

PENGGUNAAN *Macaca fascicularis* SEBAGAI HEWAN MODEL PENGEMBANGAN VAKSIN SELAMA KURUN WAKTU 2011-2021: MINI-REVIEW

Rosyid Ridlo Al Hakim^{1*}, Erie Kolya Nasution², Siti Rukayah³

¹Program Studi Primatologi, Sekolah Pascasarjana, IPB University; Bogor 16680, Indonesia

^{2,3}Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman; Purwokerto 53122, Indonesia

e-mail: *alhakimrosyid@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Monyet ekor panjang (Macaca fascicularis) telah digunakan sebagai hewan model (hewan uji) terkait dengan bioteknologi untuk kesejahteraan manusia. Salah satu pengembangan bioteknologi yang menggunakan hewan model ini antara lain pengembangan vaksin. Studi ini bertujuan memberikan mini-review terkait dengan penggunaan Macaca fascicularis sebagai hewan model pengembangan vaksin selama kurun waktu 2011-2021. Metode penelitian mini-review terdiri atas studi literatur, identifikasi judul, screening abstrak, seleksi full-text, dan ulasan mini-review. Hasil ulasan mini-review, berbagai jenis vaksin dan manfaat yang timbul dari penggunaan Macaca fascicularis sebagai hewan model sangat beragam, dengan total menggunakan Macaca fascicularis sebanyak ($\Sigma n = 321$) ekor. Selama 2020-2021 terjadi korelasi negatif yang lemah antara tahun penelitian terhadap individu Macaca fascicularis yang digunakan sebagai hewan model untuk pengembangan vaksin.

Kata Kunci : Biomedis, Bioteknologi, Covid-19, Efikasi, Korelasi Spearman, Monyet ekor panjang.

ABSTRACT

Introduction: The long-tailed macaque (Macaca fascicularis) has been used as a model animal (test animal) related to biotechnology for human welfare. One of the biotechnology developments using this animal model is the development of vaccines. This study aims to provide a mini-review associated with the use of Macaca fascicularis as an animal model for vaccine development during 2011-2021. Methodology: The mini-review research method consisted of literature study, title identification, abstract screening, full-text selection, and mini-review. Result: The results of the mini-review review, the various types of vaccines and the benefits arising from Macaca fascicularis as a model animal were very diverse, with the full use of Macaca fascicularis ($\Sigma n = 321$) individuals. Conclusion: During 2020-2021, there was a negative correlation between the years of research on Macaca fascicularis individuals used as animal models for vaccine development.

Keywords : Biomedicine, Biotechnology, Covid-19, Efficacy, Spearman Correlation, Long-tailed Macaque.

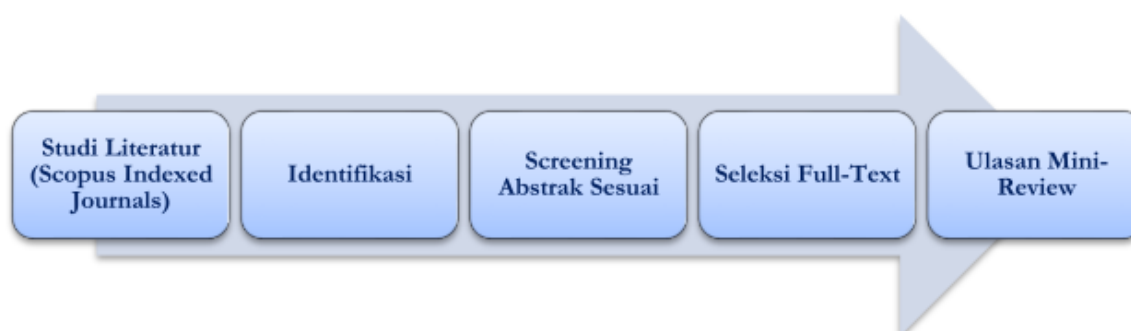
PENDAHULUAN

Kebutuhan vaksin kian hari semakin meningkat seiring dengan ditemukannya penyakit-penyakit baru atau perkembangan suatu jenis penyakit yang telah ada sebelumnya. Studi yang berkaitan dengan pengembangan, pengujian, dan evaluasi suatu kandidat vaksin diperlukan hewan model. Salah satu hewan model yang tepat digunakan untuk pengembangan (Bentes et al., 2018; Dulin et al., 2021; Kurup et al., 2021), pengujian (Sato et al., 2013), dan evaluasi (Barro et al., 2012; Corbett et al., 2020; Liang et al., 2019; Pol et al., 2018) kandidat sebuah vaksin adalah monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*). Monyet ekor panjang termasuk dalam genus *Macaca* yang mana sangat dekat kemiripan genetik, tingkah laku, dan fisiologi tubuhnya dengan manusia. Khususnya terkait dengan respons imunologi berdasarkan homogenitas beberapa alelnya secara genetik. Dengan alasan inilah, monyet ekor panjang sering digunakan dalam penelitian biomedis (Antony & MacDonald, 2015).

Monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*) telah digunakan sebagai hewan model (hewan uji) terkait dengan bioteknologi untuk kesejahteraan manusia (Lee & Lowen, 2021). Salah satu pengembangan bioteknologi yang menggunakan hewan model ini antara lain pengembangan vaksin (Areeshi, 2018; Dulin et al., 2021; Gao et al., 2020; Willer et al., 2012). Untuk mengetahui sejauh mana penggunaan *Macaca fascicularis* digunakan sebagai hewan model pengembangan vaksin, maka studi ini bertujuan memberikan *mini-review* terkait dengan penggunaan *Macaca fascicularis* sebagai hewan model pengembangan vaksin selama kurun waktu 2011-2021, sehingga dapat diketahui seberapa banyak jumlah individu monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*) yang dijadikan hewan model dalam pengembangan vaksin, khususnya terkait dengan tindak lanjut hasil *mini-review* ini terhadap status konservasi monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*).

METODE

Metode penelitian *mini-review* mengacu penelitian (Al Hakim et al., 2021) yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan *mini-review*. Sumber: (Al Hakim et al., 2021).

Berdasarkan Gambar 1, tahapan *mini-review* terdiri atas tahapan studi literatur, identifikasi judul, *screening* abstrak, seleksi *full-text*, dan ulasan *mini-review*. Tahapan pertama merupakan tahapan studi literatur, dengan mengacu pada hasil publikasi

ilmiah dari beberapa jurnal terindeks *Scopus*, *Google Scholar*, dan referensi buku jika diperlukan. Penelusuran studi literatur menggunakan kata kunci sebagai berikut “*Macaque Vaccine*”, “*Vaccine Development*”, “*Macaca fascicularis Vaccine*”, “*Non-Human Primates Vaccine*”, “*Biomedical Macaque*”. Berdasarkan hasil penelusuran ditemukan 75 artikel penelitian. Tahapan selanjutnya berupa identifikasi judul berdasarkan studi literatur. Dari ke-75 artikel penelitian yang ditemukan hasil penelusurannya, diseleksi kembali menjadi 45 artikel penelitian. Kemudian, tahapan dilanjutkan dengan tahapan *screening* abstrak setiap artikelnnya dan didapatkan 10 artikel yang dipilih, dilanjutkan seleksi *full-text* kesepuluh artikel yang dipilih. Tahapan terakhir dilanjutkan bagian ulasan *mini-review*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil pencarian terhadap artikel-artikel ilmiah yang relevan dengan tujuan studi *mini-review* ini didapatkan 10 artikel publikasi dengan rentang waktu 2011-2021. Artikel-artikel tersebut berasal dari publikasi jurnal internasional terindeks *Scopus* (Antony & MacDonald, 2015; Bockstal et al., 2018; Guebre-Xabier et al., n.d.; Johnson et al., 2016; Karal-ogly et al., 2014; Muraki et al., 2015; Osorio et al., 2011; Paris et al., 2015; Pripuzova et al., 2013; Sun et al., 2021). Kesepuluh artikel ini diseleksi karena berkaitan dengan pengembangan vaksin pada hewan model *Macaca fascicularis* dengan rentang waktu antara 2011 hingga 2021. Secara lebih detail, hasil ulasan *mini-review* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *mini-review* penggunaan *Macaca fascicularis* sebagai hewan model pengembangan vaksin.

