

HUBUNGAN DERAJAT KEBIASAAN MEROKOK DENGAN DESATURASI OKSIGEN DAN INTOLERANSI AKTIVITAS PADA DEWASA MUDA

Oleh

Siti Khadijah¹, Saleha Salihun², Ririn Andasari³, Muhammad Taufiq Nugroho⁴, Annasya Nur Sapriyani⁵

^{1,2,3,4,5} STIKes RS Dustira

*Email: ¹sitikhadijah@stikesrsdustira.ac.id, ²salehasalihun862@gmail.com,

³andasariririn@gmail.com

Article History:

Received: 24-05-2026

Revised: 01-06-2026

Accepted: 27-06-2026

Keywords:

Smoking Habit;

Brinkman Index;

Oxygen Desaturation;

Six-Minute Walk Test;

Activity Intolerance;

Young Adults

Abstract: Background: Smoking is a major modifiable risk factor affecting the cardiopulmonary system. Even in young adults, cigarette smoking may impair oxygen transport, reduce functional exercise capacity, and increase fatigue before clinically significant respiratory disease develops. This study aimed to determine the relationship between the degree of smoking habits and oxygen desaturation and activity intolerance among young adults. Methods: This analytical observational study used a cross-sectional design involving 35 young adult smokers aged 20–30 years selected through purposive sampling. Smoking exposure was assessed using the Brinkman Index. Oxygen desaturation was measured as the difference in peripheral oxygen saturation (ΔSpO_2) before and after the Six-Minute Walk Test (6MWT). Activity intolerance was evaluated using the 6MWT walking distance and Borg Rating of Perceived Exertion Scale. Data were analyzed using the Shapiro–Wilk normality test and Spearman's rank correlation test. Results: The mean Brinkman Index was 255.43 ± 133.64 . Mean oxygen saturation decreased from $98.00 \pm 0.69\%$ to $94.89 \pm 1.91\%$ after exercise, with a mean ΔSpO_2 of $3.11 \pm 1.32\%$. Significant correlations were found between the Brinkman Index and ΔSpO_2 ($r = 0.950$), 6MWT distance ($r = -0.970$), and Borg score ($r = 0.979$) (all $p < 0.001$). Conclusion: A higher degree of smoking was significantly associated with greater oxygen desaturation, reduced functional exercise capacity, and increased perceived fatigue in young adults. These findings support the importance of early screening and preventive physiotherapy interventions to maintain cardiopulmonary function.

PENDAHULUAN

Merokok sampai sekarang masih jadi salah satu kebiasaan yang paling berpengaruh terhadap penurunan fungsi sistem pernapasan, bahkan pada kelompok usia muda yang sering merasa tubuhnya masih “aman” dari dampak jangka panjang (Banks *et al.*, 2019). Zat berbahaya dalam rokok seperti nikotin, karbon monoksida, dan tar secara perlahan bisa

merusak struktur paru dan mengganggu proses pertukaran gas di alveoli (Benowitz & Fraiman, 2021). Dampak ini sebenarnya tidak selalu langsung terasa, tapi perubahan kecil seperti penurunan saturasi oksigen sudah bisa mulai muncul sejak fase awal pada perokok aktif (Çolak *et al.*, 2020).

Salah satu tanda awal yang sering muncul adalah desaturasi oksigen, terutama saat tubuh melakukan aktivitas fisik (O'Donnell *et al.*, 2020). Kondisi ini terjadi karena adanya gangguan keseimbangan ventilasi dan perfusi di paru, sehingga distribusi oksigen ke jaringan jadi tidak optimal (Nici *et al.*, 2020). Selain itu, karbon monoksida dari asap rokok juga bisa mengikat hemoglobin lebih kuat dibanding oksigen, yang akhirnya menurunkan kemampuan darah dalam membawa oksigen ke seluruh tubuh (Sarkar *et al.*, 2020).

