



BIOFEEDBACK PRESSURE DALAM AKTIVASI OTOT PASIEN MUSKULOSKELETAL: TINJAUAN LITERATUR

Nori Widiowati*, Debie Dahlia, Liya Arista, Riri Maria

Fakultas Ilmu Keperawatan, Universitas Indonesia, Jl. Prof. DR. Sudjono D. Pusponegoro, Pondok Cina, Beji,
Depok, Jawa Barat 16424, Indonesia

*nori.widiowati@ui.ac.id

ABSTRAK

Gangguan muskuloskeletal menjadi penyebab utama kecacatan di dunia. Beberapa masalah muskuloskeletal yang sering terjadi adalah nyeri punggung bawah, osteoarthritis, dan fraktur, dimana mayoritas pasien yang mengalami gangguan muskuloskeletal mengakibatkan diantara 20-50 juta lebih mengalami kecacatan yang melibatkan kelemahan maupun kekakuan otot. Salah satu perangkat yang dapat mendukung program rehabilitasi pasien dengan masalah muskuloskeletal yaitu dengan penggunaan perangkat *biofeedback pressure*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengeksplorasi efek *biofeedback pressure* pada kekuatan otot pasien dengan masalah muskuloskeletal. Penelitian ini merupakan penelitian studi literatur. Pencarian literatur menggunakan database *ClinicalKey Nursing*, *EMBASE*, *Proquest*, *Sage Journals*, *ScienceDirect*, *Scopus*, dan *Taylor&Francis* dengan kriteria antara lain: diterbitkan dari tahun 2018-2022, teks lengkap, jenis penelitian RCT dan eksperimen, dan berbahasa inggris. Ditemukan 2868 artikel dari 7 database dan memilih 5 artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi untuk dianalisis. Secara umum keseluruhan studi dengan berbagai masalah muskuloskeletal menunjukkan bahwa intervensi *biofeedback pressure* secara signifikan meningkatkan kekuatan maupun aktivasi otot, sehingga mencegah dan meminimalkan berbagai komplikasi yang ditimbulkan. Selain aktivitas otot, tinjauan ini juga memperoleh manfaat lain dari *biofeedback pressure* berupa penurunan skor, kecacatan, peningkatan daya tahan, dan gaya lawan otot. *Biofeedback pressure* terbukti dapat diaplikasikan pada pasien dengan masalah muskuloskeletal untuk meningkatkan kemampuan fungsional.

Kata kunci: aktivasi otot; biofeedback pressure; muskuloskeletal; ortopedi

BIOFEEDBACK PRESSURE IN MUSCLE ACTIVATION IN MUSCULOSKELETAL PATIENTS

ABSTRACT

Musculoskeletal disorders are the main cause of disability in the world. Some of the musculoskeletal problems that often occur are low back pain, osteoarthritis, and fractures, where the majority of patients who experience musculoskeletal disorders result in between 20-50 million experiencing disabilities involving muscle weakness or stiffness. One device that can support the rehabilitation program for patients with musculoskeletal problems is the use of a pressure biofeedback device. Therefore, researchers aimed to analyze and explore the effects of pressure biofeedback on muscle strength in patients with musculoskeletal problems. This research is a literature study. The literature search used the ClinicalKey Nursing, EMBASE, Proquest, Sage Journals, ScienceDirect, Scopus, dan Taylor&Francis databases with criteria including: published from 2018-2022, full text, type of RCT and experimental research, and in English language. Found 2868 articles from 7 databases and selected 5 articles that fit the inclusion and exclusion criteria for analysis. In general, all studies with various musculoskeletal problems show that pressure biofeedback interventions significantly increase muscle strength and activation, thereby preventing and minimizing the various complications that arise. In addition to muscle activity, this review also obtains other benefits from pressure biofeedback in the form of reduced scores, disability, increased endurance, and muscle opposing force. Pressure biofeedback has been shown to be applicable to patients with musculoskeletal problems to improve functional ability.

