

Peran kecukupan leusin pada pasien malnutrisi berat dengan tuberkulosis dan miastenia gravis

Milia Haryani^{1,*}, Elfina Rachmi^{1,2}, Nurul Ratna Mutu Manikam¹

¹ Departemen Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia - RSCM, Jakarta, Indonesia

² RS Persahabatan, Jakarta, Indonesia

*korespondensi email: milia.haryani22@gmail.com

Naskah masuk: 28-09-2025, Naskah direvisi: 11-10-2025, Naskah diterima untuk diterbitkan: 29-10-2025

ABSTRAK

Tuberkulosis (TB) paru merupakan penyakit infeksi paru kronik yang berkontribusi terhadap penurunan status gizi pasien menjadi malnutrisi. Miastenia gravis (MG) merupakan kelainan autoimun neuromuskular yang ditandai oleh kelemahan otot rangka yang progresif yang disertai dengan kelelahan. Gangguan menelan (disfagia) merupakan salah satu komplikasi klinis yang sering muncul pada pasien MG, akibat melemahnya otot-otot faring dan orofaring. Kedua kondisi tersebut berujung pada penurunan asupan nutrisi, penurunan berat badan, serta malnutrisi yang berakibat menurunnya kualitas hidup. Di sisi lain, malnutrisi menyebabkan penurunan massa otot secara signifikan serta memperpanjang lama rawat inap sehingga berdampak buruk terhadap pemulihan pasien dan kapasitas fungsionalnya. Leusin, sebagai salah satu asam amino rantai cabang (AARC), memiliki peran penting dalam merangsang sintesis protein otot melalui aktivasi jalur sinyal *mammalian target of rapamycin* (mTOR), sehingga mampu mempertahankan massa otot dan respons anabolik. Laporan kasus pada perempuan berusia 19 tahun dengan keluhan sesak yang memberat dengan diagnosis malnutrisi berat, kaheksia, *significant risk of refeeding syndrome*, TB paru dan miastenia gravis. Pasien dirawat selama 23 hari, mendapatkan diet tinggi protein dengan asupan protein 40-65 g (1,2-2 g/kgBB) dan asupan leusin 4-6 g/hari. Terdapat perbaikan klinis berupa peningkatan massa otot, perbaikan kapasitas fungsional dan kekuatan genggam tangan. Laporan kasus ini membahas mengenai peran kecukupan leusin pada pasien TB paru dan MG yang mengalami malnutrisi berat untuk mempertahankan massa otot dan meningkatkan kapasitas fungsional.

Kata kunci: leusin; tuberkulosis; miastenia gravis; malnutrisi; massa otot; kapasitas fungsional

ABSTRACT

Pulmonary tuberculosis (TB) is a chronic pulmonary infection that contributes to a decline in nutritional status, leading to malnutrition. Myasthenia gravis (MG) is an autoimmune neuromuscular disorder characterized by progressive skeletal muscle weakness accompanied by fatigue. Dysphagia is one of the common clinical complications in MG, caused by weakness of the pharyngeal and oropharyngeal muscles. This condition leads to reduced dietary intake, weight loss, and malnutrition, which in turn negatively impacts quality of life. Malnutrition is well recognized to cause significant muscle wasting and to prolong hospitalization, thereby impairing patient recovery and functional capacity. Leucine, as a branched-chain amino acid (BCAA), plays an essential role in stimulating muscle protein synthesis through activation of the mammalian target of rapamycin (mTOR) signaling pathway, thereby supporting muscle mass preservation and anabolic response. This is a case report of a 19-year-old female presenting with worsening shortness of breath, diagnosed with severe malnutrition, cachexia, significant risk of refeeding syndrome, pulmonary TB, and MG. The patient was hospitalized for 23 days and received a high-protein diet, providing 40–65 g (1,2-2 g/kgBB) of protein and 4–6 g of leucine per day. Clinical improvements were observed, including improved muscle mass, enhanced functional capacity and increased handgrip strength. This case report discusses the role of adequate leucine intake in patients with pulmonary TB and MG who present with severe malnutrition, aiming to preserve muscle mass and improve functional capacity.