Akibatnya, tubuh jadi lebih cepat lelah saat beraktivitas, dan ini yang kemudian dikenal sebagai intoleransi aktivitas (Holland *et al.*, 2021). Pada kondisi ini, seseorang akan merasa cepat capek, sesak, atau tidak mampu mempertahankan aktivitas dalam durasi normal (Spruit *et al.*, 2020). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perokok memiliki kapasitas aktivitas yang lebih rendah dibandingkan tidak merokok, bahkan pada usia dewasa muda. Studi pada dewasa muda menemukan bahwa perokok memiliki jarak tempuh 6 *Minute Walk Test* (6MWT) yang secara signifikan lebih pendek dibandingkan tidak merokok ($p < 0,01$), disertai penurunan saturasi oksigen yang bermakna setelah aktivitas ($p < 0,001$). Selain itu, kapasitas inspirasi juga mengalami penurunan signifikan setelah aktivitas pada kelompok perokok ($p < 0,05$), yang menunjukkan adanya keterbatasan ventilasi selama aktivitas fisik. Temuan ini menunjukkan bahwa paparan rokok telah berdampak pada penurunan kapasitas fungsional dan efisiensi sistem respirasi bahkan pada populasi usia muda yang secara klinis masih dianggap sehat (Lador *et al.*, 2021).

Derajat kebiasaan merokok juga punya peran penting dalam menentukan seberapa besar dampak yang muncul. Pengukuran seperti Indeks Brinkman sering digunakan untuk melihat tingkat paparan rokok seseorang, dan semakin tinggi nilainya biasanya semakin besar risiko gangguan fungsi paru dan penurunan kapasitas aktivitas (Lee *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa tidak hanya status merokok, tetapi juga intensitas dan durasi merokok sangat berpengaruh terhadap kondisi fisiologis tubuh.

Walaupun begitu, penelitian yang secara spesifik menghubungkan derajat kebiasaan merokok dengan desaturasi oksigen dan intoleransi aktivitas pada dewasa muda masih belum banyak, terutama di konteks populasi Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat hubungan tersebut secara lebih jelas, sehingga bisa menjadi dasar dalam upaya pencegahan dan edukasi kesehatan sejak usia muda.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain analitik observasional dengan pendekatan *cross-sectional* untuk menganalisis hubungan antara derajat kebiasaan merokok dengan desaturasi oksigen dan intoleransi aktivitas pada dewasa muda. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan hubungan antar variabel dalam satu waktu pengukuran tanpa intervensi langsung terhadap responden (Cazzoletti *et al.*, 2022)

Populasi dalam penelitian ini adalah dewasa muda yang memiliki kebiasaan merokok. Sampel penelitian berjumlah 35 responden yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi

meliputi usia 20–30 tahun, aktif merokok, dan tidak memiliki riwayat penyakit kardiopulmoner, sedangkan kriteria eksklusi meliputi responden yang tidak mampu menyelesaikan prosedur pengujian (Allado *et al.*, 2022).

Variabel independen dalam penelitian ini adalah derajat kebiasaan merokok yang diukur menggunakan Indeks Brinkman, yaitu hasil perkalian jumlah batang rokok per hari dengan lama merokok dalam tahun. Variabel dependen meliputi desaturasi oksigen (ΔSpO_2) serta intoleransi aktivitas yang diukur menggunakan jarak tempuh *6 Minute Walk Test* (6MWT) dan skor sesak dari *Borg scale*. Penggunaan 6MWT dipilih karena merupakan metode sederhana, valid, dan dapat menggambarkan kapasitas kardiorespirasi secara praktis pada populasi dewasa (Rochester & Wilt, 2020).

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *pulse oximeter* untuk mengukur saturasi oksigen, lintasan sepanjang 30meter untuk pelaksanaan 6MWT, *stopwatch* untuk pengukuran waktu, serta *Borg Scale* untuk menilai tingkat kelelahan atau persepsi usaha selama aktivitas. Pengukuran dilakukan secara non-invasif dan mengikuti prosedur standar pelaksanaan 6MWT sesuai pedoman internasional (Holland *et al.*, 2021).

Prosedur penelitian dimulai dengan pengukuran saturasi oksigen (SpO_2) sebelum aktivitas sebagai nilai *baseline*. Selanjutnya responden diminta melakukan 6MWT selama 6 menit dengan kecepatan sesuai kemampuan masing-masing. Setelah selesai, dilakukan pengukuran ulang SpO_2 , pencatatan jarak tempuh, serta penilaian skor sesak dari *Borg scale* untuk mengukur tingkat kelelahan. Selisih antara SpO_2 sebelum dan sesudah aktivitas dihitung sebagai ΔSpO_2 untuk menggambarkan tingkat desaturasi oksigen akibat aktivitas.

