



Hubungan Indeks Massa Tubuh dan Kadar Antibodi IgG Pasca Vaksinasi COVID-19

Andry Ganesha Rombe^{1*}, I Ketut Suardamana²

¹Departemen Ilmu Penyakit Dalam, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana/RSUP Prof IGNG Ngoerah, Denpasar, Bali, Indonesia

²Divisi Imunologi, Departemen Ilmu Penyakit Dalam, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana/RSUP Prof IGNG Ngoerah, Denpasar, Bali, Indonesia

*Penulis Korespondensi: andri.rombe@gmail.com

Abstract. *Body Mass Index (BMI) is a standard measure to assess nutritional status and potential health risks. During the COVID-19 pandemic, BMI has been associated with varying disease severity and immune responses. As vaccines remain essential to pandemic control, post-vaccination IgG levels have become a key indicator of protection. However, the impact of BMI on IgG responses remains unclear, with studies showing mixed results. This study aims to evaluate the relationship between BMI and IgG antibody levels after COVID-19 vaccination. A cross-sectional study was conducted involving 76 respondents. Data collected included BMI (based on WHO classification), weight, height, history of COVID-19 infection, vaccine type, and number of doses. IgG levels were measured using immunoassay techniques. Correlations were analyzed using Spearman's rho and Pearson tests. No significant correlation were found between BMI and IgG levels ($r = -0.159$; $p = 0.242$). Weight ($r = -0.029$; $p = 0.833$) and height ($r = -0.064$; $p = 0.638$) also showed no association with IgG levels. A weak positive correlation was observed between prior COVID-19 infection and IgG level ($r = 0.231$; $p = 0.087$), though not statistically significant. BMI, body weight, and height did not significantly influence IgG antibody levels following COVID-19 vaccination. Prior infection may have a slight effect, but rises requirements for further studies involving larger populations to clarify this potential relationship.*

Keywords: *Antibody Response; BMI; COVID-19; IgG; Vaccination.*

Abstrak. Indeks Massa Tubuh (IMT) merupakan ukuran standar untuk menilai status nutrisi dan potensi risiko kesehatan. Selama masa pandemi COVID-19, IMT dikaitkan dengan tingkat keparahan penyakit dan respon imun yang berbeda. Vaksinasi merupakan upaya esensial dalam mengendalikan pandemi dan kadar Immunoglobulin G (IgG) pasca-vaksinasi menjadi indikator utama untuk proteksi terhadap virus. Meski demikian, dampak IMT terhadap respon IgG sampai saat ini belum dapat dijelaskan dengan jelas dan berbagai penelitian menunjukkan hasil berbeda. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara IMT dan kadar antibodi IgG pasca-vaksinasi COVID-19. Studi ini dilakukan dengan desain potong lintang dan melibatkan 76 responden. Data yang dikumpulkan meliputi IMT menurut klasifikasi WHO, berat badan, tinggi badan, riwayat infeksi COVID-19, tipe vaksin, dan jumlah dosis. Kadar IgG diukur menggunakan teknik immunoassay. Analisis korelasi dilakukan menggunakan uji rho Spearman dan Pearson. Tidak ditemukan hubungan signifikan antara IMT dan kadar IgG ($r = -0.159$; $p = 0.242$). Berat badan ($r = -0.029$; $p = 0.833$) dan tinggi badan ($r = -0.064$; $p = 0.638$) juga tidak menunjukkan hubungan signifikan dengan kadar IgG. Terdapat korelasi positif lemah dengan riwayat infeksi COVID-19 dan kadar IgG ($r = 0.231$; $p = 0.087$), namun tidak signifikan secara statistik. IMT, berat badan, dan tinggi badan tidak memengaruhi kadar antibodi IgG pasca-vaksinasi COVID-19 secara signifikan. Riwayat infeksi COVID-19 mungkin memiliki sedikit pengaruh, namun studi lebih lanjut pada populasi yang lebih besar dibutuhkan untuk menjelaskan potensi hubungan ini.

Kata kunci: COVID-19; IgG; IMT; Respon Antibodi; Vaksinasi.

