HJK HOLISTIK JURNAL KESEHATAN
ISSN 1978-3337 (Print)
ISSN 2620-7478 (Online)
DOI: 10.33024
Nomor: 79/E/KPT/2023

INFORMASI ARTIKEL
Received: May, 20, 2026
Revised: August, 27, 2026
Available online: August, 30, 2026
at: https://e-jurnal.iphorr.com/index.php/hjk

Pengaruh pemberian sekretom terhadap indeks apoptosis sel otot soleus pada tikus model sarkopenia dengan induksi d-galaktosa

Carolyn Grace Donlon*, Iskandar Rahardjo Budianto, Veronika Maria Sidharta, Tena Djuartina

Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Atma Jaya
Korespondensi penulis: Carolyn Grace Donlon. *Email: carolyndonlon12@gmail.com

Abstract

Background: Natural aging is associated with mitochondrial dysfunction that can trigger cellular apoptosis. The increase in cellular apoptosis accompanying natural aging leads to a decline in muscle mass and strength after the age of 30.
Purpose: To determine the effect of secretome administration on sarcopenia in a D-galactose-induced sarcopenia rat model.
Method: This study was an in vivo experiment with a cross-sectional design, conducted at the Animal Laboratory of the Faculty of Medicine and Health Sciences, Atma Jaya Catholic University of Indonesia, between August 2022 and December 2023. The study utilized a sample of 34 rats. Data were obtained by examining Hematoxylin-Eosin-stained soleus muscle fiber preparations using an Olympus CX-3 biological microscope at 40x magnification across five fields of view. Data were analyzed using IBM SPSS version 27.0. One-way ANOVA and post-hoc analyses were performed to assess the effect of the secretome on the sarcopenia animal model.
Results: The study demonstrated a reduction in the apoptosis index in the group treated with the secretome. This result was statistically significant ($P < 0.05$).
Conclusion: Secretome administration contributes to a reduction in the apoptosis index in Sprague Dawley rat muscle cells. This significant reduction indicates that the secretome holds potential as a therapy for sarcopenia.
Suggestion: Further research is recommended, incorporating a larger number of observation fields so that the calculated apoptosis index more representatively reflects the tissue condition. Additionally, future studies should employ stereological methods for calculating the apoptosis index, allowing for more accurate observation of each layer of the specimen when counting apoptotic nuclei.

Keywords: Apoptosis; Reduction; Sarcopenia; Secretome; Sprague Dawley Rats.

PENDAHULUAN

Otot rangka pada tubuh manusia membentuk sekitar 40% dari total berat badan manusia (Suh & Lee, 2020). Massa dan kekuatan otot rangka mengalami penurunan 3–8% setiap sepuluh tahun setelah umur 30 tahun (Xie et al., 2021; Gustafsson & Ulfhake, 2024). Fenomena ini adalah atrofi otot yang disebut sarkopenia dan dialami oleh semua orang akibat penuaan alami. Saat otot rangka atrofi, serat otot menyusut dikarenakan sistem proteolitik diaktifkan yang menyebabkan protein kontraktil dan organel lain menyusut (Park et al., 2018; Sartori et al., 2021; Bilodeau et al., 2016).

Kurangnya aktivitas fisik menyebabkan penurunan serat dan kekuatan otot yang diyakini sebagai faktor risiko utama dari sarkopenia (Schiaffino et al., 2013). Sarkopenia juga dikaitkan dengan penurunan konsentrasi hormon, termasuk hormon testosteron, *growth hormone* (GH), *insulin-like growth factor*-1 (IGF-1), dan *mechanical growth factor* (MGF). Selain itu, sarkopenia dapat disebabkan oleh kegagalan dalam aktivasi sel satelit yang terjadi karena penuaan (Fuggle et al., 2017; Li

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3328

et al., 2025). Sarkopenia menurunkan fungsi alat gerak yang dapat menyebabkan peningkatan insiden jatuh, patah tulang dan kecacatan fisik, sehingga menyebabkan ketidakmandirian dalam melakukan aktivitas sehari-hari (Billot et al., 2020; Rodrigues et al., 2022). Sarkopenia juga dikaitkan dengan penyakit penyerta, seperti osteoporosis, obesitas, dan diabetes. Semua konsekuensi terkait kesehatan dari sarkopenia dapat menurunkan kualitas hidup pada individu yang mengidap sarkopenia (Marcos-Pardo et al., 2020).

