

EFFECT OF LOW-COST EMG FOR LEARNING MUSCLE CONTRACTIONS IN SPORT COLLEGE STUDENTS

Bayu Agung Pramono^{1*}, Gigih Siantoro², Imam Marsudi³, Heryanto Nur Muhammad⁴, Anna Noordia⁵, Muhamad Yusvin Mustar⁶

^{1,2,3}Pendidikan Kepelatihan Olahraga, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

⁴Pendidikan Olahraga, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

⁵Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

⁶Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

*bayupramono@unesa.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.26740/jses.v6n1.p32-38>

(Received: March 2023 / Revised: March 2023 / Accepted: March 2023)

ABSTRAK : *Surface elektromyograohy (SEMG)* merupakan sebuah aplikasi yang membantu pelatih dan pelaku olahraga dalam mengenal dan memahami kontraksi otot pada saat latihan dan pertandingan. Sayangnya alat ini sangat mahal sehingga perlu dikembangkan SEMG yang murah akan tetapi memiliki potensi dalam mendeteksi kontraksi otot pada saat melakukan gerakan. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan SEMG yang murah dalam deteksi kontraksi otot. 10 mahasiswa olahraga berpartisipasi dalam penelitian ini, mereka merupakan mahasiswa yang aktif dalam melakukan aktivitas fisik yang terukur dan terprogram 4 kali dalam seminggu. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, seluruh mahasiswa akan melakukan gerakan *barbel squat* dengan beban 80% dari beban maksimal. Perbedaan kontraksi otot di sensor SEMG saat kontraksik kosentrik dan eksentrik akan dianalisis menggunakan uji *paired sample t test*. Hasil dari penelitian ini adalah ditemukan perbedaan aplitudo dari kedua kontraksi otot dengan $p < 0,05$, selain itu untuk uji pertama alat ini berhasil dalam menggambarkan gambaran amplitudo yang terus menurun pada kontraksi otot di kondisi lelah, meskipun perlu ada sebuah indikator tambahan dalam penilaian kondisi lelah untuk SEMG. Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sensor *SEMG* mampu untuk mendeteksi kontraksi otot yang terjadi akibat sebuah gerakan olahraga. Eksperimen awal pada penelitian ini sukses dalam deteksi sinyal kontraksi otot akibat melakukan gerakan yang berbeda dengan menggunakan SEMG yang murah, selanjutnya perlu dikembangkan lebih baik lagi tentang bagaimana mengurangi noise yang terjadi akibat pengaruh alat elektronik disekitar SEMG.

KATA KUNCI : Kontraksi Otot; Eksentrik; Kosentrik; Kelelahan; Aplikasi Murah.

ABSTRACTS : *Surface electromyography (SEMG)* is an application that helps coaches and athletes recognize and understand muscle contractions during practice and matches. Unfortunately, this tool is very expensive, so it is necessary to develop SEMG, which is cheap but has the potential to detect muscle contractions during movement. This research aims to develop an inexpensive SEMG for detecting muscle contractions. 10 sports students participated in this study, and they were active in carrying out measured and programmed physical activities four times a week. This research is an experimental study; all students will do barbell squats at 80% of the maximum load. Differences in muscle contractions on the SEMG sensor during concentric and eccentric contractions will be analyzed using the paired sample t-test. The results of this study found a difference in the amplitude of the two muscle contractions with $p < 0.05$; besides that, for the first test, this tool was successful in describing a picture of the amplitude that continues to decrease in muscle contractions in fatigued conditions, although there needs to be an additional indicator in assessing the condition tired for SEMG. This study concludes that the SEMG sensor can detect muscle contractions due



to a sports movement. Initial experiments in this study successfully detected muscle contraction signals due to different movements used low cost SEMG; then, it needs to be developed better to reduce noise due to electronic devices' influence around SEMG.