Analisis data dilakukan secara bertahap meliputi analisis univariat untuk melihat distribusi karakteristik responden, uji normalitas menggunakan *Shapiro–Wilk*, serta uji korelasi menggunakan *Spearman* apabila data tidak berdistribusi normal. Pemilihan uji ini didasarkan pada karakteristik data yang tidak selalu memenuhi asumsi parametrik, sehingga diperlukan pendekatan non-parametrik untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat serta interpretasi hubungan yang lebih representatif (Allado *et al.*, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 1. Karakteristik Responden

No	Variabel	Mean \pm SD	Min–Max
1	Usia (tahun)	23,17 \pm 1,64	21–26
2	Indeks Brinkman	255,43 \pm 133,64	50–500
3	SpO_2 Sebelum (%)	98,00 \pm 0,69	97–99
4	SpO_2 Sesudah (%)	94,89 \pm 1,91	92–98
5	ΔSpO_2 (%)	3,11 \pm 1,32	1–5
6	Jarak 6MWT (meter)	596,57 \pm 52,30	510–700
7	Skor Borg	4,00 \pm 1,97	1–7

Responden dalam penelitian ini merupakan dewasa muda dengan rerata usia 23,17 \pm 1,64 tahun. Nilai Indeks Brinkman menunjukkan variasi kebiasaan merokok dari ringan hingga berat dengan rerata 255,43 \pm 133,64. Rerata saturasi oksigen sebelum aktivitas adalah 98,00 \pm 0,69% dan setelah aktivitas menurun menjadi 94,89 \pm 1,91%, dengan nilai ΔSpO_2 sebesar 3,11 \pm 1,32%. Kapasitas aktivitas menunjukkan rerata jarak tempuh 596,57 \pm

52,30meter pada uji 6MWT. Tingkat kelelahan responden tergolong sedang, yang ditunjukkan oleh rerata skor Borg sebesar $4,00 \pm 1,97$.

Tabel 2. Uji Normalitas Data

No	Variabel	Statistik (W)	n	p-value	Keterangan
1	ΔSpO_2 (delta_SPO2)	0,893	35	0,003	Tidak normal
2	Jarak 6MWT	0,967	35	0,362	Normal
3	Skala Borg	0,920	35	0,014	Tidak normal
4	Indeks Brinkman	0,945	35	0,079	Normal

Hasil uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa ΔSpO_2 dan skala Borg tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$), sedangkan jarak 6MWT dan indeks Brinkman berdistribusi normal ($p > 0,05$). Karena terdapat data yang tidak normal, maka digunakan uji korelasi Spearman.

Tabel 3. Uji Korelasi

No	Variabel	r	p-value
1	Indeks Brinkman – ΔSpO_2	0,950	0,000
2	Indeks Brinkman – Jarak 6MWT	-0,970	0,000
3	Indeks Brinkman – Skor Borg	0,979	0,000

Tabel 3. menunjukkan hasil uji korelasi antara Indeks Brinkman sebagai indikator derajat kebiasaan merokok dengan perubahan saturasi oksigen (ΔSpO_2), jarak tempuh pada 6MWT, dan skor Borg pada dewasa muda. Berdasarkan hasil analisis, terdapat hubungan yang bermakna antara derajat kebiasaan merokok dengan seluruh variabel penelitian (= 0,000; $p < 0,05$). Hubungan antara Indeks Brinkman dan ΔSpO_2 menunjukkan korelasi positif sangat kuat ($r = 0,950$), yang mengindikasikan bahwa semakin tinggi derajat kebiasaan merokok, semakin besar penurunan saturasi oksigen setelah aktivitas.

Hubungan antara Indeks Brinkman dan jarak tempuh 6MWT menunjukkan korelasi negatif sangat kuat ($r = -0,970$). Hal ini berarti semakin tinggi derajat kebiasaan merokok, semakin pendek jarak yang mampu ditempuh selama 6MWT, yang mencerminkan penurunan kapasitas fungsional atau toleransi aktivitas.

Sementara itu, hubungan antara Indeks Brinkman dan skor Borg menunjukkan korelasi positif sangat kuat ($r = 0,979$). Artinya, semakin tinggi derajat kebiasaan merokok, semakin tinggi tingkat persepsi kelelahan atau sesak napas yang dirasakan setelah melakukan aktivitas.