Keywords: muscle activation; musculoskeletal, orthopedi; pressure biofeedback

PENDAHULUAN

Isu klinis pada kasus muskuloskeletal yang mempengaruhi kondisi sendi, tulang, dan otot menjadi penyebab utama kecacatan di dunia (Smythe et al., 2017). Angka kejadian kasus muskuloskeletal yang tertinggi adalah nyeri punggung bawah sebanyak 570 juta diikuti osteoartritis sejumlah 528 juta orang dan fraktur sebanyak 440 juta kasus berada pada urutan ketiga. Antara 20 hingga 50 juta lebih mengalami cedera non-fatal kecacatan (World Health Organization, 2022). Kondisi tersebut mengakibatkan kelemahan maupun kekakuan otot sehingga menghambat pergerakan yang berujung pada ketidakmampuan untuk mobilisasi, kelainan bentuk kaki dan kecacatan lainnya (Latey et al., 2020). Kecacatan berpengaruh pada beban pelayanan kesehatan, lama rawat dan manajemen yang efektif (The Trauma Audit and Research Network, 2012). Latihan penguatan (*strengthening*) salah satu program rehabilitasi yang bermanfaat dalam meningkatkan kekuatan dan aktivasi otot (Paterno et al., 2006). Saat ini telah dikembangkan perangkat yang mendukung latihan kekuatan otot dengan mengandalkan energi tekanan berbasis biofeedback. Teknik ini telah banyak diterapkan di beberapa negara maju.

Perangkat *biofeedback* kini terdiri dari berbagai sumber energi, salah satunya dengan tekanan. Unit ini terdiri dari balon yang terhubung dengan pipa menuju bantalan udara yang dapat dipompa, dan dilengkapi pengatur tekanan sehingga dapat merekam perubahan tekanan, memantau aktivitas otot guna meningkatkan dan mengevaluasi stabilitas otot (Yu et al., 2018). Biofeedback dilaporkan efektif dalam meningkatkan aktivasi otot dan menurunkan gerakan kompensasi (Yu et al., 2021). Berdasarkan fenomena di atas, tujuan dari penelitian ini ingin melihat efektivitas *biofeedback pressure* dalam mempengaruhi kekuatan atau aktivasi otot pada pasien gangguan muskuloskeletal. Kekuatan otot merupakan kemampuan otot dalam menghasilkan ketegangan dan resultan gaya berdasarkan perintah otot serta melawan tahanan selama kontraksi maksimal (Kisner & Colby, 2007).

Tipe kontraksi otot terdiri dari tiga: (1) isotonik, yaitu perubahan panjang otot namun ketegangan otot konstan sepanjang rentang gerak; (2) isometrik, yaitu ketegangan otot yang dihasilkan sementara, namun panjang tetap konstan; (3) isokinetik, yaitu otot berkontraksi maksimal dengan kecepatan konstan sepanjang rentang pergerakan (Ramachandran, 2017). Menurut Schuanke et al (2015) kekuatan otot dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu usia, jenis kelamin, latihan fisik, nutrisi, dan keadaan zat otot. Faktor yang mempengaruhi kekuatan otot yang secara khusus dibahas dalam tinjauan ini adalah latihan fisik berupa latihan otot. Latihan otot selain bermanfaat mempertahankan kekuatan dan tonus otot, juga meningkatkan sirkulasi darah (Wirayuni & Arista, 2021).

Biofeedback adalah proses yang memungkinkan seseorang untuk mempelajari perubahan aktivitas fisiologis demi meningkatkan kinerja dan kesehatan (Campo et al., 2022). Kategori biofeedback yang digunakan dalam rehabilitasi fisik yaitu fisiologis dan biomekanik. *Biofeedback* fisiologis melibatkan beberapa sistem tubuh, yaitu pernapasan, kardiovaskular, dan neuromuskular. Sedangkan *biofeedback* biomekanik melibatkan pengukuran gerakan, kekuatan, dan kontrol postural. Salah satu *biofeedback* biomekanik yang relatif murah, non-invasif, berbiaya rendah, dan terbukti menunjukkan peningkatan kontraksi dan menilai daya tahan otot adalah *biofeedback pressure* (Faustino et al., 2021); (Giggins et al., 2013). Manfaat biofeedback pressure dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu meningkatkan kekuatan dan aktivasi otot jika digunakan saat latihan pemulihan (Kirnap et al., 2005); (Anwer et al., 2013). Selain itu, biofeedback pressure terbukti juga efektif dalam