1. LATAR BELAKANG

Pandemi COVID-19 pada tahun 2020 lalu membawa dampak luas bagi populasi dunia. Salah satu faktor yang berperan pada keparahan infeksi COVID-19 adalah ada atau tidaknya komorbid pada penderita. Salah satu komorbid yang memiliki keterkaitan dengan keparahan gejala COVID-19 adalah indeks massa tubuh (IMT). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa individu dengan IMT $<18,5$ kg/m² memiliki tingkat keparahan penyakit hingga 90%, sementara

pada kelompok overweight ($>25,0$ kg/m²) keparahannya mencapai 79,2%, dan pada kelompok normal (18,5–22,9 kg/m²) sebesar 77,8% (Hamza, 2022).

Strategi utama yang dilaksanakan untuk membentuk kekebalan populasi terhadap SARS-Cov-2, virus penyebab infeksi COVID-19 adalah vaksinasi. Berbagai jenis vaksin beredar di masyarakat, namun dengan tujuan yang sama yaitu membentuk kekebalan tubuh yang keberhasilannya ditentukan oleh kadar antibodi utama penunjuk respon imun terhadap infeksi atau vaksinasi, yaitu Immunoglobulin G (IgG) (Yan et al., 2022; Zurac et al., 2021). Kadar IgG dalam tubuh juga berperan dalam menentukan respon seseorang terhadap infeksi spesifik, dalam konteks ini COVID-19. Baik IMT maupun kadar IgG berpengaruh terhadap keparahan COVID-19, namun pengaruh keduanya terhadap satu sama lain masih memerlukan kajian lebih lanjut untuk memperoleh kesimpulan yang konsisten dan aplikatif dalam strategi vaksinasi. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan terkait korelasi antar-faktor yang sama-sama berpengaruh terhadap morbiditas infeksi COVID-19.

2. KAJIAN TEORITIS

Indeks Massa Tubuh (IMT) adalah metode klasifikasi status gizi berdasarkan relasi antara berat dan tinggi badan untuk memperkirakan kondisi fisik seseorang. Klasifikasi IMT menurut World Health Organization (WHO) dibagi menjadi enam kategori: (1) *Underweight*: IMT $< 18,5$ kg/m², (2) Normal: 18,5–24,9 kg/m², (3) *Overweight*: 25,0–29,9 kg/m², (4) Obesitas Klas I: 30,0–34,9 kg/m², (5) Obesitas Klas II: 35,0–39,9 kg/m², dan (6) Obesitas Klas III: $\geq 40,0$ kg/m² (Lai et al., 2022).

Pandemi COVID-19 merupakan fenomena berdampak luas dan menunjukkan keterkaitan dengan IMT. Penelitian menunjukkan bahwa individu dengan IMT $< 18,5$ kg/m² memiliki tingkat keparahan penyakit hingga 90%, sementara pada kelompok overweight ($> 25,0$ kg/m²) keparahannya mencapai 79,2%, dan pada kelompok normal (18,5–22,9 kg/m²) sebesar 77,8% (Hamza, 2022). Data ini mengindikasikan bahwa kelompok underweight dan overweight memiliki risiko lebih tinggi terhadap keparahan COVID-19 dibandingkan kelompok dengan IMT normal (Hendren et al., 2021; Matsushita et al., 2025; Singh et al., 2022).

Dalam upaya menanggulangi pandemi, vaksinasi COVID-19 menjadi strategi utama untuk membentuk kekebalan populasi. Keberhasilan vaksinasi salah satunya ditentukan oleh kadar Immunoglobulin G (IgG), yaitu antibodi utama yang menunjukkan respons imun terhadap infeksi atau vaksinasi. Peningkatan kadar IgG pasca-vaksinasi menjadi indikator proteksi imun yang efektif (Yan et al., 2022; Zurac et al., 2021).

Namun, hubungan antara IMT dan kadar IgG pasca-vaksinasi masih menunjukkan hasil yang bervariasi. Sebuah studi yang menggunakan vaksin Pfizer BNT162b2 SARS-CoV-2 tidak menemukan hubungan signifikan antara IMT dan respons IgG spesifik terhadap vaksin (Bates et al., 2022). Penelitian lain yang menggunakan Subcutaneous Immunoglobulin (SCIG) juga tidak menunjukkan korelasi antara IMT dan kadar IgG (Pecoraro, Ricci, Vultaggio, Boggia, & Spadaro, 2020). Penggunaan vaksin Moderna menghasilkan kadar antibodi paling tinggi dalam perbandingan per 3 bulan dalam studi di Polandia. Akan tetapi, kadar IgG dapat menurun lebih cepat pada pasien dengan obesitas berat (IMT ≥ 40 kg/m²) (Skorupa et al., 2022; van der Klaauw et al., 2023). Sebaliknya, operasi bariatrik yang menyebabkan penurunan berat badan signifikan justru ditemukan memengaruhi pola glikosilasi IgG, yang diasosiasikan dengan penurunan usia biologis dan sistem imun, menunjukkan bahwa perubahan IMT dapat berdampak pada karakteristik IgG (Greto et al., 2021; Štambuk et al., 2024).

3. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian dilakukan dengan bentuk studi Observasional Analitik dengan desain penelitian *cross-sectional*.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah individu yang telah menerima vaksinasi COVID-19.

Pengumpulan Data

Data vaksinasi COVID-19 didapatkan dari rekam medis pasien. Data IMT didapatkan dengan pengukuran berat serta tinggi badan dengan menggunakan klasifikasi dari WHO. Kadar IgG diukur dengan menggunakan metode ELISA dengan sampel serum darah.

Analisis Statistik

Analisis data dilakukan dengan uji korelasi Spearman dan uji beda antar kelompok IMT menggunakan ANOVA atau Kruskal-Wallis sesuai distribusi data. Pengelolaan data statistik dilakukan dengan menggunakan SPSS.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Dasar Sampel

Terdapat 76 responden yang dilibatkan dalam penelitian ini, dan mendapatkan jenis vaksin yang berbeda. Dosis vaksin yang diberikan pada penelitian ini adalah sebanyak 276 dosis dengan rerata 3,59 dosis. Vaksin yang paling banyak ditemukan adalah Sinovac dengan 130 (42,8 %) dosis sementara yang paling sedikit digunakan adalah Johnson & Johnson

sebanyak 1 (0,4%) dosis. Status vaksinasi dari sampel yang paling banyak adalah yang menerima 4 dosis vaksinasi sebanyak 42 (55,3%) sementara yang paling sedikit adalah 3 (3,9%), namun masih ditemukan yang tidak menerima vaksinasi adalah 9 (11,8%). Kategori BMI menurut WHO pada penelitian ini adalah dalam status Normal sebanyak 23 (30,3%) dan paling sedikit adalah dengan status Obesitas Klas II sebanyak 1 (1,3%) (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik Sampel.

Karakteristik	Frekuensi n (%) / rerata ± SD / median (range)
Jumlah Responden	76
Rerata Dosis Vaksin	3.59
Total Seluruh Dosis Vaksin	276 dosis
Jenis Vaksin yang Digunakan	
- Sinovac	130 (42,8%)
- Moderna	73 (24,0%)
- Pfizer	26 (8,6%)
- Astrazeneca	6 (2%)
- Johnson & Johnson	1 (0,3%)
Status Vaksinasi	
- 4 dosis	42 (55,3%)
- 3 dosis	21 (27,6%)
- Tidak divaksin	9 (11,8%)
- 2 dosis	3 (3,9%)
Kategori BMI (WHO)	
- Underweight	1 (1,3%)
- Normal	23 (30,3%)
- Overweight	21 (27,6%)
- Obesitas Klas I	9 (11,8%)
- Obesitas Klas II	1 (3,9%)
- Tidak diketahui	21 (27,6%)
Berat Badan (kg)	72.16 ± 15.98 / median: 70.00 (50.00–125.00)
Tinggi Badan (cm)	166.44 ± 8.49 / median: 165.00 (151.00–187.00)
BMI	25.90 ± 4.51 / median: 25.71 (17.72–38.58)

Korelasi antara IMT dan Kadar IgG

Tidak didapatkan hubungan signifikan antara Indeks Massa Tubuh (IMT) dan kadar IgG pada studi ini, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Temuan ini mengindikasikan bahwa IMT tidak memiliki korelasi yang berarti terhadap kadar antibodi IgG.

Tabel 2. Korelasi IMT dan Kadar IgG.

		BMI	Kadar IgG
Spearman's rho	BMI	1.000	-0.159
	Koefisien Korelasi	0	0.242
	Sig. (2-tailed)	56	56
	Kadar IgG	-0.159	1.000
	Koefisien Korelasi	0.242	0
	Sig. (2-tailed)	56	56

Analisis menunjukkan adanya hubungan yang lemah antara riwayat COVID-19 dan kadar IgG. Namun, hubungan tersebut tidak signifikan secara statistik sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3. Mempertimbangkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat relasi yang bermakna antara kedua variabel tersebut.