Sehingga hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin berat kebiasaan merokok pada dewasa muda, semakin besar desaturasi oksigen, semakin rendah toleransi aktivitas yang ditunjukkan oleh berkurangnya jarak tempuh 6MWT, serta semakin tinggi tingkat kelelahan yang dirasakan berdasarkan skor Borg. Seluruh hubungan tersebut memiliki kekuatan korelasi yang sangat kuat dan signifikan secara statistik.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dewasa muda dengan rerata usia $23,17 \pm 1,64$ tahun telah mengalami penurunan saturasi oksigen setelah aktivitas, penurunan kapasitas fungsional berdasarkan jarak tempuh 6MWT, serta peningkatan persepsi kelelahan berdasarkan Skala Borg. Meskipun sebagian besar responden masih berada pada usia produktif dan belum memiliki penyakit paru kronis, paparan rokok yang diukur menggunakan Indeks Brinkman menunjukkan bahwa efek fisiologis merokok telah mulai memengaruhi sistem kardiorespirasi. Zat toksik dalam asap rokok seperti nikotin, karbon

monoksida (CO), dan berbagai radikal bebas dapat menyebabkan inflamasi kronis, disfungsi endotel, peningkatan stres oksidatif, serta gangguan fungsi pembuluh darah yang pada akhirnya menurunkan efisiensi transport oksigen menuju jaringan. Perubahan tersebut dapat terjadi jauh sebelum munculnya kelainan fungsi paru yang bermakna secara klinis (Kerget *et al.*, 2025).

Berdasarkan hasil uji korelasi, terdapat hubungan positif yang sangat kuat antara Indeks Brinkman dan ΔSpO_2 ($r=0,950$; $p<0,001$). Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi derajat kebiasaan merokok, semakin besar penurunan saturasi oksigen setelah aktivitas fisik. Secara fisiologis, karbon monoksida yang terkandung dalam asap rokok mempunyai afinitas terhadap hemoglobin sekitar 200–250 kali lebih tinggi dibandingkan oksigen sehingga membentuk karboksihemoglobin (COHb). Pembentukan COHb menyebabkan kapasitas hemoglobin mengangkut oksigen menurun dan menghambat pelepasan oksigen ke jaringan. Selain itu, nikotin memicu vasokonstriksi melalui aktivasi sistem saraf simpatis sehingga perfusi jaringan berkurang, sedangkan paparan oksidan dari asap rokok merusak epitel alveolus dan membran alveolo-kapiler yang mengakibatkan proses difusi oksigen menjadi kurang efisien. Saat melakukan aktivitas fisik, kebutuhan oksigen meningkat, tetapi kemampuan sistem respirasi untuk memenuhi kebutuhan tersebut menurun sehingga terjadi desaturasi oksigen yang lebih besar pada perokok dengan Indeks Brinkman tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Kerget *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa tingkat kebiasaan merokok berkorelasi dengan penurunan oksigenasi otot dan peningkatan perubahan saturasi oksigen selama pelaksanaan 6MWT.

Penelitian ini juga menunjukkan hubungan negatif yang sangat kuat antara Indeks Brinkman dan jarak tempuh 6MWT ($r=-0,970$; $p<0,001$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin berat kebiasaan merokok maka semakin rendah toleransi aktivitas. Penurunan kapasitas aktivitas terjadi akibat kombinasi gangguan pada sistem respirasi, sistem kardiovaskular, dan otot rangka. Paparan asap rokok meningkatkan resistensi jalan napas, mengganggu keseimbangan ventilasi-perfusi, serta menurunkan elastisitas paru sehingga efisiensi pertukaran gas berkurang. Di sisi lain, pembentukan COHb menyebabkan pasokan oksigen menuju otot berkurang sehingga metabolisme aerob lebih cepat beralih menjadi metabolisme anaerob yang menghasilkan laktat. Akumulasi laktat dan berkurangnya produksi ATP menyebabkan kontraksi otot menjadi kurang efisien sehingga individu lebih cepat mengalami kelelahan dan tidak mampu mempertahankan aktivitas berjalan dalam waktu lama. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Ammar *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa perokok memiliki jarak tempuh 6MWT yang lebih pendek dibandingkan non-perokok serta mengalami penurunan saturasi oksigen setelah aktivitas. (Ammar *et al.*, 2023).

Hubungan positif yang sangat kuat antara Indeks Brinkman dan Skala Borg ($r=0,979$; $p<0,001$) menunjukkan bahwa semakin tinggi paparan rokok maka semakin tinggi persepsi kelelahan dan sesak napas setelah aktivitas. Secara fisiologis, penurunan suplai oksigen ke otot menyebabkan peningkatan metabolisme anaerob dan akumulasi ion hidrogen serta laktat. Metabolit tersebut mengaktifkan reseptor aferen kelompok III dan IV pada otot rangka yang akan mengirimkan impuls ke pusat respirasi di medula sehingga meningkatkan sensasi dispnea dan kelelahan. Selain itu, nikotin meningkatkan aktivitas saraf simpatis yang menyebabkan peningkatan denyut jantung, tekanan darah, dan kebutuhan oksigen miokard.