Keywords: leucine; tuberculosis; myasthenia gravis; malnutrition; muscle mass; functional capacity

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) paru merupakan salah satu penyakit infeksi kronik dengan angka kejadian, morbiditas dan mortalitas TB yang tinggi. Berdasarkan laporan *Global Tuberculosis Report* dari WHO tahun 2023, Indonesia menempati posisi kedua tertinggi di dunia untuk frekuensi kasus tuberkulosis. Insidens global sebesar 134 kasus per 100.000 penduduk sementara di Indonesia sebesar 394 kasus per 100.000 penduduk. Tantangan lainnya dari TB paru ialah kontribusinya terhadap penurunan status gizi pasien. Secara global, prevalensi malnutrisi pada pasien TB mencapai 57,1% sedangkan di Indonesia berkisar 40-70%.¹⁻³

Miastenia gravis (MG) merupakan kelainan autoimun neuromuskular akibat gangguan transmisi sinaps atau pada *neuromuscular junction*, ditandai oleh kelemahan otot yang bersifat fluktuatif. Secara global, prevalensi MG sebesar 12,4 orang per 100.000 populasi, sedangkan di Indonesia belum tercatat. Angka kematian MG antara 5-9% dan meningkat menjadi 22% pada pasien MG yang memerlukan ventilasi mekanis akibat kegagalan pernafasan. Salah satu dampak MG ialah gangguan menelan (disfagia) yang menyebabkan penurunan asupan makan yang dapat memperburuk status nutrisi. Miastenia gravis meningkatkan risiko malnutrisi dengan prevalensi sebesar 38-78%. Terlebih lagi,

pengobatan MG seperti kortikosteroid dan immunosupresan dapat menyebabkan efek samping seperti mual, muntah dan perubahan metabolisme yang memengaruhi status gizi.⁴⁻⁶

Sebuah studi menunjukkan bahwa 35% pasien MG memiliki infeksi TB laten. Infeksi TB memicu aktivasi imun kronik, meningkatkan ekspresi *major histocompatibility complex II* (MHC II) dan sitokin yang mengarah pada pembentukan autoantibodi. Proses *molecular mimicry* antara antigen TB dan reseptor tubuh dapat memicu autoimunitas seperti MG. Infeksi TB menyebabkan peningkatan sitokin proinflamasi seperti *interleukin-6* (IL-6), *tumor necrosis factor-α* (TNF-α) dan interferon-γ yang mengaktifkan jalur *ubiquitin-proteasome*, menyebabkan degradasi protein otot yang berkontribusi pada *muscle wasting*, memicu kaheksia sehingga terjadi penurunan berat badan dan penurunan massa otot, dan menekan pusat lapar di hipotalamus. Malnutrisi yang terjadi dapat menurunkan fungsi imun seluler yang penting untuk mengontrol infeksi TB. Selain itu, malnutrisi dapat memperpanjang lama rawat inap, sehingga berdampak buruk terhadap pemulihan pasien dan kapasitas fungsionalnya.⁶⁻⁸

Terapi nutrisi untuk pasien dengan penyakit kronik seperti TB dan kondisi neuro-

muskular seperti MG harus mencakup nutrisi spesifik yang mendukung fungsi imun dan massa otot. Leusin yang merupakan asam amino rantai cabang (AARC), bermanfaat dalam mempertahankan dan meningkatkan massa otot. Leusin mengaktifkan jalur pensinyalan *mammalian target of rapamycin* (mTOR) di otot yang berperan dalam meningkatkan sintesis protein otot, memodulasi inflamasi dan mengurangi risiko anoreksia dengan menghambat triptofan di otak. Leusin juga menghambat jalur ubiquitin-proteasom sehingga meminimalisir katabolisme protein. Asupan leusin harian yang dianjurkan dikonsumsi sebanyak 55 mg/kgBB/hari, dengan mengonsumsi 30 g protein (setara dengan 2,8 g leusin). Oleh karenanya diperlukan asupan leusin yang adekuat untuk stimulasi sintesis protein dan meningkatkan luaran klinis berupa mempertahankan massa otot dan meningkatkan kapasitas fungsional.⁹⁻¹¹

