（例如小牛科动物腹泻）也很容易发现
- 与冠状病毒关系密切的翼手目动物物种（如亚洲菊头蝠或其他小型食虫动物物种）不在欧洲动物园的收集范围内，欧洲动物园主要收集蝙蝠，因为这些蝙蝠并不是著名的人畜共患冠状病毒的宿主。
- 动物园的环境、卫生和福利条件根本无法与野生动物市场的条件相比。动物园采用了堪称典范的卫生和环境卫生措施，良好的饲养条件适应了物种的需要，并对其所饲养的所有动物进行日常监测。
- 人们可能害怕动物被饲养员感染并传回给饲养员/游客。根据家养动物（猫、狗）被人类自然感染后排出的病毒载量的一些例子，排出的病毒剂量似乎很低，很可能低于最低感染剂量。一些国家卫生机构（比利时 SciCom、法国 ANSES，美国 USDA）和 OIE 认为这种人畜共患风险非常低
(<https://www.oie.int/en/scientific-expertise/specific-information-and-recommendations/questions-and-answers-on-2019novel-coronavirus/>)
- 因此，任何偶然感染的野生圈养动物释放出足够的病毒而感染饲养员和游客的风险被认为可能更低，因为与宠物相比，其传播距离更大。

病毒在环境中的稳定性如何？

- 感染媒介：在人类疾病的某些阶段，SARS-CoV-2 可通过口腔（唾液）、呼吸道（呼吸/气溶胶）以及肠道（粪便）、眼结膜（眼泪）和血液排出。在实验感染的白鼬中，到第 8 天，尿液中也发现了病毒，但其载量低于鼻腔冲洗液或粪便样本（21）。
- 在 56°C 以上（6）加热 10 min 或 70°C 下加热不到 5 min，可灭活 SARS-Cov-2
- SARS-CoV-1 和 SARS-CoV-2 在表面和气溶胶中似乎具有相同的稳定性（6，34）
 - o 在气溶胶中可存活长达 3 小时
 - o 在金属或塑料表面上 4 天后仍可检出，但其效价降低了很多（例如 72h 内组织培养感染剂量为 $10^{-10^{0.6}}$ /mL）
- 最有效的消毒剂仍然是酒精化合物，但要有适当的接触时间：丙醇（100%或 70%）或乙醇（70%）至少接触 **30 s**。对于其他化合物，如季铵或酚类化合物，冠状病毒的有效接触时间通常为 **10 min**。其他可以使用的消毒剂包括葡萄酒醋（1 min）、亚氯酸钠（1-2 min）、过氧化氢（通常 2 min）。其他常见的兽用消毒剂，如聚维酮碘 7.5%或氯己定 0.05%，也可在 5 分钟内灭活病毒（6，34）
- 需要注意的是，有些参考资料仅涉及 RNA 或基因组检测，而另一些则侧重于实际组织培养感染剂量。显然，后者更具相关性。

在线实时参考资料:

1. WHO: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>
2. 约翰霍普金斯大学:
<https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>
3. LitCOVID-19 数据库: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/research/coronavirus/>
4. BioOne 野生动物和冠状病毒数据库: <https://complete.bioone.org/COVID-19>
5. 鲁汶研究所“现存论文”: https://rega.kuleuven.be/if/corona_COVID-19