Terapi pengobatan sarkopenia saat ini terdiri dari steroid androgen yang dapat meningkatkan massa dan kekuatan otot, namun adanya efek samping kardiovaskular, protein *anabolic agents* yang dapat meningkatkan massa otot, tidak dapat meningkatkan kekuatan otot dan inhibitor myostatin yang dapat mencegah anabolisme otot, namun dapat menyebabkan efek samping yang tidak berhubungan dengan otot (Fuggle et al., 2017).

Sebuah penelitian terdahulu pada tahun 1970, menemukan bahwa terdapat *mesenchymal stem cells* (MSC) atau disebut sebagai sel punca mesenkimal di sumsum tulang tikus yang dapat berdiferensiasi menjadi sel somatik dewasa. MSC tersebut sekresi faktor-faktor terlarut yang diistilahkan sebagai sekretom. Sekretom memiliki efek sitoprotektif, anti-inflamasi, anti-apoptosis, dan angiogenik pada sel-sel yang rusak (Xia et al., 2019).

Sebuah penelitian sebelumnya menggunakan tikus model cedera endometrium yang diberikan terapi MSC menunjukkan bahwa MSC dapat meningkatkan kemampuan proliferasi sel epitel endometrium yang rusak dan menurunkan konsentrasi sel apoptosis (Xu et al., 2022). Sifat MSC tersebut telah memberikan harapan, bahwa sarkopenia dapat diperlambat ataupun disembuhkan, namun pada saat ini belum ada penelitian mengenai efek anti-apoptosis dari sekretom yang berhasil menyembuhkan sarkopenia.

Fungsi regeneratif dan anti-apoptosis pada sekretom merupakan faktor yang memengaruhi penyusunan ide penelitian ini, maka dari itu diharapkan sekretom dapat menyembuhkan sarcopenia (Lo et al., 2020; Maacha et al., 2020). Penelitian mengenai pengaruh pemberian sekretom terhadap indeks apoptosis pada sarkopenia masih jarang dipublikasikan. Selain itu, penelitian mengenai dampak sarkopenia pada otot soleus jarang dilakukan dibandingkan dengan penelitian mengenai dampak sarkopenia pada otot gastrocnemius yang sudah umum dilakukan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jika pemberian sekretom dapat meningkatkan efek anti-apoptosis untuk memperlambat sarkopenia menggunakan otot soleus tikus *Sprague Dawley* karena pemahaman yang lebih luas tentang dampak sarkopenia pada otot soleus dan otot gastrocnemius diperlukan untuk memandu pengembangan pengobatan yang paling efektif. Penelitian ini melakukan dengan penyuntikkan sekretom pada tikus model sarkopenia yang telah diinduksi dengan injeksi D-galaktosa untuk meneliti efek regenerasi dan anti-apoptosis dari sekretom tersebut. Indeks apoptosis dihitung dengan metode Aihara yang dimodifikasi dengan cara inti yang apoptosis pada sampel otot rangka dihitung per 5 lapang pandang dan diambil rata-rata (Jiao et al., 2021).

Sarkopenia diketahui dapat menurunkan kualitas hidup karena menyebabkan gangguan fungsi alat gerak hingga kecacatan fisik yang berdampak pada ketidakmandirian individu dalam melakukan aktivitas sehari-hari (Liang et al., 2022). Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dirumuskan untuk menjawab pertanyaan apakah pemberian sekretom dapat memengaruhi indeks apoptosis sel pada tikus model sarkopenia yang diinduksi oleh D-galaktosa. Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui efek pemberian sekretom terhadap sarkopenia pada tikus model sarkopenia yang diinduksi D-galaktosa. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sekretom terhadap indeks apoptosis serta membandingkan indeks apoptosis antara tikus yang diberikan sekretom dan yang tidak diberikan sekretom, baik pada kelompok model sarkopenia maupun kelompok non-sarkopenia.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam bidang penelitian dan akademik. Dalam bidang penelitian, studi ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai pengaruh sekretom terhadap indeks apoptosis pada otot tikus model sarkopenia yang diinduksi D-galaktosa, sekaligus menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya. Dalam bidang akademik, penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber referensi dan bahan pembelajaran mengenai potensi sekretom sebagai terapi regeneratif pada sarkopenia