Tabel 3. Korelasi antara Riwayat COVID-19 dan Kadar IgG.

			Kadar IgG	Riwayat COVID
Spearman's rho	Kadar IgG	Koefisien Korelasi	1.000	0.231
		Sig. (2-tailed)	0	0.087
		N	56	56
	Riwayat COVID	Koefisien Korelasi	0.231	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.087	0
		N	56	56

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat badan dan kadar IgG tidak memiliki hubungan secara statistik, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi antara kedua variabel tersebut.

Tabel 4. Korelasi BB dan Kadar IgG.

			KadarIgG	BB
Kadar IgG	Korelasi Pearson		1	-0.029
		Sig. (2-tailed)		0.833
		N	56	56
BB	Korelasi Pearson		-0.029	1
		Sig. (2-tailed)	0.833	
		N	56	56

Tinggi badan dan kadar IgG menunjukkan hubungan yang lemah, namun secara statistik tidak menunjukkan hubungan signifikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi antara kedua variabel tersebut (Tabel 5).

Tabel 5. Korelasi TB dan Kadar IgG

			KadarIgG	TB
Kadar IgG	Korelasi Pearson		1	-0.064
		Sig. (2-tailed)		0.638
		N	56	56
TB	Korelasi Pearson		-0.064	1
		Sig. (2-tailed)	0.638	
		N	56	56

Analisis korelasi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa Indeks Massa Tubuh (IMT) memiliki hubungan negatif yang lemah dengan kadar IgG pasca-vaksinasi COVID-19 ($r = -0,159$). Meskipun demikian, hubungan ini tidak signifikan secara statistik ($p = 0,242$), menunjukkan bahwa peningkatan IMT tidak secara substansial berpengaruh terhadap kadar IgG. Temuan ini sejalan dengan hasil korelasi antara berat badan ($r = -0,029$; $p = 0,833$) dan tinggi badan ($r = -0,064$; $p = 0,638$), yang keduanya juga tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan kadar IgG. Kondisi ini mengindikasikan bahwa parameter antropometri seperti IMT, berat badan, maupun tinggi badan bukan merupakan prediktor utama respons imun dalam bentuk kadar IgG setelah vaksinasi. Temuan ini didukung oleh penelitian oleh Papaioannidou et al (2023). menyatakan bahwa meskipun terjadi penurunan kadar antibodi IgG enam bulan pascavaksinasi, hubungan antara IMT dan kadar IgG bersifat terbatas dan tidak signifikan secara statistik, dengan hanya sedikit kontribusi terhadap variabilitas titer IgG yang teramati (Papaioannidou et al., 2023).

Sebaliknya, studi oleh Nam et al (2022). melaporkan variabel IMG dan kadar antibodi IgG memiliki hubungan negatif yang signifikan, di mana kadar IgG lebih rendah cenderung lebih banyak ditemukan pada individu dengan IMT lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan IMT dapat berdampak terhadap penurunan respons imun humoral (Nam, Jeon, Jung, & Heo, 2022). Penelitian lain oleh Kara et al (2022) juga menemukan bahwa individu dengan obesitas berat ($IMT \geq 40 \text{ kg/m}^2$) memiliki kadar antibodi IgG yang lebih rendah dibandingkan kelompok dengan berat badan normal. Selain itu, korelasi negatif ditemukan antara IMT dan kadar IgG baik pada vaksin berbasis mRNA maupun inaktivasi virus, menunjukkan bahwa IMT tinggi dapat memengaruhi efektivitas imunisasi (Kara et al., 2022).

Perbedaan antara hasil yang ditemukan dengan penelitian oleh Nam et al (2022) dan Kara et al (2022) terjadi karena beberapa alasan. Penelitian oleh Nam et al memiliki jumlah partisipan yang lebih besar dibandingkan yang dilakukan oleh peneliti serta memiliki rentan IMT yang lebih luas (Nam et al., 2022). Sedangkan pada Kara et al (2022), studi yang dilakukan hanya melibatkan individu yang masuk kedalam kategori IMT Obesitas sehingga memiliki jumlah sampel yang lebih spesifik (Kara et al., 2022).