LAPORAN KASUS

Seorang perempuan 19 tahun rujukan RS Ananda, masuk dengan keluhan sesak napas memberat sejak 2 minggu sebelum masuk rumah sakit (SMRS). Pasien sudah terintubasi dan terpasang *nasogastric tube* (NGT). Pasien sulit menelan sejak 2 minggu SMRS. Pasien batuk berdahak berwarna putih kekuningan, tidak ada batuk darah.

Pasien lemas dan penglihatan ganda. Pasien tidak demam maupun berkeringat malam. Tidak ada mual dan muntah, selera makan menurun sejak sebulan SMRS. Penurunan berat badan tidak diketahui namun baju pasien terasa lebih longgar. Pasien dengan riwayat MG yang hilang timbul sejak 1 tahun yang lalu dan terakhir keluhan sudah dirasakan saat dirawat di RS Ananda. Pasien dengan TB paru dalam pengobatan bulan ke-6. Riwayat diabetes, hipertensi, keganasan, penyakit jantung dan ginjal disangkal. Tidak ada riwayat penyakit dalam keluarga.

Pemeriksaan fisik: pasien tampak sakit berat, kesadaran dalam pengaruh obat, hemodinamik stabil dengan topangan norepinefrin 0,2 mcg/kgBB/menit, on ventilator mode VC SIMV. Pada pemeriksaan kepala, area orbita dan temporalis tampak cekung, os zigomatikus menonjol. Pasien terpasang NGT, terdapat residu 100 mL/24 jam warna susu. Pada pemeriksaan toraks, klavikula menonjol, tampak sela iga melebar, nafas vesikuler, ronki di kedua lapangan paru, tidak ada mengi, bunyi jantung normal. Pada pemeriksaan abdomen, tampak datar, supel, tidak terdapat nyeri tekan, bising usus normal. Pada pemeriksaan ekstremitas, tidak terdapat edema, tampak *muscle wasting* pada kedua ekstremitas superior dan inferior. Pemeriksaan asupan makanan 24 jam terakhir, energi 400 kkal, protein 28 g, dan

karbohidrat 75 g. Saat sakit (1 bulan SMRS), jika sesak, pasien sering sulit menelan, makan dua kali sehari dengan selingan dua kali sehari dengan energi 400 kkal, protein 13 g, lemak 5 g dan karbohidrat 76 g. Saat sehat (1 tahun SMRS), pasien makan makanan utama dua kali sehari dengan selingan tiga kali sehari dengan energi 1500 kkal, protein 50 g, lemak 42 g dan karbohidrat 232 g.

Pemeriksaan antropometri didapatkan lingkaran lengan atas 17 cm, TB 155 cm, BB estimasi 32,7 kg, IMT 13,8 kg/m². Dari pemeriksaan laboratorium didapatkan anemia (hemoglobin 10,3 g/dL), leukositosis 20.740/uL, trombositosis 273.000/uL, glukosa sewaktu 91 mg/dL, ureum 11 mg/dL, kreatinin 0,5 mg/dL, natrium 135 mEq/L, hipokalemia 2,82 mEq/L, hipokloridemia 94 mEq/L, hipalbuminemia 3,25 g/dL, CRP meningkat 184,2 mg/dL.