KEYWORD : *Muscle Contraction; Eccentric; Concentric; Fatigue; Low Cost Application.*

1. PENDAHULUAN

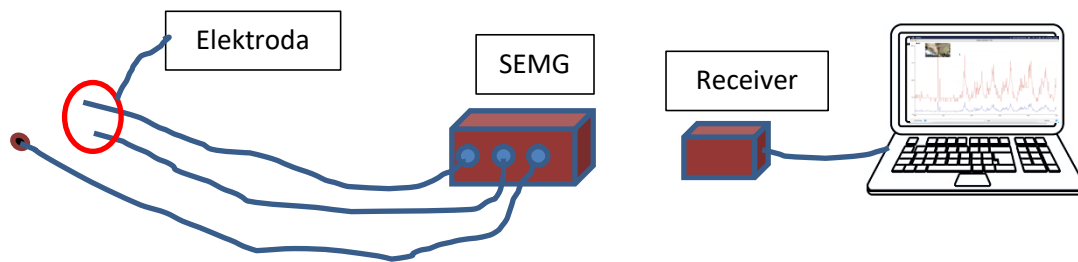
Pesatnya pertumbuhan aplikasi *surface electromyography* (SEMG) menunjukkan potensinya sebagai alat penilaian sistem neuromuskuler non-invasif (Subbu et al., 2015). Perkembangan pada pengembangan SEMG mengajarkan pengguna dalam memahami proses kontraksi otot secara fisiologis yang bisa dikatakan mendekati penilaian yang lebih baik pada penilaian kontraksi otot hingga memahami kondisi otot saat berkontraksi (Hermens et al., 2000). EMG sendiri merupakan ukuran potensial listrik yang ada pada kulit sebagai akibat kontraksi otot yang mewakili aktivitas neuromuskuler (Merlo & Campanini, 2014; Shair et al., 2017). Pemahaman yang lebih baik tentang kontraksi otot selama aktivitas fisik adalah hal yang penting dalam meningkatkan performa olahraga dan mencegah cedera pada atlet. Teknologi SEMG telah digunakan secara luas untuk mengukur aktivitas otot selama aktivitas fisik (Subbu et al., 2015; Sun et al., 2022), tetapi perangkat SEMG yang tersedia di pasaran seringkali mahal dan sulit diakses oleh mahasiswa olahraga yang akan mempelajari proses kinerja otot saat berkontraksi. Mahasiswa olahraga memiliki potensial yang begitu besar dalam mengoptimalkan karir mereka dimasa depan, utamanya yang berhubungan dengan kegiatan olahraga (Stevens et al., 2018), sebagai contoh mereka dapat berkarir dalam olahraga profesional, pembinaan dan pengembangan olahraga, kesehatan, dan kebugaran (Bases), 2018). Untuk mendapatkan pekerjaan ini maka lulusan harus menguasai berbagai disiplin ilmu olahraga seperti psikologis, sosiologis, dan medis, seperti biomekanik, Fisiologi, dan kontrol motoric (Malone, 2017). Penggunaan alat seperti SEMG akan meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam memahami kondisi atlet melalui penilaian kondisi otot yang berkontraksi melalui penilaian fisiologis.

Dengan menggunakan EMG murah, mahasiswa olahraga dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana fungsi otot seorang atlet dan bagaimana meningkatkan performa mereka dengan mengamati aktivitas otot mereka selama latihan dan permainan. Seperti sEMG digunakan untuk memantau efektivitas latihan kekuatan atau daya tahan atau rehabilitasi cedera olahraga (Holtermann et al., 2010; Kim et al., 2013). Pemahaman dan pengalaman mahasiswa akan semakin tinggi ketika dalam proses pembelajaran mahasiswa dibekali dengan praktikum pengukuran potensial otot ketika berkontraksi menggunakan SEMG. Penelitian ini memiliki tujuan dalam pengembangan awal SEMG untuk deteksi kontraksi otot dan kelelahan otot. Penelitian ini juga akan menjadi dasar dalam pengembangan alat SEMG yang murah akan tetapi mampu memberikan hasil analisis yang terukur pada proses kontraksi otot dan juga gambaran kelelahan otot pada mahasiswa olahraga. Hal lebih besar yang didapat dalam penelitian ini adalah permulaan dalam pengembangan alat deteksi kontraksi otot yang nantinya bisa diimplementasikan pada proses pembinaan atlet profesional yang ada di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

10 mahasiswa laki-laki (19 tahun) berpartisipasi dalam penelitian setelah diberitahu tentang prosedur eksperimental dan kemungkinan risiko, dan menandatangani formulir persetujuan. Semua subjek aktif secara fisik dan tidak memiliki riwayat cedera ekstremitas atas. 10 mahasiswa yang terpilih merupakan mahasiswa yang aktif dalam melakukan aktifitas fisik secara terprogram dan terukur 4 kali dalam seminggu. Penelitian ini menggunakan protocol latihan *Squat Barbel* untuk melihat power yang dikeluarkan oleh otot rektus femoris. Seluruh kelompok akan melakukan gerakan isometric untuk melihat kelelahan

otot dan istirahat 20 menit selanjutnya melakukan gerakan *squat barbel* dengan beban 80% dari beban maksimal.