Carolyn Grace Donlon*, Iskandar Rahardjo Budianto, Veronika Maria Sidharta, Tena Djuartina

Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Atma Jaya
Korespondensi penulis: Carolyn Grace Donlon. *Email: carolyndonlon12@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3328

METODE

Penelitian ini merupakan studi eksperimental in vivo yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian sekretom terhadap model sarkopenia pada tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur *Sprague Dawley*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hewan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, pada periode Agustus 2022 hingga Desember 2023 dan telah memperoleh persetujuan etik dengan nomor 10/10/KEP-FKIKUAJ/2023.

Sampel penelitian berupa tikus jantan berusia 16–20 minggu dengan berat badan 200–300 gram yang diadaptasikan selama tujuh hari sebelum perlakuan. Sebanyak 35 ekor tikus dibagi secara acak ke dalam lima kelompok, yaitu kelompok kontrol normal, kontrol negatif tanpa sekretom, kontrol positif sarkopenia, kelompok non-sarkopenia dengan sekretom, dan kelompok intervensi sarkopenia dengan sekretom. Model sarkopenia diinduksi menggunakan injeksi D-galaktosa dosis 300 mg/kgBB/hari secara intraperitoneal selama tujuh hari, sedangkan sekretom diberikan secara intramuskular pada hari ke-7 dan ke-14.

Setelah perlakuan, dilakukan pengambilan jaringan otot soleus melalui prosedur euthanasia menggunakan ketamin, kemudian sampel difiksasi dengan formalin dan dilakukan pewarnaan Hematoksilin-Eosin (H&E). Pengamatan indeks apoptosis dilakukan menggunakan mikroskop dengan menghitung inti sel apoptosis pada lima lapang pandang pembesaran 40x menggunakan metode Aihara yang dimodifikasi. Data dianalisis menggunakan *one-way* ANOVA dan uji *post-hoc* dengan tingkat signifikansi $p<0.05$.

HASIL

Tabel 1. Indeks Apoptosis pada Kelompok Kontrol dan Perlakuan

Kelompok	*Mean*	*p-value*
1	13.7429	0.008
2	12.8000	0.001
3	18.6000	<0.001
4	10.4000	<0.001
5	14.1667	0.024

Tabel 1. menunjukkan bahwa indeks apoptosis lebih tinggi secara bermakna pada kelompok 3 (kontrol positif) dibandingkan dengan kelompok lain, yaitu pada kelompok 1 (kontrol tanpa perlakuan) dengan p-*value* (p=0.008), kelompok 2 (kontrol negatif tanpa injeksi sekretom) dengan p-*value* (p=0.001), kelompok 4 (kontrol negatif dengan injeksi sekretom) dengan p-*value* (p <0.001), dan kelompok 5 (intervensi) dengan p-*value* (p=0.024).

Carolyn Grace Donlon*, Iskandar Rahardjo Budianto, Veronika Maria Sidharta, Tena Djuartina

Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Atma Jaya
Korespondensi penulis: Carolyn Grace Donlon. *Email: carolyndonlon12@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3328

Tabel 2. Perbandingan Rata-Rata Indeks Apoptosis Antara Kelompok Kontrol dan Perlakuan