Penulis dan Tahun	Vaksin	Penjelasan Vaksin	Penggunaan <i>Macaca fascicularis</i>	Hasil dan Kesimpulan
(Osorio et al., 2011)	DENVax	Vaksin <i>Tetavalent Chimeric Dengue</i> untuk Virus <i>Dengue</i> (DENV).	Empat puluh ekor <i>Macaca fascicularis</i> bebas flavivirus berusia 6-8 tahun digunakan.	Hasil uji menunjukkan DENVax aman, menghasilkan <i>immunogenicity</i> , dan dapat melindungi dari viremia dalam waktu singkat.
(Pripuzova et al., 2013)	<i>Inactivated TBE Vaccine</i>	Vaksin uji coba untuk <i>Tick-borne Encephalitis Virus</i> (TBEV) atau <i>Omsk Hemorrhagic Fever Virus</i> (OHFV).	Sembilan ekor <i>Macaca fascicularis</i> jantan dengan berat tubuh 3,7-5 Kg.	Hasil uji pada <i>Macaca fascicularis</i> memungkinkan di masa mendatang dapat dikembangkan kandidat vaksin untuk TBEV.
(Karal-ogly et al., 2014)	<i>Anti-Rubella Vaccine</i>	Vaksin untuk beberapa <i>strain</i>	Dua puluh enam ekor <i>Macaca</i>	Penggunaan OGC (<i>Organogermanium</i>)

		virus rubella.	<i>fascicularis</i> dewasa (5 betina dan 8 jantan) umur 4-5 tahun.	<i>compounds</i>) sebagai <i>adjuvant</i> dalam imunisasi anti rubella terhadap <i>Macaca fascicularis</i> tidak menurunkan keamanan vaksin (tidak menyebabkan perubahan aktivitas reaktogenik, aktivitas alergi, toksisitas) vaksinnnya.
(Muraki et al., 2015)	<i>Inactivated WN-VAX</i>	Vaksin West Nile Virus (WNV).	Sepuluh ekor <i>Macaca fascicularis</i> betina umur 5 tahun.	Hasil uji setelah pemberian dosis ketiga, memberikan efek <i>immunogenic</i> dan berpotensi sebagai kandidat vaksin untuk manusia.
(Antony & MacDonald, 2015)	HIV-1/SIV Vaccine	Merangkum beberapa pengujian vaksin HIV-1/SIV terhadap <i>Macaca fascicularis</i> .	Total 146 ekor <i>Macaca fascicularis</i> digunakan sebagai hewan model pengembangan vaksin HIV-1/SIV.	Hasil penelitian-penelitian yang ada menunjukkan berkisar dari tidak ada sampai 100% efikasi tergantung pada berbagai faktor vaksin, <i>booster</i> , <i>strain</i> virus, dan vektor yang digunakan.
(Paris et al., 2015)	DNA Plasmid pKarp47 Vaccine	Vaksin <i>Scrub Typhus (Orientia tsutsugamushi)</i>	Dua puluh ekor <i>Macaca fascicularis</i> dari Filipina berumur 2-3 tahun, berat badan 3-4 Kg.	Hasil penelitian ini mendukung kegunaan <i>Macaca fascicularis</i> karena infeksi klinis yang sangat mirip dengan manusia, memungkinkan penyelidikan lebih lanjut dari mekanisme dan korelasi fenotipe dari respons imun yang diinduksi vaksin ini.
(Johnson et al., 2016)	<i>Inactivated Rabies Virus</i> FILORAB1	Vaksin Ebola berbasis Virus Rabies yang dimatikan.	Dua belas ekor <i>Macaca fascicularis</i> (<i>mix-ture</i> antara betina dan jantan) umur 2,9-3,8 tahun, berat badan 2,5-3,4 Kg.	Hasil uji menunjukkan FILORAB1 memberikan perlindungan 100% tanpa gejala klinis ringan apa pun dan menimbulkan

				perkembangan titer antibodi virus anti-rabies yang protektif.
(Bockstal et al., 2018)	<i>Inactivated Poliovirus Vaccine (IPV)</i>	Vaksin untuk Polio.	Tiga puluh enam ekor <i>Macaca fascicularis</i> betina umur 2-3 tahun.	Hasil uji menunjukkan <i>immunogenicity</i> pada <i>Macaca fascicularis</i> . Dapat digunakan untuk uji klinis kandidat IPV secara global.
(Guebre-Xabier et al. 2020)	NVX-CoV2373 Vaccine	Vaksin subunit <i>spike</i> glikoprotein SARS-CoV-2.	Dua belas ekor <i>Macaca fascicularis</i> umur di atas 3 tahun (per grup terdiri atas 4 ekor).	Hasil uji menunjukkan <i>Macaca fascicularis</i> terlindungi dari infeksi dan paru-paru, dapat menjadi pertimbangan uji klinis fase 1/2 terhadap vaksin NVX-CoV2373.
(Sun et al., 2021)	Vaksin Rekombinan RBD-Fc fusion	Kandidat vaksin SARS-CoV-2.	Sepuluh ekor <i>Macaca fascicularis</i> (terdiri atas 5 ekor per grup).	Pengembangan vaksin rekombinan baru dengan menggabungkan RBD SARS-CoV-2 dengan fragmen Fc dari IgG ₁ manusia dan menilai kemanjuran perlindungan vaksin ini terhadap SARS-CoV-2 pada <i>Macaca fascicularis</i> . Dapat diteruskan untuk uji klinis.