penguatan DCF dibandingkan latihan konvensional (Clark et al., 2015); (Kang, 2015); (Saleh et al., 2018). *Deep cervical flexor* (DCF) merupakan otot leher dalam yang berperan dalam gerakan fleksi dan memungkinkan kontrol postur bersama dengan memberikan stabilitas pada daerah servikal (Khosrokiani et al., 2022). Adanya gangguan impuls aferen dari proprioseptor leher menyebabkan kesalahan sensorik. Jika dilakukan propriosepsi leher, maka konsentrasi gelendong otot servikal dalam menjadi lebih padat (B. Clark et al., 2002).

METODE

Studi ini menggunakan desain *literature review*, yaitu tinjauan literatur artikel ilmiah mengenai efek *biofeedback pressure* terhadap kekuatan dan aktivasi otot pada pasien gangguan muskuloskeletal yang dilakukan menggunakan protokol PRISMA. Penelusuran artikel ilmiah ini dilakukan terstruktur pada November 2022 melalui *online database* meliputi *ClinicalKey Nursing*, *EMBASE*, *Proquest*, *Sage Journals*, *ScienceDirect*, *Scopus*, dan *Taylor&Francis*. Strategi penelusuran dikembangkan berdasarkan perumusan PICO (*Population, Intervention, Comparison, dan Outcome*). Kata kunci yang digunakan dalam penelusuran pada database yaitu (*musculoskeletal OR orthopedics*) AND *pressure biofeedback* AND (*activation OR strength*) muscle.

Artikel yang ditinjau pada studi ini diseleksi berdasarkan kriteria inklusi: artikel di jurnal internasional yang terbit 5 tahun terakhir (2018-2022), *full text*, berbahasa Inggris dan menggunakan desain penelitian eksperimen pada pasien dewasa. Sedangkan artikel yang tidak dapat diakses full text dikeluarkan dari kriteria tinjauan ini. Kriteria inklusi dan eksklusi ditentukan dengan menggunakan strategi PICO: (1) pasien dengan gangguan muskuloskeletal/ortopedi; (2) intervensi *pressure biofeedback*; (3) hasil menjelaskan kekuatan atau aktivasi otot. Tahap pencarian melalui tahap: (1) identifikasi kata kunci dalam tujuh data base; (2) filter artikel dengan kriteria inklusi dan eksklusi; (3) uji kelayakan: menilai artikel menggunakan *The Joanna Briggs Institute for RCT and Experiment*; (4) analisis artikel yang relevan. Proses seleksi artikel ditunjukkan dalam gambar 1.