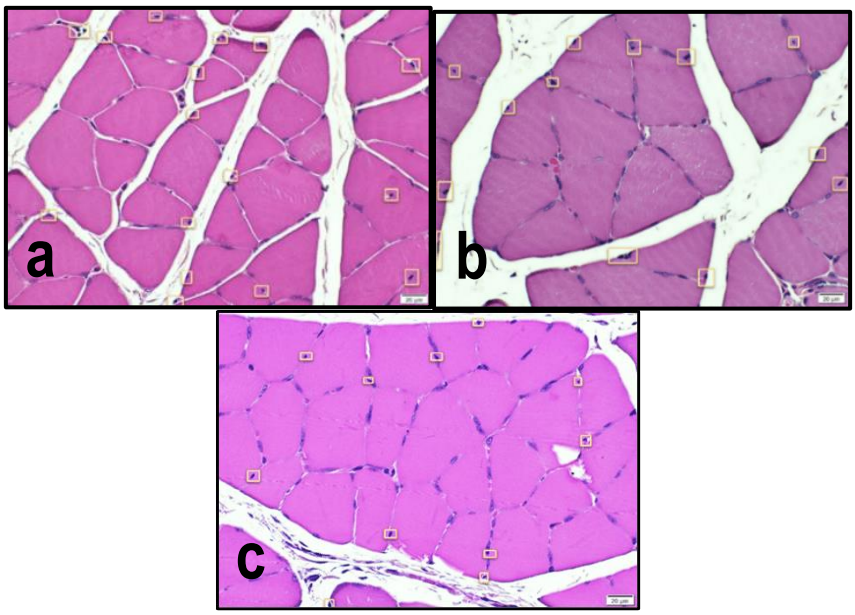
Kelompok	Mean (Indeks apoptosis)	Sig.
Kelompok 1		
Kelompok 2	12.8000	0.951
Kelompok 3	18.6000	0.008
Kelompok 4	10.4000	0.135
Kelompok 5	14.1667	0.998
Kelompok 2		
Kelompok 1	13.7429	0.951
Kelompok 3	18.6000	0.001
Kelompok 4	10.4000	0.421
Kelompok 5	14.1667	0.855
Kelompok 3		
Kelompok 1	13.7429	0.008
Kelompok 2	12.8000	0.001
Kelompok 4	10.4000	<0.001
Kelompok 5	14.1667	0.024
Kelompok 4		
Kelompok 1	13.7429	0.135
Kelompok 2	12.8000	0.421
Kelompok 3	18.6000	<0.001
Kelompok 5	14.1667	0.089
Kelompok 5		
Kelompok 1	13.7429	0.998
Kelompok 2	12.8000	0.855
Kelompok 3	18.6000	0.024
Kelompok 4	10.4000	0.089

Berdasarkan Tabel 2. hasil perbandingan rata-rata indeks apoptosis, menunjukkan bahwa Kelompok 3 memiliki nilai indeks apoptosis tertinggi dibandingkan kelompok lainnya dan menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik terhadap Kelompok 1 (p=0.008), Kelompok 2 (p=0.001), Kelompok 4 (p<0.001), dan Kelompok 5 (p=0.024). Sementara itu, tidak ditemukan perbedaan bermakna antara Kelompok 1, Kelompok 2, Kelompok 4, dan Kelompok 5 karena seluruh nilai signifikansi menunjukkan p>0.05. Temuan ini menunjukkan bahwa induksi D-galaktosa meningkatkan indeks apoptosis secara signifikan, sedangkan pemberian sekretom pada Kelompok 5 mampu menurunkan indeks apoptosis dibandingkan kelompok sarkopenia tanpa terapi sekretom.

Carolyn Grace Donlon*, Iskandar Rahardjo Budianto, Veronika Maria Sidharta, Tena Djuartina