Pasien dirawat di *Respiratory Intensive Care Unit* (RICU) selama 14 hari dan di ruang Soka Atas selama 9 hari. Pasien dipantau setiap hari. Saat hari rawatan RICU ke-2 pasien sudah mendapatkan nutrisi melalui jalur enteral dan parenteral dengan energi sebesar 800 kkal (25 kkal/kgBB) dan protein 40 g (1,2 g/kgBB), leusin 4,1 g. Kapasitas fungsional bedridden, Karnofsky *performance scale* 20, pemeriksaan kekuatan

genggaman tangan tidak dapat dilakukan karena pasien masih lemas. Saat hari rawatan RICU ke-9, nutrisi via enteral dan parenteral dengan energi 1200 kkal (37 kkal/kgBB) dan protein 45 g (1,4 g/kgBB), leusin 4,9 g. Kapasitas fungsional non-ambulatori, Karnofsky *performance scale* 40, pemeriksaan kekuatan genggaman tangan belum dapat dilakukan karena pasien masih lemas. Seminggu kemudian pasien sudah pindah ke ruang rawat inap Soka Atas (hari ke-3), nutrisi via enteral dan parenteral dengan energi 1500 kkal (46 kkal/kgBB) dan protein 58 g (1,8 g/kgBB), leusin 5,6 g. Kapasitas fungsional ambulatori, pasien sudah dapat berjalan walaupun masih dibantu, Karnofsky *performance scale* 50, pemeriksaan kekuatan genggaman tangan 4,9 kg dan 4,3 kg, pemeriksaan komposisi tubuh didapatkan *skeletal muscle mass* 7,0 kg. Pada rawatan di ruangan hari ke-9, pasien dipulangkan, dengan nutrisi via oral, enteral dan parenteral dengan energi sebesar 1700 kkal (52 kkal/kgBB), protein 65 g (2 g/kgBB), leusin 6 g. Terdapat perbaikan klinis, pasien sudah dapat berjalan dengan dibantu, Karnofsky *performance scale* 70, pemeriksaan kekuatan genggaman tangan meningkat yaitu 7,2 kg dan 6,7 kg, pemeriksaan komposisi tubuh didapatkan peningkatan *skeletal muscle mass* 7,2 kg. (Tabel 1)

Tabel 1. Perbandingan asupan protein dan leusin, kapasitas fungsional, Karnofsky Performance Scale, kekuatan genggaman tangan dan *skeletal muscle mass*

Periode rawat inap	Asupan protein (g/kgBB)	Asupan leusin (g)	Kapasitas fungsional	Karnofsky performance scale	Kekuatan genggaman tangan	Skeletal muscle mass
Hari RICU ke-2	1,2	4,1	Bedridden	20	Sulit dinilai	Sulit dinilai
Hari RICU ke-9	1,4	4,9	Non-ambulatory	40	Sulit dinilai	Sulit dinilai
Hari Soka ke-3	1,8	5,6	Ambulatory	50	4,9 kg dan 4,3 kg	7,0 kg
Hari Soka ke-9	2	6	Ambulatory	70	7,2 kg dan 6,7 kg	7,2 kg

PEMBAHASAN

Malnutrisi pada pasien dengan TB paru dan MG merupakan hasil dari interaksi kompleks antara proses infeksi, respons imun dan gangguan neuromuskular. Pada pasien TB dan MG terjadi *muscle wasting* yang disebabkan oleh aktivasi jalur *ubiquitin-proteasome* yang dipicu oleh sitokin proinflamasi, terutama TNF- α dan IL-6. Jalur ini meningkatkan degradasi protein otot, mengurangi sintesis protein dan menghambat jalur anabolik seperti mTOR yang penting untuk pertumbuhan dan pemeliharaan otot. Selain itu, inflamasi kronik mengganggu keseimbangan hormon yang mengatur nafsu makan dan metabolisme, seperti leptin dan ghrelin, meningkatkan katabolisme protein otot rangka, memperburuk kehilangan massa otot dan penurunan berat badan. Pada pasien MG, disfagia menghambat asupan makanan dan kelemahan otot pernapasan meningkatkan kebutuhan energi, mempercepat *muscle wasting*, penurunan