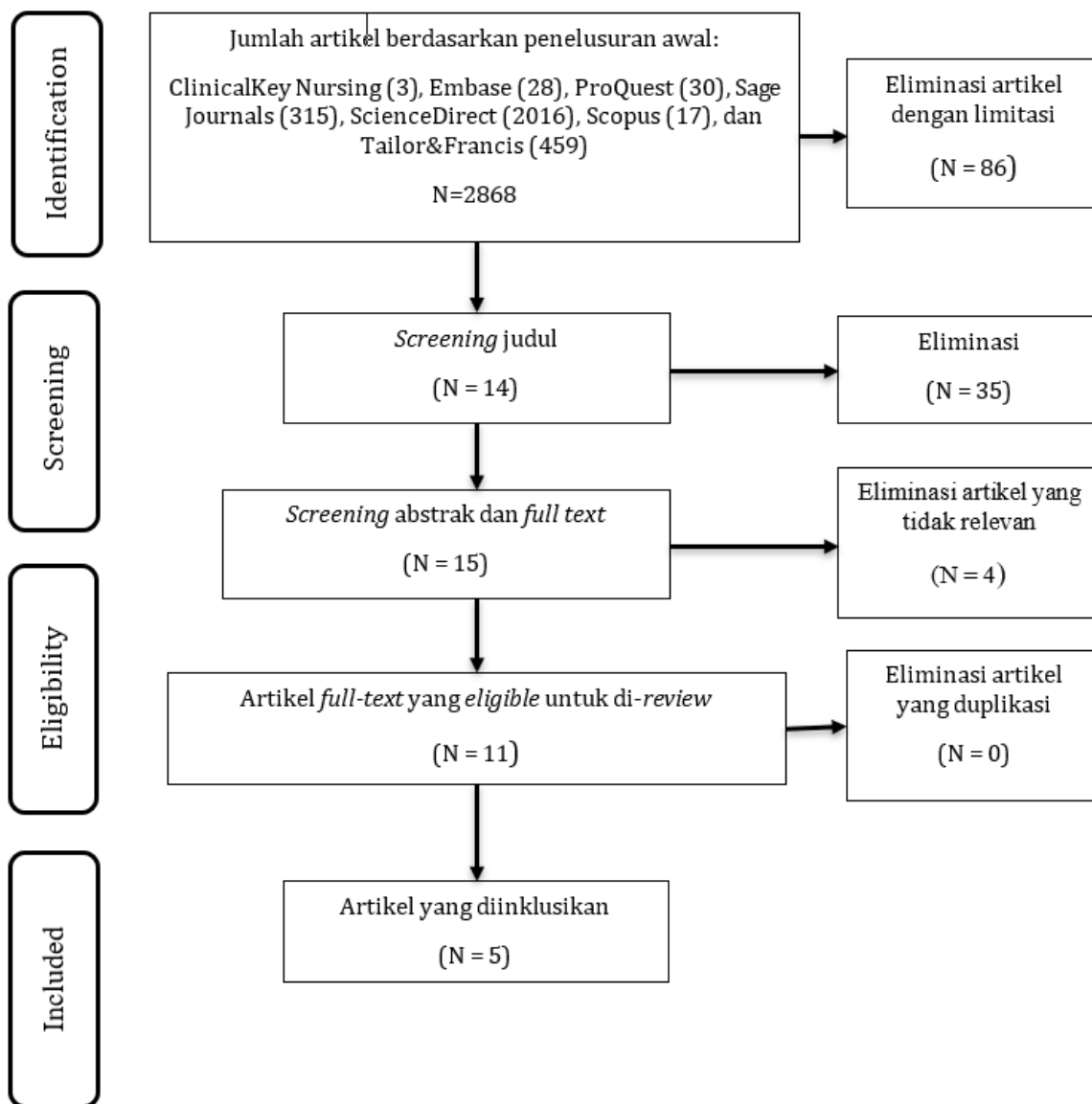
HASIL

Hasil total pencarian dari tujuh database diperoleh 2.868 artikel: *ClinicalKey Nursing* (n=3), *Embase* (n=28), *Proquest* (n=30), *Sage Journals* (n=315), *ScienceDirect* (n=2016), *Scopus* (n=17) dan *Taylor&Francis* (459). Tahap berikutnya penulis menyeleksi artikel dengan menentukan batasan pada database dengan memilih artikel penelitian, berbahasa Inggris, dan terbit 5 tahun terakhir sehingga diperoleh 86 artikel. Dengan seleksi judul, membaca abstrak dan hasil penelitian artikel tersebut, selanjutnya eliminasi artikel duplikasi dan didapatkan 6 artikel yang sesuai dengan tujuan penulis. Artikel yang diperoleh dengan 3 studi RCT dievaluasi dengan *JBIRCT*, 3 studi quasi eksperimen dengan *JBIRCT* for quasi-experimental studies. Hasil sintesis artikel dalam tinjauan sistematis ini dapat dilihat pada gambar 1.