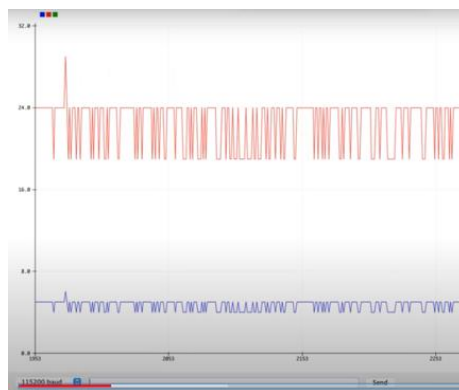
Gambar 1. Alur rencana kerja SEMG

Gambar 1. Merupakan rancangan SEMG yang dikembangkan. Permulaan pertama adalah SEMG yang kami sebut main board, dalam main board ini sudah dilengkapi beberapa komponen yang nantinya bisa menangkap sinyal yang timbul akibat ada kontraksi otot. Untuk mendapatkan sinyal tersebut maka dipasangkan kabel EKG dengan elektroda yang menempel. Elektroda selanjutnya ditempelkan di bagian otot yang berkontraksi, akibat kontraksi maka SEMG akan mensensor aktivitas otot yang berkontraksi. Sinyal yang ditangkap dan diterjemahkan oleh SEMG selanjutnya akan ditangkap oleh receiver dimana receiver ini sendiri sudah terhubung dengan laptop. Untuk mendapatkan grafik dari aktivitas sinyal otot yang berkontraksi, peneliti menggunakan aplikasi Arduino. Dari sini nantinya peneliti bisa menginterpretasikan aktivitas otot yang terjadi akibat adanya kontraksi otot yang terjadi. Data dalam penelitian ini diuji menggunakan *paired sample t test*. Uji ini diterapkan untuk menentukan perbedaan aktivitas SEMG menurut jenis kontraksi yang berbeda (konsentris dan eksentrik) pada gerakan Squat Barbel. Untuk melihat hasil gerakan isometric peneliti hanya menampilkan data gambar. Uji statistic menggunakan Software SPSS versi 26.

3. HASIL

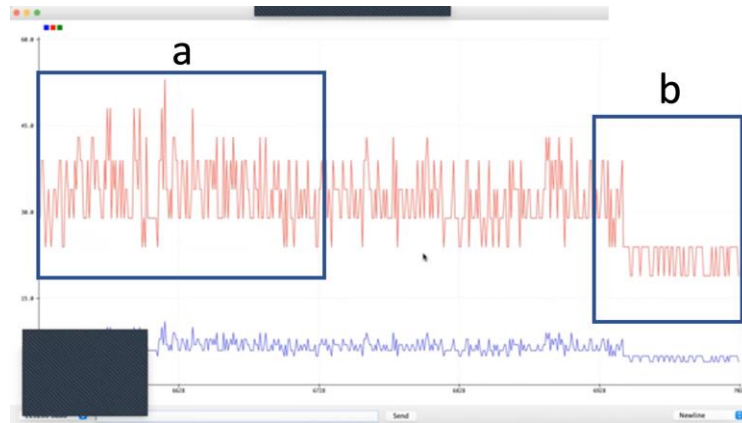
Pengembangan SEMG memerlukan analisis yang mendalam, karena pengembangan dari komponen yang digunakan memiliki pengaruh yang besar dari kondisi lingkungan. Penelitian ini menghasilkan hasil analisis dengan mengedepankan pembacaan sinyal dari SEMG yang dikembangkan. Sinyal dari kontraksi otot dideskripsikan oleh alat SEMG yang dibuat dalam sinyal listrik dengan satuan micro volt (mV). Dari alat yang dikembangkan akan ada pembacaan sinyal SEMG dari sinyal listrik dirubah dalam bentuk grafik.

Pada uji pertama yang dilakukan, peneliti melakukan uji alat untuk melihat sinyal listrik yang timbul akibat kontraksi otot pada gerakan isometric.