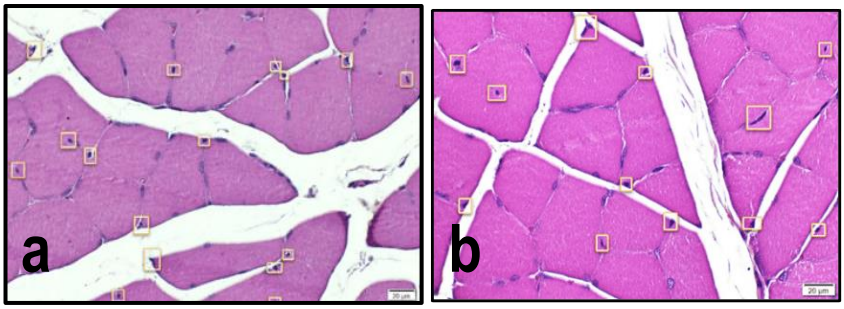
Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Atma Jaya
Korespondensi penulis: Carolyn Grace Donlon. *Email: carolyndonlon12@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3328



Gambar 1. Perbandingan Indeks Apoptosis antara (a) Kelompok 1; (b) Kelompok 2; (c) Kelompok 4

Berdasarkan Gambar 1. terlihat perbandingan indeks apoptosis pada kelompok 1 (kontrol tanpa perlakuan), kelompok 2 (kontrol tanpa injeksi sekretom), dan kelompok 4 (kontrol negatif dengan injeksi sekretom). Hasil penelitian ini menunjukkan, bahwa kelompok 4 memiliki indeks apoptosis yang lebih rendah dibandingkan kelompok 1 dan kelompok 2. Namun, penurunan indeks apoptosis tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa pemberian sekretom pada tikus non-sarkopenia cenderung menurunkan apoptosis sel otot, meskipun efek yang dihasilkan belum signifikan.



Gambar 2. Perbandingan Indeks Apoptosis antara (a) Kelompok 3; (b) Kelompok 5

Berdasarkan Gambar 2. kelompok 3 (kontrol positif), menunjukkan indeks apoptosis yang lebih tinggi secara bermakna dibandingkan kelompok 5 (intervensi). Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian sekretom pada tikus model sarkopenia mampu menurunkan apoptosis sel otot secara signifikan, sehingga mengindikasikan adanya efek antiapoptosis dan protektif dari sekretom terhadap kerusakan otot akibat sarkopenia.

Carolyn Grace Donlon*, Iskandar Rahardjo Budianto, Veronika Maria Sidharta, Tena Djuartina

Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Atma Jaya
Korespondensi penulis: Carolyn Grace Donlon. *Email: carolyndonlon12@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3328