Selanjutnya, analisis mengenai riwayat infeksi COVID-19 sebelumnya dengan kadar IgG menunjukkan korelasi positif yang mendekati signifikan ($r = 0,231$; $p = 0,087$). Meski tidak mencapai nilai signifikansi statistik, temuan ini menunjukkan bahwa riwayat infeksi sebelumnya mungkin memiliki kecenderungan meningkatkan kadar IgG, namun diperlukan penelitian lebih lanjut dengan ukuran sampel yang lebih besar untuk memperkuat kesimpulan tersebut. Temuan ini diperkuat oleh temuan dari Zurac et al (2021) yang menunjukkan bahwa

level IgG mengalami peningkatan yang signifikan pada dosis pertama dibandingkan dengan dosis kedua vaksin COVID-19 (Zurac et al., 2021). Studi lain juga menunjukkan bahwa pada populasi rentan, dibutuhkan lebih dari satu dosis untuk mencapai kadar antibodi yang berkaitan dengan efek netralisasi (Tuailon et al., 2022). Pemberian dosis tambahan (*booster*) menyebabkan peningkatan level IgG yang mampu menjaga level IgG secara lebih tinggi dibandingkan pemberian dosis primer vaksinasi (Bekti et al., 2024; Owusu, Kamsu, & Ndebia, 2025; Zember et al., 2022).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menemukan bahwa tidak terdapat relasi yang signifikan antara IMT dan Kadar IgG dari pasien yang telah diberikan vaksinasi COVID-19, namun beberapa hasil temuan menemukan relasi yang lemah, namun tidak signifikan secara statistik, sehingga perlu dilakukan penelitian yang melibatkan jumlah sampel lebih besar untuk mendapatkan hasil yang dapat digeneralisasi pada populasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada pembimbing, rekan-rekan, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, dan RSUP Prof. IGNG Ngoerah atas bantuan teknis, fasilitas, dan bimbingan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Bates, J. T., Farmer, A. P., Bierdeman, M. A., Ederer, D. R., Carney, L. S., Montgomery, D. D., & Marshall, G. D. (2022). IgG antibody response to the Pfizer BNT162b2 SARS-CoV-2 vaccine in healthcare workers with healthy weight, overweight, and obesity. *Vaccines*, 10(4), 512. <https://doi.org/10.3390/vaccines10040512>
- Bekti, H. S., Dharmawati, I. G. A. A., Habibah, N., Merdekawati, F., Noviar, G., Suiroaka, I. P., & Ayatullah, M. I. (2024). Post-vaccination SARS-CoV-2 IgG level: An evaluation study on two areas in Indonesia. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 13(1), 25–32. <https://doi.org/10.29238/teknolabjournal.v13i1.447>
- Greto, V. L., Cvetko, A., Štambuk, T., Dempster, N. J., Kifer, D., Deriš, H., & Lauc, G. (2021). Extensive weight loss reduces glycan age by altering IgG N-glycosylation. *International Journal of Obesity*, 45(7), 1521–1531. <https://doi.org/10.1038/s41366-021-00816-3>
- Hamza, A. (2022). The association between body mass index and severity of coronavirus disease 2019 (COVID-19): A retrospective study. *International Journal of Health Sciences*, 6(S8). <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS8.10707>