berat badan serta memperparah kondisi malnutrisi yang sudah ada.¹²⁻¹⁴

Pada pasien, hasil skrining malnutrisi menggunakan *Nutritional Risk Screening* (NRS) 2002, didapatkan skor 6. Dari pemeriksaan antropometri, IMT pasien adalah 13,8 kg/m², sehingga status nutrisi pasien ialah malnutrisi berat. Pasien didiagnosis dengan kaheksia karena IMT <20 kg/m² dan terdapat penurunan kekuatan otot (pasien tidak bisa melakukan pemeriksaan handgrip karena lemas), asupan <20 kkal/kgBB, selera makan berkurang disertai peningkatan CRP, anemia dan hipoalbuminemia. Pasien termasuk kategori berisiko tinggi sindrom *refeeding* karena memenuhi kriteria ASPEN berupa IMT <16 kg/m², penurunan asupan <50% kebutuhan energi total dalam jangka waktu >5 hari selama masa akut penyakit atau lebih dari satu bulan, penurunan lemak subkutan, penurunan massa otot berat.

Pemberian protein pada pasien TB paru bertujuan untuk meningkatkan kembali massa otot serta memperbaiki fungsi imunitas tubuh. Peningkatan asupan protein berkaitan dengan pemulihan fisis jangka panjang yang lebih baik dan tingkat mortalitas lebih rendah. Peningkatan kapasitas fungsional berbanding lurus dengan asupan protein. Sejalan dengan studi Imai dkk, asupan protein yang rendah berkaitan dengan risiko penurunan kapasitas fungsional yang lebih rendah. Pada pasien TB dan malnutrisi, kebutuhan protein dapat mencapai 2 g/kgBB/hari. Pada pasien TB paru disertai kondisi neuromuskular seperti MG, sumber protein yang diutamakan ialah AARC seperti leusin, valin dan isoleusin. Leusin bermanfaat dalam mempertahankan dan meningkatkan massa otot. Penyusutan massa otot ditemukan di seluruh area tubuh pasien ini. Hal ini juga terlihat pada pengukuran kekuatan genggam tangan kanan dan kiri pada hari pertama rawat inap (RICU), belum dapat dilakukan karena pasien lemas.^{15,16,17}

Leusin mengaktifkan jalur pensinyalan mTOR di otot yang berperan dalam meningkatkan sintesis protein otot, memodulasi inflamasi dan mengurangi risiko anoreksia dengan menghambat triptofan di otak. Leusin juga

menghambat jalur ubiquitin-proteasom sehingga meminimalisir katabolisme protein. Selain itu, metabolit dari leusin yaitu β -hidroksi- β -metilbutirat (HMB) dengan dosis suplementasi 3 g/hari juga dapat membantu mempertahankan massa otot melalui mekanisme yang serupa dengan leusin, yaitu melalui aktivasi aksis *growth hormone/insulin-like-growth factor-1* (GH/IGF-1) dan menghambat degradasi protein melalui inhibisi jalur ubiquitin-proteasom. Asupan leusin harian yang dianjurkan dikonsumsi sebanyak 55 mg/kgBB/hari, dengan mengonsumsi 30 g protein (setara dengan 2,8 g leusin).^{9,10,18}

Pada pasien selain asupan kalori yang meningkat, diikuti dengan peningkatan asupan protein. Berdasarkan formula Harris Benedict didapatkan kebutuhan energi basal (KEB) sebesar 1159 kkal (33 kkal/kgBB) dan saat dirawat di RICU kebutuhan energi total (KET) ialah 818-981 kkal (25-30 kkal/kgBB) pada fase akut dan selanjutnya nutrisi dinaikkan bertahap dengan target KET 1738 kkal (53 kkal/kgBB) dengan faktor stres 1,5. Kebutuhan protein sebesar 56 g (1,7 g/kgBB/hari, 18%), lemak 36 g (26%) dan karbohidrat 174 g (56%). Pada hari rawatan RICU ke-2 pasien sudah mendapatkan nutrisi melalui jalur enteral berupa tim cair saring (TCS) dan