PEMBAHASAN

Berbagai penelitian mengenai efek antiapoptosis sekretom telah menunjukkan, bahwa sekretom memiliki kemampuan dalam menurunkan indeks apoptosis pada jaringan yang mengalami kerusakan. Sekretom diketahui mampu memberikan efek sitoprotektif, antiinflamasi, angiogenik, serta antiapoptosis terhadap sel yang mengalami cedera. Pada penelitian ini, kelompok 4 (kontrol negatif dengan injeksi sekretom) menunjukkan indeks apoptosis yang lebih rendah dibandingkan kelompok 1 (kontrol tanpa perlakuan) dan kelompok 2 (kontrol tanpa injeksi sekretom). Meskipun penurunannya tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik, hasil tersebut mengindikasikan adanya kecenderungan bahwa sekretom dapat mengurangi apoptosis pada tikus yang tidak diinduksi D-galaktosa. Selain itu, efek terapeutik sekretom terlihat lebih jelas pada model sarkopenia, di mana kelompok 3 (kontrol positif) memiliki indeks apoptosis yang lebih tinggi secara bermakna dibandingkan kelompok 5 (intervensi). Temuan ini menunjukkan bahwa pemberian sekretom mampu menurunkan apoptosis sel otot pada tikus model sarkopenia yang diinduksi D-galaktosa.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menggunakan *adipose-derived stem cell secretome* (ADSCs) (Jiao et al., 2021). Penelitian tersebut menemukan bahwa jumlah inti sel hepatosit yang mengalami apoptosis secara bermakna lebih tinggi pada kelompok tanpa transplantasi sekretom ADSCs dibandingkan kelompok yang diberikan sekretom ADSCs. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa sekretom yang diperoleh dari sel punca mesenkimal manusia dengan kondisi normoksia mampu menurunkan apoptosis neuron secara signifikan pada model cedera otak traumatis (Bian et al., 2020). Selain itu, sebuah studi juga melaporkan bahwa *dental pulp stem cell secretome* (DPSCs) memiliki efek terapeutik pada penyakit alzheimer dengan menurunkan sitotoksisitas dan apoptosis akibat peptide amiloid beta, termasuk menurunkan regulator apoptosis Bax secara signifikan (Ahmed et al., 2016). Berbagai temuan tersebut semakin memperkuat, bahwa sekretom memiliki potensi besar sebagai terapi regeneratif dan antiapoptosis pada berbagai kondisi degeneratif, termasuk sarkopenia.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Perhitungan indeks apoptosis hanya dilakukan pada lima lapang pandang setiap preparat, sehingga kemungkinan belum sepenuhnya merepresentasikan keseluruhan kondisi jaringan otot. Selain itu, pengamatan preparat belum dilakukan secara tiga dimensi, sehingga inti sel apoptosis pada setiap lapisan preparat belum dapat diamati secara menyeluruh dan lebih akurat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pemberian sekretom pada tikus non-sarkopenia dalam kelompok 4 menunjukkan penurunan indeks apoptosis dibandingkan kelompok 1 dan kelompok 2, meskipun perbedaannya tidak bermakna secara statistik. Temuan ini menunjukkan bahwa sekretom memiliki kecenderungan memberikan efek antiapoptosis pada jaringan otot normal. Selain itu, pada tikus model sarkopenia, pemberian sekretom pada kelompok 5 terbukti menurunkan indeks apoptosis secara bermakna dibandingkan kelompok 3 sebagai kontrol positif. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa sekretom berpotensi memberikan efek protektif dan antiapoptosis pada kondisi sarkopenia sehingga dapat membantu mengurangi kerusakan sel otot akibat proses degeneratif.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan adanya penelitian lanjutan dengan penambahan jumlah lapang pandang pengamatan agar hasil perhitungan indeks apoptosis dapat menggambarkan kondisi jaringan secara lebih representatif. Selain itu, penelitian selanjutnya juga disarankan menggunakan metode stereologi dalam perhitungan indeks apoptosis, sehingga setiap lapisan preparat dapat diamati secara lebih akurat untuk menghitung inti sel yang mengalami apoptosis. Metode stereologi merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk menginterpretasikan struktur tiga dimensi (3D) berdasarkan data dua dimensi (2D), sehingga diharapkan mampu meningkatkan ketepatan dan validitas hasil pengamatan histopatologi.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, N. E. M. B., Murakami, M., Hirose, Y., & Nakashima, M. (2016). Therapeutic potential of dental pulp stem cell secretome for Alzheimer's disease treatment: an in vitro study. *Stem cells international*, *2016*(1), 8102478.

Carolyn Grace Donlon*, Iskandar Rahardjo Budianto, Veronika Maria Sidharta, Tena Djuartina

Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Atma Jaya
Korespondensi penulis: Carolyn Grace Donlon. *Email: carolyndonlon12@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3328

Bian, A., Ma, Y., Zhou, X., Guo, Y., Wang, W., Zhang, Y., & Wang, X. (2020). Association between sarcopenia and levels of growth hormone and insulin-like growth factor-1 in the elderly. *BMC musculoskeletal disorders*, *21*(1), 214.

Billot, M., Calvani, R., Urtamo, A., Sánchez-Sánchez, J. L., Ciccolari-Micaldi, C., Chang, M., & Freiberger, E. (2020). Preserving mobility in older adults with physical frailty and sarcopenia: opportunities, challenges, and recommendations for physical activity interventions. *Clinical interventions in aging*, 1675-1690.

Bilodeau, P. A., Coyne, E. S., & Wing, S. S. (2016). The ubiquitin proteasome system in atrophying skeletal muscle: roles and regulation. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *311*(3), C392-C403.

Fuggle, N., Shaw, S., Dennison, E., & Cooper, C. (2017). Sarcopenia. *Best practice & research clinical rheumatology*, *31*(2), 218-242.