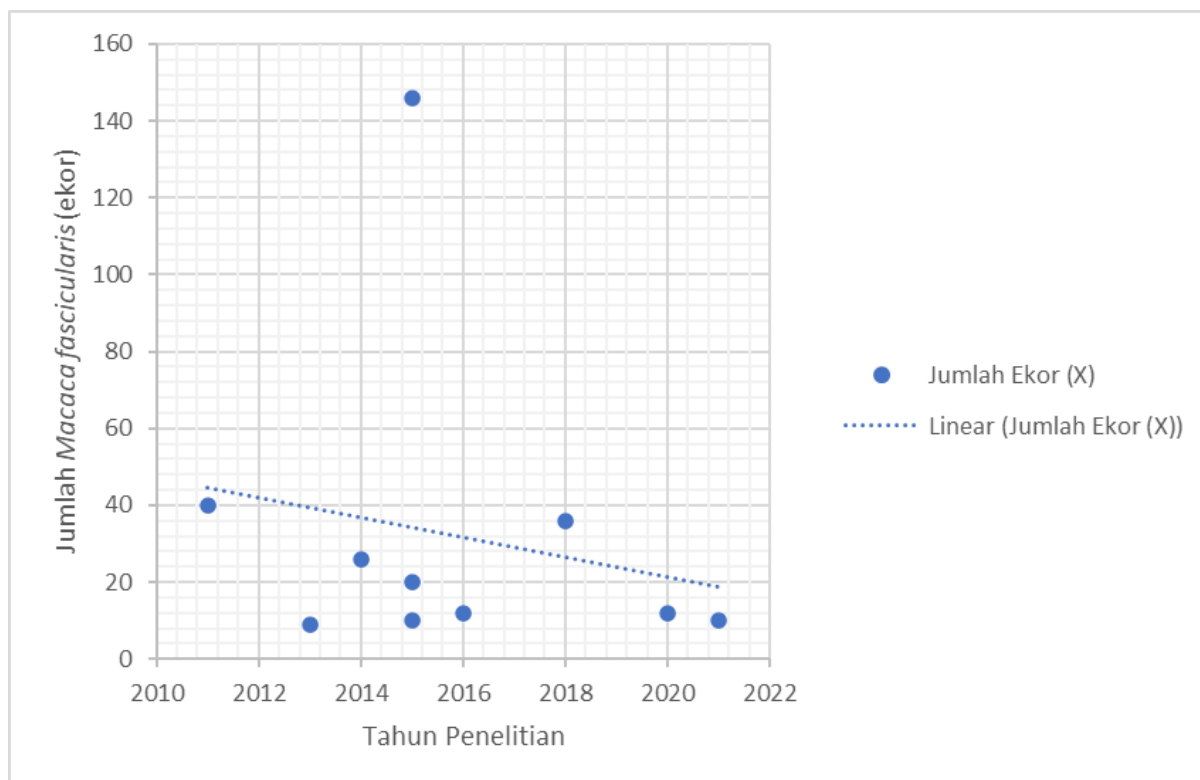
Keterangan: seluruh hasil penelitian dalam *mini-review* ini telah memenuhi syarat *ethical clearances* terhadap penggunaan hewan model.

Pembahasan

Dari sepuluh artikel yang dijadikan ulasan *mini-review*, berbagai jenis vaksin dan manfaat yang timbul dari penggunaan *Macaca fascicularis* sebagai hewan model sangat beragam. Sepuluh artikel ini total menggunakan *Macaca fascicularis* sebanyak ($\Sigma n = 321$) ekor. Beberapa artikel, menggunakan dua hewan model dalam satu pengujian vaksin, seperti penelitian pengembangan vaksin yang menggunakan hewan model *Macaca fascicularis* juga menggunakan kerabatnya, *Macaca mulatta* (Johnson et al., 2016), tikus (Muraki et al., 2015; Sun et al., 2021), hal ini untuk membandingkan hasil uji serta efikasi dari vaksin yang digunakan.