Gambar 2 Sinyal SEMG pada kondisi otot masih normal saat kontraksi

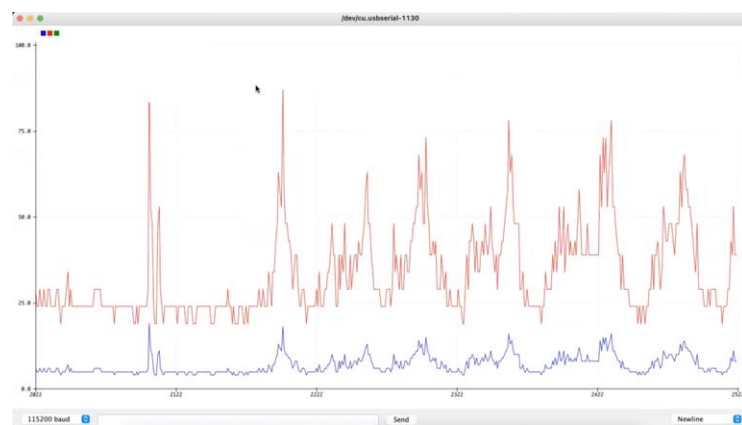
Pada gambar 2 menjelaskan kondisi sinyal SEMG saat 3 – 4 menit pertama. Terlihat sinyal kontraksi otot yang ditangkap oleh SEMG berada pada angka rata-rata 24 mV. Gambar tangkapan SEMG ini menandakan kontraksi otot yang dilakukan oleh peserta dengan gerakan isometrik berada pada nilai 24 mV.



Gambar 3 Sinyal SEMG Pada kondisi otot sedang mengalami kelelahan

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa data sinyal SEMG telah menangkap aktivitas otot yang lelah. Dari gambar 3 point “a” menunjukkan bahwa amplitudo dari sinyal dalam SEMG yang tinggi dan dikategorikan dalam keadaan lelah. Dalam penelitian ini titik lelah terdeteksi pada menit 10 – 11 menit setelah subjek melakukan gerakan isometrik. Pada gambar 2 poin b terlihat sudah terjadi kerengangan dari amplitudo grafik yang dibuat hingga secara teratur amplitudo sinyal kembali ke posisi normal sinyal 24 microvolt.

Selanjutnya hasil yang berbeda ketika perlakuan gerakan barbel squat subjek akan melakukan gerakan squat barbel dengan beban 80% dari beban maksimal. percobaan ini fokus pada otot rektus femoris karena otot ini merupakan salah satu otot yang berkontribusi dalam melakukan gerakan squat.



Gambar 4. Gerakan Squat barbel

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa pada saat subjek melakukan gerakan squat barbel, yaitu gerakan naik dan turun maka secara otomatis SEMG akan menangkap sinyal listrik yang dihubungkan oleh elektroda dibagian rektus femoris. Grafik naik merupakan kondisi saat subjek mengangkat beban ke atas sedangkan grafik turun pada saat subjek relaksasi. Sehingga melalui gambar 3, SEMG dapat mendemonstrasikan sebuah gerakan kontraksi otot pada saat aksi dan relaksasi pada saat squat barbell.

Tabel 1 perbedaan analisis hasil gerakan *barbel squat* pada sensor SEMG

Otot	Rata-rata		P-value
	Kosentrik (mV)	Eksentrik (mV)	
Rektus Femuris	79	66	<0,05

Pada table 1 mendeskripsikan bahwa ada perbedaan ($p < 0,05$) pada hasil sensor SEMG pada gerakan *barbel squat*. Gerakan turun (eksentrik) yang pada gerakan *barbel squat* dan gerakan naik (kosentrik) dengan beban 80% disetiap sampel berhasil dianalisis oleh sensor SEMG, hal ini dibuktikan dengan perbedaan rata-rata pada kedua tipe gerakan otot.