文献

1. Alekseev, K. P., A. N. Vlasova, K. Jung, M. Hasoksuz, X. Zhang, R. Halpin, S. Wang, E. Ghedin, D. Spiro et L. J. Saif. **2008**. "Bovine-like coronaviruses isolated from four species of captive wild ruminants are homologous to bovine coronaviruses, based on complete genomic sequences." *Journal of Virology* 82 (24):12422-31.
2. Anthony, S. J., Johnson, C. K., Greig, D. J., Kramer, S., Che, X., Wells, H., et al. **2017**. Global patterns in coronavirus diversity. *Virus Evolution*, 3(1), vex012.
3. Bao, Linlin, Wei Deng, Baoying Huang, Hong Gao, Jiangning Liu, et al. **2020**. "The Pathogenicity of SARS-CoV-2 in hACE2 Transgenic Mice." *BioRxiv*:2020.02.07.939389.
4. Bernard Stoecklin, S., P. Rolland, Y. Silue, A. Mailles, C. Campese, A. Simondon, M. Mechain, L. Meurice, M. Nguyen, C. Bassi, E. Yamani, S. Behillil, S. Ismael, D. Nguyen, D. Malvy, F. X. Lescure, S. Georges, C. Lazarus, A. Tabai, M. Stempfele t, V. Enouf, B. Coignard, D. Levy-Bruhl et Team Investigation. **2020**. "First cases of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in France: surveillance, investigations and control measures, January 2020." *Euro Surveill* 25 (6).
5. Casanova, Lisa M, Soyoung Jeon, William A Rutala, David J Weber, and Mark D Sobsey. **2010**. "Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces." *Applied and Environmental Microbiology* 76 (9):2712-2717.
6. Chin, A. W. H., Chu, J. T. S., Perera, M. R. A., Hui, K. P. Y., Yen, H.-L., Chan, M. C. W., et al. (2020). Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe*. [http://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](http://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3)
7. Corman, V. M., R. Kallies, H. Philipps, G. Gopner, M. A. Muller, I. Eckerle, S. Brunink, C. Drosten et J. F. Drexler. **2014**. "Characterization of a novel betacoronavirus related to middle East respiratory syndrome coronavirus in European hedgehogs." *J Virol* 88 (1):717-24.
8. Danchin, Antoine, Tuen Wai Patrick Ng et Gabriel Turinici. **2020**. "A new transmission route for the propagation of the SARS-CoV-2 coronavirus." *Preprint*
9. Darnell, Miriam ER, Kanta Subbarao, Stephen M Feinstone, and Deborah R Taylor. **2004**. "Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS- CoV." *Journal of virological methods* 121 (1):85-91.
10. Davis, E., B. R. Rush, J. Cox, B. DeBey et S. Kapil. **2000**. "Neonatal enterocolitis associated with coronavirus infection in a foal: A case report." *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 12 (2):153-156.
11. Easterbrook, J. D., J. B. Kaplan, G. E. Glass, J. Watson et S. L. Klein. **2008**. "A survey of rodent- borne pathogens carried by wild- caught Norway rats: a potential threat to laboratory rodent colonies." *Lab Anim* 42 (1):92-8.
12. Erles, K., C. Toomey, H. W. Brooks et J. Brownlie. **2003**. "Detection of a group 2 coronavirus in dogs with canine infectious respiratory disease." *Virology* 310 (2):216-23.
13. Ferguson, N. M. et M. D. Van Kerkhove. **2014**. "Identification of MERS-CoV in dromedary camels." *Lancet Infect Dis* 14 (2):93-4.
14. Fung, To S. et Ding X. Liu. **2014**. "Coronavirus infection, ER stress, apoptosis and innate immunity." *Frontiers in Microbiology* 5 (296).
15. Guan, W. J., Z. Y. Ni, Y. Hu, W. H. Liang, C. Q. Ou, J. X. He, L. Liu, H. Shan, et al. **2020**. "Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China." *New England Journal of Medicine*.
16. Hasoksuz, M., K. Alekseev, A. Vlasova, X. Zhang, D. Spiro, R. Halpin, S. Wang, E. Ghedin et L. J. Saif. **2007**.