Tabel 1 setelah dilakukan uji korelasi Spearman didapatkan nilai koefisien korelasi ($r = -0,2687$) yang maknanya terdapat korelasi negatif yang lemah antara tahun

penelitian dengan jumlah individu *Macaca fascicularis* yang digunakan sebagai hewan model penelitian (Gambar 2). Hal ini dikarenakan terdapat satu artikel *review* yang mengulas sebanyak 146 ekor *Macaca fascicularis* sebagai hewan model pengembangan vaksin HIV-1/SIV (Antony & MacDonald, 2015), sehingga data korelasi terdapat *outlier*, dalam artikel ini mengulas beberapa kandidat vaksin HIV-1/SIV untuk dikembangkan dengan penggunaan *Macaca fascicularis* yang apabila di total sejumlah ($\sum n = 146$) ekor. Artikel lain yang dijadikan ulasan pada *mini-review* ini merupakan hasil penelitian utuh, dengan penggunaan individu (n) *Macaca fascicularis* sebanyak ($9 \leq n \leq 40$) ekor.



Gambar 2. Plot sebaran korelasi Spearman terhadap penggunaan *Macaca fascicularis* sebagai hewan model pengembangan vaksin selama 2011-2021.

Korelasi negatif yang lemah ini, disebabkan terbatasnya data penelitian-penelitian yang digunakan sebagai *mini-review* artikel ini. Sepuluh artikel dengan fokus hanya pada pengembangan vaksin (termasuk uji efikasi, imunogenisitas, potensi kekebalan yang timbul) dan mengabaikan tindakan eksperimen diinfeksi suatu patogen ke *Macaca fascicularis*, sehingga fokus *mini-review* hanya pada jumlah individu *Macaca fascicularis* yang digunakan sebagai hewan model pengembangan vaksin, tidak termasuk jumlah individu *Macaca fascicularis* yang digunakan sebagai eksperimen infeksi terhadap suatu patogen. Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat menggunakan data-data penelitian yang sudah ada untuk dijadikan *review article* yang lebih menggambarkan keberagaman jenis vaksin yang digunakan, rentang tahun penelitian, dan jumlah individu *Macaca fascicularis* yang digunakan sebagai hewan model, serta kaitannya dengan status konservasinya.

KESIMPULAN

Penggunaan *Macaca fascicularis* sebagai hewan model pengembangan vaksin selama kurun waktu 2011-2021 telah digunakan untuk berbagai macam pengembangan vaksin dan selama 2020-2021 terjadi korelasi negatif yang lemah berdasarkan tahun penelitian terhadap individu *Macaca fascicularis* yang digunakan sebagai hewan model untuk pengembangan vaksin.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Hakim, R. R., Satria, M. H., Arief, Y. Z., Pangestu, A., Jaenul, A., Hertin, R. D., & Nugraha, D. (2021). Aplikasi Algoritma Dijkstra dalam Penyelesaian Berbagai Masalah. *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi Dan Teknologi*, 11(1), 42–47. <https://doi.org/10.36448/expert.v11i1.1939>
- Antony, J. M., & MacDonald, K. S. (2015). A critical analysis of the cynomolgus macaque, *Macaca fascicularis*, as a model to test HIV-1/SIV vaccine efficacy. *Vaccine*, 33(27), 3073–3083. <https://doi.org/10.1016/J.VACCINE.2014.12.004>
- Areeshi, M. Y. (2018). Prediction of Epitope Based Vaccine Candidates against *Macaca fascicularis* PV Type 2 Virus Using In-silico Approaches. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. C, Physiology and Molecular Biology*, 10(1), 49–57. <https://doi.org/10.21608/EAJBSC.2018.13655>
- Barro, A. M. B., Rivero, A. I., Goñi, A. L., Navarro, B. O. G., Angarica, M. M., Ramírez, B. S., Bedoya, D. M., Triana, C. G., Rodríguez, A. M., & Parada, ángel C. (2012). Non-clinical immuno-toxicological evaluation of HER1 cancer vaccine in non-human primates: a 12-month study. *Vaccine*, 31(1), 89–95. <https://doi.org/10.1016/J.VACCINE.2012.10.098>
- Bentes, G. A., Guimarães, J. R., Volotão, E. D. M., Fialho, A. M., Hooper, C., Ganime, A. C., Gardinali, N. R., Lanzarini, N. M., Silva, A. D. S. Da, Pitcovski, J., Leite, J. P., & Pinto, M. A. (2018). Cynomolgus Monkeys (*Macaca fascicularis*) as an Experimental Infection Model for Human Group A Rotavirus. *Viruses*, Vol. 10, Page 355, 10(7), 355. <https://doi.org/10.3390/V10070355>
- Bockstal, V., Tiemessen, M. M., Achterberg, R., Van Wordragen, C., Knaapen, A. M., Serroyen, J., Marissen, W. E., Schuitemaker, H., & Zahn, R. (2018). An inactivated poliovirus vaccine using Sabin strains produced on the serum-free PER.C6® cell culture platform is immunogenic and safe in a non-human primate model. *Vaccine*, 36(46), 6979–6987.
- Corbett, K. S., Flynn, B., Foulds, K. E., Francica, J. R., Boyoglu-Barnum, S., Werner, A. P., Flach, B., O'Connell, S., Bock, K. W., Minai, M., Nagata, B. M., Andersen, H., Martinez, D. R., Noe, A. T., Douek, N., Donaldson, M. M., Nji, N. N., Alvarado, G. S., Edwards, D. K., ... Graham, B. S. (2020). Evaluation of the mRNA-1273 Vaccine against SARS-CoV-2 in Nonhuman Primates. *New England Journal of Medicine*, 383(16), 1544–1555. <https://doi.org/10.1056/NEJMOA2024671>
- Dulin, N., Spanier, A., Merino, K., Hutter, J. N., Waterman, P. E., Lee, C., & Hamer, M. J. (2021). Systematic review of Marburg virus vaccine nonhuman primate studies and human clinical trials. *Vaccine*, 39(2), 202–208.