parenteral berupa Clinimix 42 mL/jam, dengan energi sebesar 800 kkal (25 kkal/kgBB) dan protein 40 g (1,2 g/kgBB), leusin 4,1 g. Tim cair saring (TCS) merupakan formula makanan makanan lunak semisolid yang terdiri dari putih telur, ayam atau daging, tempe atau tahu, sayur, maltodekstrin, tepung terigu, gula pasir, minyak kelapa, air dan air jeruk nipis. Bahan makanan seperti ayam, daging sapi, telur, tahu, tempe merupakan sumber bahan makanan tinggi AARC. Komposisi 220 mL TCS mengandung energi 220 kkal, protein 6 gram, lemak 4,3 gram, karbohidrat 37 gram, natrium 84 miligram dan kalium 295 miligram. Clinimix mengandung volume 1000 mL dengan kandungan 410 kkal, protein 28 gram, karbohidrat 75 gram, leusin 2,01 g. Saat itu kondisi pasien memiliki kapasitas fungsional bedridden, Karnofsky *performance scale* 20, namun pemeriksaan kekuatan genggam tangan tidak dapat dilakukan karena pasien masih lemas.

Saat hari rawatan RICU ke-9, nutrisi via enteral berupa TCS dan bubur saring yang ditambahkan whey protein dan parenteral berupa Clinimix dengan energi 1200 kkal (37 kkal/kgBB) dan protein 45 g (1,4 g/kgBB), leusin 4,9 g. Cara lain untuk meningkatkan asupan protein ialah dengan ditambahkan suplementasi bubuk protein whey, yang kaya akan AARC.

Beberapa bahan makanan sumber leusin dari sumber hewani, seperti dada ayam (1,9g/100g), daging sapi (1,9g/100g), ikan tuna (1,9g/100g), sarden (1,6g/100g), kerapu (1,4g/100g), kakap (1,5g/100g), teri (1,3g/100g), susu skim (0,4g/100g), keju (0,9g/100g), telur ayam (1g/100g), dan putih telur ayam (0,8/100g), dan sumber nabati, seperti kacang-kacangan (0,5g/100g), alpukat (0,3g/100g), bayam (0,3g/100g), dan kentang (0,1g/100g).¹⁹ Saat itu, kapasitas fungsional pasien non-ambulatori, Karnofsky *performance scale* 40, pemeriksaan kekuatan genggam tangan belum dapat dilakukan karena pasien masih lemas.

Seminggu kemudian pasien sudah pindah ke Soka Atas (hari ke-3), nutrisi via enteral dan parenteral dengan energi 1500 kkal (46 kkal/kgBB) dan protein 58 g (1,8 g/kgBB), leusin 5,6 g. Kapasitas fungsional ambulatori, pasien sudah dapat berjalan walaupun masih dibantu, Karnofsky *performance scale* 50, pemeriksaan kekuatan genggam tangan 4,9 kg dan 4,3 kg, pemeriksaan komposisi tubuh didapatkan *skeletal muscle mass* 7,0 kg. Pada rawatan di ruangan hari ke-9, pasien dipulangkan, dengan nutrisi via oral, enteral dan parenteral dengan energi sebesar 1700 kkal (52 kkal/kgBB), protein 65 g (2 g/kgBB), leusin 6 g.

Terdapat perbaikan klinis, pasien sudah dapat berjalan dengan dibantu, Karnofsky *performance scale* 70, pemeriksaan kekuatan genggam tangan meningkat yaitu 7,2 kg dan 6,7 kg, pemeriksaan komposisi tubuh didapatkan peningkatan *skeletal muscle mass* 7,2 kg.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pasien malnutrisi berat pada TB paru dan miastenia gravis yang dirawat selama 14 hari di RICU dan dilanjutkan 9 hari di rawat inap biasa dengan pemberian diet tinggi protein sebesar 40-65 g (1,2-2 g/kgBB) dan asupan leusin 4-6 g/hari, dapat memperbaiki klinis pasien berupa peningkatan massa otot, perbaikan kapasitas fungsional dan kekuatan genggam tangan. Belum ada rekomendasi dosis, jalur dan durasi pemberian leusin sehingga perlu penelitian lebih lanjut untuk menangani pasien malnutrisi pada TB paru dan miastenia gravis.