- "Biologic, antigenic, and full-length genomic characterization of a bovine-like coronavirus isolated from a giraffe." *Journal of Virology* 81 (10):4981-90
17. Hoffmann, Markus, Hannah Kleine-Weber, Nadine Krüger, Marcel A Mueller, Christian Drosten et Stefan Pöhlmann. **2020**. "The novel coronavirus 2019 (2019-nCoV) uses the SARS- coronavirus receptor ACE2 and the cellular protease TMPRSS2 for entry into target cells." *BioRxiv*.
 18. Horzinek, Marian C et Hans Lutz. **2009**. "An update on feline infectious peritonitis." *Veterinary Sciences Tomorrow* 2001.
 19. Hu, D., C. Zhu, L. Ai, T. He, Y. Wang, F. Ye, L. Yang, C. Ding, X. Zhu, R. Lv, J. Zhu, B. Hassan, Y. Feng, W. Tan et C. Wang. **2018**. "Genomic characterization and infectivity of a novel SARS-like coronavirus in Chinese bats." *Emerg Microbes Infect* 7 (1):154.
 20. Jin, L., C. K. Cebra, R. J. Baker, D. E. Mattson, S. A. Cohen, D. E. Alvarado et G. F. Rohmann. **2007**. "Analysis of the genome sequence of an alpaca coronavirus." *Virology* 365 (1):198-203.
 21. Kampf, G., D. Todt, S. Pfaender et E. Steinmann. **2020**. "Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents." *Journal of Hospital Infection*.
 22. Y. Kim et al. **2020**. Infection and rapid transmission of SARS-CoV-2 in ferrets. *Cell Host and Microbe*. Published online March 30, 2020. doi: 10.1016/j.chom.2020.03.023. NOT PEER REVIEWED YET
 23. Lam, T.T., Shum, M.H., Zhu, H. et al. Identifying SARS-CoV-2 related coronaviruses in Malayan pangolins. *Nature* (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2169-0>
 24. Lau, S. K., P. C. Woo, C. C. Yip, R. Y. Fan, Y. Huang, M. Wang, R. Guo, C. S. Lam, A. K. Tsang, K. K. Lai, K. H. Chan, X. Y. Che, B. J. Zheng et K. Y. Yuen. **2012**. "Isolation and characterization of a novel Betacoronavirus subgroup A coronavirus, rabbit coronavirus HKU14, from domestic rabbits." *J Virol* 86 (10):5481-96.
 25. Laude, H. **1981**. "Thermal inactivation studies of a coronavirus, transmissible gastroenteritis virus." *Journal of General Virology* 56 (2):235-240.
 26. Luan, J., Lu, Y., Jin, X., & Zhang, L. **2020**. Spike protein recognition of mammalian ACE2 predicts the host range and an optimized ACE2 for SARS-CoV-2 infection. *Biochemical and Biophysical Research Communications*.
 27. Leclercq, India, Christophe Batejat, Ana M Burguière, and Jean-Claude Manuguerra. **2014**. "Heat inactivation of the Middle East respiratory syndrome coronavirus." *Influenza and other respiratory viruses* 8 (5):585-586.
 28. Li, J. Y., Z. You, Q. Wang, Z. J. Zhou, Y. Qiu, R. Luo et X. Y. Ge. 2020. "The epidemic of 2019- novel-coronavirus (2019-nCoV) pneumonia and insights for emerging infectious diseases in the future." *Microbes Infect*.
 29. Ong, Sean Wei Xiang, Yian Kim Tan, Po Ying Chia, Tau Hong Lee, Oon Tek Ng, Michelle Su Yen Wong et Kalisvar Marimuthu. 2020. "Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient." *JAMA*.
 30. Paraskevis, Dimitrios, Evangelia Georgia Kostaki, Gkikas Magiorkinis, Georgios Panayiotakopoulos, G Sourvinos et S Tsiodras. 2020. "Full-genome evolutionary analysis of the novel corona virus (2019-nCoV) rejects the hypothesis of emergence as a result of a recent recombination event." *Infection, Genetics and Evolution* 79:104212.
 31. Rabenau, HF, J Cinatl, B Morgenstern, G Bauer, W Preiser, and HW Doerr. 2005. "Stability and inactivation of SARS coronavirus." *Medical microbiology and immunology* 194 (1- 2):1-6.
 32. SciCom. 2020 Risque Zoonotique du SARS-Cov-2 associé aux animaux de compagnie : infection de l'animal vers l'homme et de l'homme vers l'animal
 33. Shi et al. 2020. Susceptibility of ferrets, cats, dog sand different domestic animals to SARS-coronavirus-2. *BioRxiv*.//doi.org/10.1101/2020.03.30.015347. NOT PEER REVIEWED YET
 34. van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D., Holbrook, M., Gamble, A., Williamson et al. 2020. Aerosol and surface stability of HCoV-19 (SARS-CoV-2) compared to SARS-CoV-1. *medRxiv*, 2020.03.09.20033217.
 35. van Boheemen, S., M. de Graaf, C. Lauber, T. M. Bestebroer, V. S. Raj, A. M. Zaki, A. D. Osterhaus, B. L. Haagmans, A. E. Gorbalenya, E. J. Snijder et R. A. Fouchier. 2012. "Genomic characterization of a newly discovered coronavirus associated with acute respiratory distress syndrome in humans." *mBio* 3 (6).
 36. Wacharapluesadee S, Duengkae P, Rodpan A, Kaewpom T, Maneern P, Kanchanasaka B, et al. 2015. Diversity of coronavirus in bats from Eastern Thailand. *Virol J*. Apr 11;12:57
 37. Wan, Yushun, Jian Shang, Rachel Graham, Ralph S Baric et Fang Li. 2020. "Receptor recognition by novel coronavirus from Wuhan: An analysis based on decade-long structural studies of SARS." *Journal of Virology*.
 38. Woo, P. C., S. K. Lau, C. M. Chu, K. H. Chan, H. W. Tsoi, Y. Huang, B. H. Wong, R. W. Poon, J. J. Cai, W. K. Luk,