- <https://doi.org/10.1016/J.VACCINE.2020.11.042>
- Gao, Q., Bao, L., Mao, H., Wang, L., Xu, K., Yang, M., Li, Y., Zhu, L., Wang, N., Lv, Z., Gao, H., Ge, X., Kan, B., Hu, Y., Liu, J., Cai, F., Jiang, D., Yin, Y., Qin, C., ... Qin, C. (2020). Development of an inactivated vaccine candidate for SARS-CoV-2. *Science*, 369(6499), 77–81. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABC1932>
- Guebre-Xabier, M., Patel, N., Tian, J.-H., Zhou, B., Maciejewski, S., Lam, K., Portnoff, A. D., Massare, M. J., Frieman, M. B., Piedra, P. A., Ellingsworth, L., Glenn, G., & Smith, G. (n.d.). NVX-CoV2373 vaccine protects cynomolgus macaque upper and lower airways against SARS-CoV-2 challenge. *Vaccine*. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.10.064>
- Johnson, R. F., Kurup, D., Hagen, K. R., Fisher, C., Keshwara, R., Papaneri, A., Perry, D. L., Cooper, K., Jahrling, P. B., Wang, J. T., Ter Meulen, J., Wirblich, C., & Schnell, M. J. (2016). An Inactivated Rabies Virus-Based Ebola Vaccine, FILORAB1, Adjuvanted with Glucopyranosyl Lipid A in Stable Emulsion Confers Complete Protection in Nonhuman Primate Challenge Models. *Journal of Infectious Diseases*, 214, S342–S354. <https://doi.org/10.1093/INFDIS/JIW231>
- Karal-ogly, D. D., Agrba, V. Z., Lavrent'eva, I. N., Ambrosov, I. V., Matelo, S. K., Chuguev, Y. P., Gvaramiya, I. A., Gvozdk, T. E., & Mukhametzhanova, E. I. (2014). Physiological Parameters of Macaca Fascicularis Immunized with Anti-Rubella Vaccine with Germanium-Based Adjuvants. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine* 2014 157:1, 157(1), 81–84. <https://doi.org/10.1007/S10517-014-2497-X>
- Kurup, D., Fisher, C. R., Scher, G., Yankowski, C., Testa, A., Keshwara, R., Abreu-Mota, T., Lambert, R., Ferguson, M., Rinaldi, W., Ruiz, L., Wirblich, C., & Schnell, M. J. (2021). Tetravalent rabies-vectored Filovirus and Lassa fever vaccine induces long-term immunity in nonhuman primates. *The Journal of Infectious Diseases*. <https://doi.org/10.1093/INFDIS/JIAB014>
- Lee, C. Y., & Lowen, A. C. (2021). Animal models for SARS-CoV-2. *Current Opinion in Virology*, 48, 73–81.
- Liang, B., Li, H., Li, L., Omange, R. W., Hai, Y., & Luo, M. (2019). Current advances in HIV vaccine preclinical studies using Macaque models. *Vaccine*, 37(26), 3388–3399.
- Muraki, Y., Fujita, T., Matsuura, M., Fuke, I., Manabe, S., Ishikawa, T., Okuno, Y., & Morita, K. (2015). The efficacy of inactivated West Nile vaccine (WN-VAX) in mice and monkeys. *Virology Journal* 2015 12:1, 12(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/S12985-015-0282-8>
- Osorio, J. E., Brewoo, J. N., Silengo, S. J., Arguello, J., Moldovan, I. R., Tary-Lehmann, M., Powell, T. D., Livengood, J. A., Kinney, R. M., Huang, C. Y.-H., & Stinchcomb, D. T. (2011). Efficacy of a Tetravalent Chimeric Dengue Vaccine (DENVax) in Cynomolgus Macaques. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 84(6), 978. <https://doi.org/10.4269/AJTMH.2011.10-0592>
- Paris, D. H., Chattopadhyay, S., Jiang, J., Nawtaisong, P., Lee, J. S., Tan, E., Cruz, E. Dela, Burgos, J., Abalos, R., Blacksell, S. D., Lombardini, E., Turner, G. D., Day,