- Hendren, N. S., de Lemos, J. A., Ayers, C., Das, S. R., Rao, A., Carter, S., & Grodin, J. L. (2021). Association of body mass index and age with morbidity and mortality in patients hospitalized with COVID-19: Results from the American Heart Association COVID-19 cardiovascular disease registry. *Circulation*, 143(2), 135–144. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.051936>
- Kara, Z., Akçin, R., Demir, A. N., Dinç, H. Ö., Taşkın, H. E., Kocazeybek, B., & Yumuk, V. D. (2022). Antibody response to SARS-CoV-2 vaccines in people with severe obesity. *Obesity Surgery*, 32(9), 2987–2993. <https://doi.org/10.1007/s11695-022-06181-y>
- Lai, Y.-H., Cao, J., Li, Z.-X., Feng, W., Xu, H., & Zhou, Z.-K. (2022). Effect of body mass index on postoperative mechanical alignment and long-term outcomes after total knee arthroplasty: A retrospective cohort study of 671 knees. *Annals of Translational Medicine*, 10(15), 829. <https://doi.org/10.21037/atm-22-3212>
- Matsushita, Y., Yokoyama, T., Hayakawa, K., Saito, S., Matsunaga, N., Terada, M., & Ohmagari, N. (2025). Elevated risk of severe COVID-19 outcomes among underweight patients in Japan: A national registry-based study. *Global Health & Medicine*, 7(4), 340. <https://doi.org/10.35772/ghm.2025.01057>
- Nam, S. Y., Jeon, S. W., Jung, D. K., & Heo, S. J. (2022). Body weight is inversely associated with anti-SARS-CoV-2 antibody levels after BNT162b2 mRNA vaccination in young and middle-aged adults. *Infection & Chemotherapy*, 54(3), 504–516. <https://doi.org/10.3947/ic.2022.0089>
- Owusu, W., Kamsu, G. T., & Ndebia, E. J. (2025). Assessing COVID-19 IgG levels among vaccinated and non-vaccinated individuals in Mthatha, South Africa: A case-control approach. *VirusDisease*, 36(3), 475. <https://doi.org/10.1007/s13337-025-00942-w>
- Papaioannidou, P., Skoumpa, K., Bostanitis, C., Michailidou, M., Stergiopoulou, T., Bostanitis, I., & Tsalidou, M. (2023). Age, sex and BMI relations with anti-SARS-CoV-2 spike IgG antibodies after BNT162b2 COVID-19 vaccine in healthcare workers in Northern Greece. *Microorganisms*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051279>
- Pecoraro, A., Ricci, S., Vultaggio, A., Boggia, G. M., & Spadaro, G. (2020). Correlations among subcutaneous immunoglobulin dosage, immunoglobulin G serum pre-infusional levels and body mass index in primary antibody deficiency patients: A pooled analysis from the SHIFT/IBIS studies. *Clinical Drug Investigation*, 40(3), 279–287. <https://doi.org/10.1007/s40261-020-00885-8>
- Singh, R., Rathore, S. S., Khan, H., Karale, S., Chawla, Y., Iqbal, K., & Bansal, V. (2022). Association of obesity with COVID-19 severity and mortality: An updated systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 780872. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.780872>
- Skorupa, M., Szczepanek, J., Goroncy, A., Jarkiewicz-Tretyn, J., Ptaszyńska, B., Rajewski, P., & Tretyn, A. (2022). The dynamics of changes in the concentration of IgG against the S1 subunit in Polish healthcare workers from 1 to 12 months after injection, including four COVID-19 vaccines. *Vaccines*, 10(4), 506. <https://doi.org/10.3390/vaccines10040506>

- Štambuk, T., Kifer, D., Greto, V. L., Dempster, N. J., Cvetko, A., Gillies, R. S., & Arancibia-Cárcamo, C. V. (2024). Alterations in plasma protein N-glycosylation after caloric restriction and bariatric surgery. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 20(6), 587–596. <https://doi.org/10.1016/j.soard.2024.01.007>
- Tuaille, E., Pisoni, A., Veyrenche, N., Rafasse, S., Niel, C., Gros, N., & Blain, H. (2022). Antibody response after first and second BNT162b2 vaccination to predict the need for subsequent injections in nursing home residents. *Scientific Reports*, 12(1), 13749. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18041-x>
- van der Klaauw, A. A., Horner, E. C., Pereyra-Gerber, P., Agrawal, U., Foster, W. S., Spencer, S., & Thaventhiran, J. E. D. (2023). Accelerated waning of the humoral response to COVID-19 vaccines in obesity. *Nature Medicine*, 29(5), 1146–1152. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02343-2>
- Yan, X., Chen, G., Jin, Z., Zhang, Z., Zhang, B., He, J., & Zhu, Y. (2022). Anti-SARS-CoV-2 IgG levels in relation to disease severity of COVID-19. *Journal of Medical Virology*, 94(1), 380–383. <https://doi.org/10.1002/jmv.27274>
- Zember, S., Bodulić, K., Balent, N. C., Mikulić, R., Markotić, A., & Đaković Rode, O. (2022). Slower waning of anti-SARS-CoV-2 IgG levels six months after the booster dose compared to primary vaccination. *Vaccines*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/vaccines10111813>
- Zurac, S. B., Nichita, L., Mateescu, B. G., Mogodici, C. S., Bastian, A. X., Popp, C., & Neagu, M. (2021). COVID-19 vaccination and IgG and IgA antibody dynamics in healthcare workers. *Molecular Medicine Reports*, 24(2), 578. <https://doi.org/10.3892/mmr.2021.12217>