- L. L. Poon, S. S. Wong, Y. Guan, J. S. Peiris et K. Y. Yuen. 2005. "Characterization and complete genome sequence of a novel coronavirus, coronavirus HKU1, from patients with pneumonia." *J Virol* 79 (2):884-95.
39. Woo, P. C., S. K. Lau, K. S. Li, R. W. Poon, B. H. Wong, H. W. Tsoi, B. C. Yip, Y. Huang, K. H. Chan et K. Y. Yuen. 2006. "Molecular diversity of coronaviruses in bats." *Virology* 351 (1):180-7.
40. Woo PC, Lau SK, Lam CS, Lau CC, Tsang AK, Lau JH, et al. 2012. Discovery of seven novel Mammalian and avian coronaviruses in the genus deltacoronavirus supports bat coronaviruses as the gene source of alphacoronavirus and betacoronavirus and avian coronaviruses as the gene source of gammacoronavirus and deltacoronavirus. *J Virol.* Apr;86(7):3995-4008
41. Wu, Z., L. Yang, X. Ren, J. Zhang, F. Yang, S. Zhang et Q. Jin. 2016. "ORF8-Related Genetic Evidence for Chinese Horseshoe Bats as the Source of Human Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus." *J Infect Dis* 213 (4):579-83.
42. Zaki, A. M., S. van Boheemen, T. M. Bestebroer, A. D. Osterhaus et R. A. Fouchier. 2012. "Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia." *N Engl J Med* 367 (19):1814-20.
43. Zhang, Yong, Cao Chen, Shuangli Zhu, Chang Shu, DonFgyan Wang, Jingdong Song, Yang Song, Wei Zhen, Zijian Feng, Guizhen Wu, Jun Xu et Wenbo Xu. 2020. "Isolation of 2019-nCoV from a Stool Specimen of a Laboratory-Confirmed Case of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)." 2 (8):123-124.
44. Zhang, et al. 2020 SARS-CoV-2 neutralizing serum antibodies in cats: a serological investigation bioRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.01.021196>
45. Zhou, Peng, Xing-Lou Yang, Xian-Guang Wang, Ben Hu, Lei Zhang, Wei Zhang, Hao-Rui Si, Yan Zhu, Bei Li et Chao-Lin Huang. 2020. "A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin." *Nature*:1-4.