- N. P. J., & Richards, A. L. (2015). A Nonhuman Primate Scrub Typhus Model: Protective Immune Responses Induced by pKarp47 DNA Vaccination in Cynomolgus Macaques. *The Journal of Immunology*, 194(4), 1702–1716. <https://doi.org/10.4049/JIMMUNOL.1402244>
- Pol, J. G., Acuna, S. A., Yadollahi, B., Tang, N., Stephenson, K. B., Atherton, M. J., Hanwell, D., El-Warrak, A., Goldstein, A., Moloo, B., Turner, P. V., Lopez, R., LaFrance, S., Eveleigh, C., Denisova, G., Parsons, R., Millar, J., Stoll, G., Martin, C. G., ... McCart, J. A. (2018). Preclinical evaluation of a MAGE-A3 vaccination utilizing the oncolytic Maraba virus currently in first-in-human trials. *ONCOIMMUNOLOGY*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/2162402X.2018.1512329>
- Pripuzova, N. S., Gmyl, L. V., Romanova, L. I., Tereshkina, N. V., Rogova, Y. V., Terekhina, L. L., Kozlovskaya, L. I., Vorovitch, M. F., Grishina, K. G., Timofeev, A. V., & Karganova, G. G. (2013). Exploring of Primate Models of Tick-Borne Flaviviruses Infection for Evaluation of Vaccines and Drugs Efficacy. *PLOS ONE*, 8(4), e61094. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0061094>
- Sato, Y., Shiosaki, K., Goto, Y., Sonoda, K., & Kino, Y. (2013). Antibody responses of *Macaca fascicularis* against a new inactivated polio vaccine derived from Sabin strains (sIPV) in DTaP-sIPV vaccine. *Biologicals*, 41(3), 184–189. <https://doi.org/10.1016/J.BIOLOGICALS.2012.12.004>
- Sun, S., He, L., Zhao, Z., Gu, H., Fang, X., Wang, T., Yang, X., Chen, S., Deng, Y., Li, J., Zhao, J., Li, L., Li, X., He, P., Li, G., Li, H., Zhao, Y., Gao, C., Lang, X., ... Sun, Y. (2021). Recombinant vaccine containing an RBD-Fc fusion induced protection against SARS-CoV-2 in nonhuman primates and mice. *Cellular & Molecular Immunology* 2021 18:4, 18(4), 1070–1073. <https://doi.org/10.1038/s41423-021-00658-z>
- Willer, D. O., Ambagala, A. P. N., Pilon, R., Chan, J. K., Fournier, J., Brooks, J., Sandstrom, P., & MacDonald, K. S. (2012). Experimental Infection of Cynomolgus Macaques (*Macaca fascicularis*) with Human Varicella-Zoster Virus. *Journal of Virology*, 86(7), 3626–3634. <https://doi.org/10.1128/JVI.06264-11>