4. PEMBAHASAN

Kinerja otot biasanya diukur dari segi kekuatan atau kemampuannya untuk menghasilkan tenaga selama kontraksi (Kuthe et al., 2018). Setiap kontraksi otot memberikan gambaran yang berbeda, disesuaikan dengan jenis kontraksi otot yang terjadi. SEMG akan memberikan sebuah gambaran pada kinerja otot ketika mereka melakukan kontraksi. Pada penelitian ini menemukan hal menarik pada saat memonitor kelelahan otot pada gerakan isometric. Grafik yang di tanyangkan pada gambar 3a memberikan interpretasi pada peningkatan sinyal SEMG dan dilanjutkan dengan penurunan grafik yang terus konstan. Interpretasi ini merupakan interpretasi terjadinya kelelahan otot, hal ini senada dengan penelitian (Tengku Zawawi et al., 2015) yang dalam penelitiannya memberikan gambaran amplitudo yang terus menurun yang menunjukkan otot telah mengalami kelelahan.

Pada penelitian ini peneliti tidak fokus pada pengembangan SEMG untuk melihat kelelahan otot secara mendalam, hanya interpretasi perubahan amplitudo. Dalam deteksi otot secara mendalam masih diperlukan banyak data dan penghitungan yang rumit seperti waktu kinerja otot, frekuensi amplitudo, dan hubungan keduanya (Shair et al., 2017). Metode ini memerlukan rumus dan juga pengembangan SEMG serta monitor yang lebih rumit. Hal menarik yang bisa digunakan dalam penelitian ini adalah SEMG sudah bisa melihat perbedaan daya kinerja otot pada jenis kontraksi otot. Seperti pada data di tabel 1, yang memberikan data adanya perbedaan daya yang terjadi dari hasil sensor SEMG pada gerakan *barbel Squat*. *Barbel squat* menggunakan 2 jenis kontraksi otot yaitu eksentrik dan kosentrik (Cabral et al., 2023; Hedayatpour & Falla, 2015). Pada penelitian ini hasil dari analisis sensor SEMG memberikan gambaran yang berbeda pada aktivasi kontraksi otot rektus femoris ketika melakukan gerakan *barbel Squat*, hal ini senada dengan hasil penelitian (Muyor et al., 2020).

Pada penelitian ini peneliti mengembangkan SEMG karena dalam proses pengukuran kontraksi otot menggunakan bagian permukaan, sehingga nantinya akan ditempelkan 2 hingga 3 elektroda pada permukaan kulit dibagian otot yang akan di ukur (Ning et al., 2015; Zhilenkov et al., 2018). Kekurangan dalam SEMG yang dikembangkan adalah adanya noise (gangguan sinyal akibat adanya aliran listrik yang kuat diluar EMG) (Istenci et al., 2013). Noise adalah temuan yang selalu ditemui dalam SEMG yang dikembangkan dalam penelitian ini, sehingga peneliti selalu memberikan prosedur untuk tidak menyalakan HP atau laptop yang dekat dengan SEMG. Dalam menghilangkan noise maka dibutuhkan metode yang lebih tepat dan terukur agar noise dapat dikontrol oleh SEMG (Sun et al., 2022).

5. SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, pengembangan SEMG untuk mendeteksi daya otot ketika berkontraksi dapat dilakukan, hal ini sesuai hasil penelitian yang bisa membedakan daya otot saat melakukan kontraksi kosentrik dan eksentrik di gerakan *barbel squat*. Dalam interpretasi



kelelahan alat ini masih perlu diperbaharui berkaitan dengan kecepatan aplitudo hal ini nantinya berkaitan dengan analisis perhitungan atau penilaian kelelahan yang terjadi. Pengembangan low cost SEMG masih perlu dikembangkan lebih dalam hal ini dikarenakan masih ada beberapa kekurangan yang mengganggu sinyal SEMG seperti jaringan handphone dan alat elektronik lainnya. Hal ini mengakibatkan pengukuran harus dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Rekomendasi dalam pengembangan SEMG selanjutnya bisa berfokus pada pengaturan aplitudo SEMG, menghubungkan dengan sistem android dan juga meningkatkan sinyal SEMG untuk menghindari gangguan sinyal

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada mahasiswa Pendidikan kepelatihan olahraga yang memprogram matakuliah fisiologi latihan yang ikut serta dalam pengembangan alat sebagai sampel. Selanjutnya tim pengembang alat yang selalu memodifikasi dan juga memperbaharui alat dari masukan yang diberikan.