DAFTAR PUSTAKA

- World Health Organization. Global tuberculosis report 2023. Geneva: WHO. 2023. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240083851>
- Franco JV, Bongaerts B, Metzendorf MI, Risso A, Guo Y, Peña Silva L, et al. Undernutrition as a risk factor for tuberculosis disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2024;6(6):CD015890.
- Li A, Yuan SY, Li QG, Li JX, Yin XY, Liu NN. Prevalence and risk factors of malnutrition in patients with pulmonary tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. *Front Med*. 2023;10:1173619.
- Dresser L, Wlodarski R, Rezania K, Soliven B. Myasthenia gravis: epidemiology, pathophysiology and clinical manifestations. *J Clin Med*. 2021;10(11):2235.
- Bubuioc AM, Kudebayeva A, Turuspekova S, Lisnic V, Leone MA. The epidemiology of myasthenia gravis. *J Med Life*. 2021;14(1):7-16.
- Luies L, du Preez I. The Echo of Pulmonary Tuberculosis: Mechanisms of clinical symptoms and other disease-induced systemic complications. *Clin Microbiol Rev*. 2020;33(4):36-20.
- Jacob JJ, Paul PAM. Infections in endocrinology: tuberculosis. In: Feingold KR, Ahmed SF, Anawalt B, et al, editors. *Endotext* [Internet]. South Dartmouth: MDText.com, Inc. 2000- Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK568566/>
- Binks SNM, Morse IM, Ashraghi M, Vincent A, Waters P, Leite MI. Myasthenia gravis in 2025: five new things and four hopes for the future. *J Neurol*. 2025;272(3):226.
- Yahsi B, Gunaydin G. Immunometabolism – the role of branched-chain amino acids. *Front Immunol*. 2022;13:886822.
- Kośliński P, Rzepiński Ł, Koba M, Gackowski M, Maciejek Z. Amino acids levels as a potential biomarker in myasthenia gravis. *Folia Neuropathol*. 2022;60(1):122–7.
- Cruzat VF, Krause M, Newsholme P. Amino acid supplementation and impact on immune function in the context of exercise. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11(1):61.
- Ye M, Bian LF. Association of serum leptin levels and pulmonary tuberculosis: a meta-analysis. *J Thorac Dis*. 2018;10(2):1027-36.
- Pérez-Pérez A, Sánchez-Jiménez F, Vilariño-García T, Sánchez-Margalet V. Role of leptin in inflammation and vice versa. *Int J Mol Sci*. 2020;21(16):5887.
- Wang T, Zhou D, Hong Z. Sarcopenia and cachexia: molecular mechanisms and therapeutic interventions. *MedComm*. 2025;6(1):e70030.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia no. HK.01.07/MENKES/393/2019 tentang Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tatalaksana Malnutrisi pada Dewasa. Jakarta: Kemenkes RI. 2019

16. Imai E, Tsubota-Utsugi M, Kikuya M, Satoh M, Inoue R, Hosaka M, et al. Animal protein intake is associated with higher-level functional capacity in elderly adults: the Ohasama study. *J Am Geriatr Soc.* 2014;62(3):426-34.
17. Wagnew F, Gray D, Tsheten T, Kelly M, Clements ACA, Alene KA. Effectiveness of nutritional support to improve treatment adherence in patients with tuberculosis: a systematic review. *Nutr Rev.* 2024;82(9):1216–25.
18. de Campos-Ferraz PL, Andrade I, das Neves W, Hangai I, Alves CRR, Lancha AHJ. An overview of amines as nutritional supplements to counteract cancer cachexia. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2014;5(2):105–10.
19. Rondanelli M, Nichetti M, Peroni G, Faliva MA, Naso M, Gasparri C, et al. Where to Find Leucine in Food and How to Feed Elderly With Sarcopenia in Order to Counteract Loss of Muscle Mass : Practical Advice. *Front Nutr.* 2021;7:622.