Gustafsson, T., & Ulfhake, B. (2024). Aging skeletal muscles: what are the mechanisms of age-related loss of strength and muscle mass, and can we impede its development and progression?. *International journal of molecular sciences*, *25*(20), 10932.

Jiao, Z., Ma, Y., Wang, Y., Liu, T., Zhang, Q., Liu, X., & Wang, H. (2021). Protective effect of adipose-derived mesenchymal stem cell secretome against hepatocyte apoptosis induced by liver ischemia-reperfusion with partial hepatectomy injury. *Stem cells international*, *2021*(1), 9969372.

Li, N., Chen, Y., Wang, Q., Liu, X., Han, C., Qu, C., & Wang, Y. (2025). Microenvironment-driven satellite cell regeneration and repair in aging-related sarcopenia: mechanisms and therapeutic frontiers. *Stem Cell Research & Therapy*, *16*(1), 545.

Liang, Z., Zhang, T., Liu, H., Li, Z., Peng, L., Wang, C., & Wang, T. (2022). Inflammaging: The ground for sarcopenia?. *Experimental Gerontology*, *168*, 111931.

Lo, J. H. T., Yiu, T., Ong, M. T. Y., & Lee, W. Y. W. (2020). Sarcopenia: Current treatments and new regenerative therapeutic approaches. *Journal of orthopaedic translation*, *23*, 38-52.

Maacha, S., Sidahmed, H., Jacob, S., Gentilcore, G., Calzone, R., Grivel, J. C., & Cugno, C. (2020). Paracrine mechanisms of mesenchymal stromal cells in angiogenesis. *Stem cells international*, *2020*(1), 4356359.

Marcos-Pardo, P. J., González-Gálvez, N., López-Vivancos, A., Espeso-García, A., Martínez-Aranda, L. M., Gea-García, G. M., & Vaquero-Cristóbal, R. (2020). Sarcopenia, diet, physical activity and obesity in European middle-aged and older adults: the lifeage study. *Nutrients*, *13*(1), 8.

Park, S. R., Kim, J. W., Jun, H. S., Roh, J. Y., Lee, H. Y., & Hong, I. S. (2018). Stem cell secretome and its effect on cellular mechanisms relevant to wound healing. *Molecular Therapy*, *26*(2), 606-617.

Rodrigues, F., Domingos, C., Monteiro, D., & Morouço, P. (2022). A review on aging, sarcopenia, falls, and resistance training in community-dwelling older adults. *International journal of environmental research and public health*, *19*(2), 874.

Sartori, R., Romanello, V., & Sandri, M. (2021). Mechanisms of muscle atrophy and hypertrophy: implications in health and disease. *Nature communications*, *12*(1), 330.

Schiaffino, S., Dyar, K. A., Ciciliot, S., Blaauw, B., & Sandri, M. (2013). Mechanisms regulating skeletal muscle growth and atrophy. *The FEBS journal*, *280*(17), 4294-4314.

Suh, J., & Lee, Y. S. (2020). Myostatin inhibitors: panacea or predicament for musculoskeletal disorders?. *Journal of bone metabolism*, *27*(3), 151.

Xia, J., Minamino, S., Kuwabara, K., & Arai, S. (2019). Stem cell secretome as a new booster for regenerative medicine. *Bioscience Trends*, *13*(4), 299-307.

Xie, W. Q., He, M., Yu, D. J., Wu, Y. X., Wang, X. H., Lv, S., & Li, Y. S. (2021). Mouse models of sarcopenia: classification and evaluation. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, *12*(3), 538-554.

Xu, X., Xing, Q., Liu, R., Dong, L., Yu, Z., Wang, Y., & Wei, Z. (2022). Therapeutic effects and repair mechanism of hgf gene-transfected mesenchymal stem cells on injured endometrium. *Stem Cells International*, *2022*(1), 5744538.

Carolyn Grace Donlon*, Iskandar Rahardjo Budianto, Veronika Maria Sidharta, Tena Djuartina

Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Atma Jaya
Korespondensi penulis: Carolyn Grace Donlon. *Email: carolyndonlon12@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3328