REFERENSI

- (Bases). (2018). A guide to careers in sport and exercise sciences. In *The British Association of Sport and Exercise Sciences: Vol. 1.1* (pp. 1–37).
- Cabral, L. A., Lima, L. C., Cabido, C. E., Fermino, R. C., Oliveira, S. F., Medeiros, A. I., Barbosa, L. F., Souza, T. M., Banja, T., & Assumpção, C. D. (2023). Muscle Activation during the Squat Performed in Different Ranges of Motion by Women. In *Muscles* (Vol. 2, Issue 1, pp. 12–22). <https://doi.org/10.3390/muscles2010002>
- Hedayatpour, N., & Falla, D. (2015). Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training. *BioMed Research International*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/193741>
- Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361–374. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4)
- Holtermann, A., Mork, P. J., Andersen, L. L., Olsen, H. B., & Sogaard, K. (2010). The use of EMG biofeedback for learning of selective activation of intra-muscular parts within the serratus anterior muscle: a novel approach for rehabilitation of scapular muscle imbalance. *Journal of Electromyography and Kinesiology : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 20(2), 359–365. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.02.009>
- Istencić, R., Negro, F., Holobar, A., Zazula, D., & Farina, D. (2013). Surface EMG pre-processing techniques for the detection of common input to motor neuron populations. *2013 6th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics*, 256–259. <https://doi.org/10.1109/BMEI.2013.6746944>
- Kim, Y., Kim, S., Shim, H., Lee, S., & Kim, K. (2013). A method for gait rehabilitation training using EMG fatigue analysis. *2013 International Conference on ICT Convergence (ICTC)*, 52–55. <https://doi.org/10.1109/ICTC.2013.6675305>
- Kuthe, C. D., Uddanwadiker, R. V., & Ramteke, A. A. (2018). Surface electromyography based method for computing muscle strength and fatigue of biceps brachii muscle and its clinical implementation. *Informatics in Medicine Unlocked*, 12(June), 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2018.06.004>
- Malone, J. J. (2017). Sport science internships for learning: A critical view. *Advances in Physiology*



Education, 41(4), 569–571. <https://doi.org/10.1152/ADVAN.00098.2017>

- Merlo, A., & Campanini, I. (2014). Technical Aspects of Surface Electromyography for Clinicians. *The Open Rehabilitation Journal*, 3(1), 98–109. <https://doi.org/10.2174/1874943701003010098>
- Muyor, J. M., Martín-Fuentes, I., Rodríguez-Ridao, D., & Antequera-Vique, J. A. (2020). Electromyographic activity in the gluteus medius, gluteus maximus, biceps femoris, vastus lateralis, vastus medialis and rectus femoris during the Monopodal Squat, Forward Lunge and Lateral Step-Up exercises. *PLoS ONE*, 15(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230841>
- Ning, Y., Zhu, X., Zhu, S., & Zhang, Y. (2015). Surface EMG Decomposition Based on K-means Clustering and Convolution Kernel Compensation. *IEEE J Biomed Health Inform*, 19(2), 471–477.
- Shair, E. F., Ahmad, S. A., Marhaban, M. H., Tamrin, S. B. M., & Abdullah, A. R. (2017). EMG processing based measures of fatigue assessment during manual lifting. *BioMed Research International*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/3937254>
- Stevens, C. J., Lawrence, A., Pluss, M. A., & Nancarrow, S. (2018). The Career Destination, Progression, and Satisfaction of Exercise and Sports Science Graduates in Australia. *Journal of Clinical Exercise Physiology*, 7(4), 76–81. <https://doi.org/10.31189/2165-6193-7.4.76>
- Subbu, R., Weiler, R., & Whyte, G. (2015). The practical use of surface electromyography during running: Does the evidence support the hype? A narrative review. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 1(1), 10–12. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000026>
- Sun, J., Liu, G., Sun, Y., Lin, K., Zhou, Z., & Cai, J. (2022). Application of Surface Electromyography in Exercise Fatigue: A Review. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 16(August), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2022.893275>
- Tengku Zawawi, T. N. S., Abdullah, A. R., Shair, E. F., Halim, I., & Mohamad Saleh, S. (2015). EMG signal analysis of fatigue muscle activity in manual lifting. *Journal of Electrical Systems*, 11(3), 319–325.
- Zhilenkov, A. A., Kuznetsova, N. I., & Zernov, O. I. (2018). Problem of automatic recognition of physical activity from surface electromyography signals. *2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*, 1028–1031. <https://doi.org/10.1109/EIConRus.2018.8317264>