Kondisi tersebut menyebabkan persepsi usaha selama aktivitas menjadi lebih tinggi sehingga skor Borg meningkat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa skor Borg dispnea dan fatigue pada kelompok perokok secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok non-perokok setelah pelaksanaan 6MWT (Kerget *et al.*, 2025).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi derajat kebiasaan merokok berdasarkan Indeks Brinkman maka semakin besar desaturasi oksigen, semakin rendah kapasitas fungsional yang ditunjukkan oleh penurunan jarak tempuh 6MWT, dan semakin tinggi tingkat kelelahan berdasarkan Skala Borg. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa kebiasaan merokok telah memberikan dampak fisiologis terhadap sistem transport oksigen, fungsi paru, respons kardiovaskular, dan metabolisme otot meskipun responden masih berada pada usia dewasa muda. Oleh karena itu, pemeriksaan SpO₂, 6MWT, dan Skala Borg dapat menjadi instrumen skrining sederhana dalam praktik fisioterapi untuk mendeteksi penurunan kapasitas kardiorespirasi pada perokok sebelum muncul gangguan respirasi yang lebih berat. Hasil ini juga mendukung pentingnya intervensi dini berupa edukasi berhenti merokok, latihan aerobik, dan latihan otot pernapasan untuk mempertahankan kapasitas fungsional serta mencegah progresivitas gangguan kardiorespirasi (Elbehairy *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara derajat kebiasaan merokok berdasarkan Indeks Brinkman dengan desaturasi oksigen dan intoleransi aktivitas pada dewasa muda. Semakin tinggi derajat kebiasaan merokok, semakin besar penurunan saturasi oksigen setelah aktivitas, semakin pendek jarak tempuh pada 6MWT, serta semakin tinggi tingkat kelelahan berdasarkan Skala Borg. Hubungan tersebut memiliki kekuatan korelasi yang sangat kuat, ditunjukkan oleh korelasi positif antara Indeks Brinkman dan Δ SpO₂, korelasi negatif antara Indeks Brinkman dan jarak tempuh 6MWT, serta korelasi positif antara Indeks Brinkman dan Skala Borg dengan nilai $p < 0,001$. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebiasaan merokok telah memberikan dampak terhadap fungsi kardiorespirasi dan kapasitas fungsional meskipun responden masih berada pada usia dewasa muda.

Bagi tenaga kesehatan, khususnya fisioterapis, disarankan untuk melakukan skrining kapasitas kardiorespirasi pada perokok menggunakan pemeriksaan saturasi oksigen, 6MWT, dan Skala Borg sebagai bagian dari evaluasi fungsional. Edukasi mengenai bahaya merokok serta pemberian program latihan aerobik dan latihan otot pernapasan perlu dilakukan sebagai upaya pencegahan penurunan kapasitas fungsional. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melibatkan jumlah sampel yang lebih besar, mengelompokkan responden berdasarkan derajat kebiasaan merokok, serta menambahkan pemeriksaan fungsi paru seperti spirometri atau pengukuran kapasitas difusi paru agar diperoleh gambaran fisiologis yang lebih komprehensif mengenai pengaruh merokok terhadap sistem kardiorespirasi.

Pengakuan/Acknowledgements

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh responden yaitu mahasiswa STIKes RS Dustira yang telah bersedia berpartisipasi dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada institusi serta semua pihak yang telah memberikan dukungan, fasilitas, dan bantuan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini

sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allado, E., Poussel, M., Albuissou, E., Paysant, J., Temperelli, M., Hily, O., Moussu, A., Benhajji, N., Gauchard, G. C., & Chenuel, B. (2022). Physical activity capacity assessment of patients with chronic disease and the six-minute walk test: A cross-sectional study. *Healthcare*, 10(5), Article 758. <https://doi.org/10.3390/healthcare10050758>.
- [2] Ammar, A., Trabelsi, K., Chtourou, H., Boukhris, O., Glenn, J. M., Bott, N. T., Driss, T., & Hoekelmann, A. (2023). Effects of cigarette smoking and electronic cigarette use on functional exercise capacity and cardiorespiratory responses in healthy young adults. *The Egyptian Journal of Bronchology*, 17(1), Article 44. <https://doi.org/10.1186/s43161-023-00154-7>.
- [3] Banks, E., Yazidjoglou, A., Brown, S., Nguyen, M., Martin, M., Beckwith, K., & Joshy, G. (2019). Tobacco smoking and all-cause mortality in a large Australian cohort study: Findings from a mature epidemic with current low smoking prevalence. *BMC Medicine*, 17(1), Article 135. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1453-y>.
- [4] Benowitz, N. L., & Fraiman, J. B. (2021). Cardiovascular effects of electronic cigarettes. *Nature Reviews Cardiology*, 18(7), 447–458. <https://doi.org/10.1038/s41569-020-00473-0>.
- [5] Cazzoletti, L., Zanolin, M. E., Dorelli, G., Ferrari, P., Dalle Carbonare, L. G., Crisafulli, E., & Ferrari, M. (2022). Six-minute walk distance in healthy subjects: Reference standards from a general population sample. *Respiratory Research*, 23, Article 83. <https://doi.org/10.1186/s12931-022-02003-y>.
- [6] Çolak, Y., Afzal, S., Nordestgaard, B. G., & Lange, P. (2020). Characteristics and prognosis of never-smokers and smokers with airflow limitation. *European Respiratory Journal*, 55(3), Article 1902043. <https://doi.org/10.1183/13993003.02043-2019>.
- [7] Elbehairy, A. F., Faisal, A., Guenette, J. A., Webb, K. A., Neder, J. A., & O'Donnell, D. E. (2021). Mechanisms of exercise intolerance in symptomatic smokers without chronic obstructive pulmonary disease. *ERJ Open Research*, 7(4), Article 00556-2021. <https://doi.org/10.1183/23120541.00556-2021>.
- [8] Holland, A. E., Spruit, M. A., Troosters, T., Puhan, M. A., Pepin, V., Saey, D., McCormack, M. C., Carlin, B. W., Sciurba, F. C., Pitta, F., Wanger, J., MacIntyre, N., Kaminsky, D. A., Culver, B. H., Reville, S. M., Hernandez, N. A., Andrianopoulos, V., Camillo, C. A., Mitchell, K. E., & Singh, S. J. (2021). An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: Field walking tests in chronic respiratory disease. *European Respiratory Journal*, 58(5), Article 2004304. <https://doi.org/10.1183/13993003.04304-2020>.
- [9] Kerget, B., Taşkin, B., Aksakal, A., Özkan, H. B., & Yılmazel Uçar, E. (2025). Muscle oxygenation levels in smokers and non-smokers during exercise: Insights from a university-based study. *European Journal of Applied Physiology*, 125(11), 3397–3402. <https://doi.org/10.1007/s00421-025-05829-8>.
- [10] Nici, L., Mammen, M. J., Charbek, E., Alexander, P. E., Au, D. H., Boyd, C. M., Criner, G. J., Donaldson, G. C., Dreher, M., Faner, R., Han, M. K., Martinez, F. J., Puhan, M. A., Rochester, C. L., & Wilt, T. J. (2020). Pharmacologic management of chronic obstructive pulmonary disease: An official American Thoracic Society clinical practice guideline. *American*

Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 201(9), e56–e69. <https://doi.org/10.1164/rccm.202003-0625ST>.

- [11] O'Donnell, D. E., Milne, K. M., James, M. D., de Torres, J. P., & Neder, J. A. (2020). Dyspnea in COPD: New mechanistic insights and management implications. *Advances in Therapy*, 37(1), 41–60. <https://doi.org/10.1007/s12325-019-01128-9>.
- [12] Sarkar, M., Bhardwaj, R., Madabhavi, I., & Modi, M. (2020). Physical signs in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Lung India*, 37(1), 38–47. <https://doi.org/10.4103/lungindia.lungindia 178 19>.
- [13] Spruit, M. A., Singh, S. J., Garvey, C., ZuWallack, R., Nici, L., Rochester, C., Hill, K., Holland, A. E., Lareau, S. C., Man, W. D.-C., Pitta, F., Sewell, L., Raskin, J., Bourbeau, J., Crouch, R., Franssen, F. M. E., Casaburi, R., Vercoulen, J. H., Vogiatzis, I., ... Wouters, E. F. M. (2013). An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 188(8), e13–e64. <https://doi.org/10.1164/rccm.201309 1634ST>.