Berdasarkan penelitian ini tiga penelitian membuktikan bahwa *biofeedback pressure* bermanfaat terhadap aktivasi otot (Achens et al., 2022); (Li et al., 2020); (Yu et al., 2018). Dua studi melaporkan adanya peningkatan kemampuan daya tahan otot fleksor servikal dalam yang lebih baik pada kelompok yang menggunakan *biofeedback pressure* (Ashfaq & Riaz, 2021); (Khosrokiani et al., 2022). *Biofeedback pressure* pada penelitian Yu et al (2018) dilakukan pada posisi pronasi dengan abduksi bahu 90°, fleksi siku 90°, dan lengan bawah dalam posisi netral pada pria sehat. Stabilizer diletakkan di tengah caput humerus untuk memberikan tekanan 40 mmHg selama rotasi pronasi eksternal (PER). Penelitian ini membuktikan adanya peningkatan aktivitas otot terbesar saat latihan PER dengan menggunakan *biofeedback pressure* (p=0,004). Studi lain di China oleh (Li et al., 2020) melakukan analisis aktivitas otot transversus

abdominus (TA) dan otot multifidus (MF) saat kontraksi isometrik maksimal yang dilakukan pemasangan *biofeedback pressure* antara kelompok nyeri punggung bawah dengan peserta tanpa nyeri punggung bawah pada tiga tingkat tekanan (50 mmHg, 60 mmHg, dan 70 mmHg).

Hasil dari penelitian ini menggambarkan terdapat peningkatan kontraksi isometrik maksimal pada pasien yang diberikan intervensi *biofeedback pressure* ($p < 0,05$). Eksperimen oleh Achens et al juga menilai aktivasi awal otot paha depan setelah operasi ortopedi ekstremitas bawah pada hari ke-2 dan ke-6 paska operasi. Setelah dilakukan intervensi menggunakan *biofeedback pressure*, terbukti menunjukkan adanya kontraksi maksimum yang lebih tinggi ($p < 0,01$). Selain aktivitas otot, tinjauan ini juga menemukan hasil berupa daya tahan otot. Daya tahan DCF diukur saat flexi dan diberikan lima tekanan bertahap (22, 24, 26, 28, 30 mmHg) dengan tahanan 10 detik per tekanan (Ashfaq & Riaz, 2021). Khosrokiani et al juga mengidentifikasi efek kontrol motorik lumbar menggunakan *biofeedback pressure* dalam mempengaruhi daya tahan DCF pada kelompok kontrol (latihan motorik lumbar terapeutik), konvensional (10 menit pemanasan leher, bahu, dan rentang gerak skapulathorik) dan intervensi (teknik konvensional dan *biofeedback pressure* 40 mmHg) (Khosrokiani et al., 2022).



Gambar 1. Alur Diagram PRISMA

Tabel 1.
Ringkasan Artikel Penelitian

Studi	Judul Artikel	Tujuan	Sampel	Intervensi	Output	Hasil
(Ache et al., 2022) India; RCT	<i>Early Activation of Quadriceps with Pressure Biofeedback for the Prevention of Arthrogenic Muscle Inhibition Following Lower Limb Orthopedic Surgeries</i>	Mengetahui peran biofeedba ck pressure tekanan dalam aktivasi awal otot paha depan setelah operasi ortopedi ekstremita s bawah	Populasi: Pasien rawat inap ortopedi di bangsal Sampel: 24 peserta Inklusi: Telah menjalani operasi ekstremitas bawah (elektif dan non elektif pada sendi panggul dan lutut Eksklusi: Gangguan kognitif, tidak mampu memahami instruksi sederhana, lutut tidak dapat bergerak, cedera saraf sekitar, fiksator eksternal, atau gips. Tidak mampu berkomunikasi dalam Bahasa Swedia. Gangguan kognitif parah. Fraktur terbuka tipe II dan III (Gustilo-Andersson).	Pengukuran awal aktivasi otot quadriceps pada hari k-2 dan ke-6 paska operasi menggunakan EMG. Kelompok kontrol: diberikan perawatan fisioterapi tradisional atau standar RS. Kelompok intervensi: diberikan protokol standar RS dan terapi berbasis <i>biofeedback pressure</i> .	1. Amplitudo Motor Unit Action Potential (MUAP) 2. Durasi rata-rata kontraksi maksimum (millisecond)	Ada signifikansi amplitudo rata-rata MUAP pada kelompok intervensi (MD=205,4) dibandingkan dengan kelompok kontrol (MD=2,27), (p<0,01). Kelompok intervensi menunjukkan durasi rata-rata kontraksi maksimum (MD=4,77) lebih baik daripada kelompok kontrol (MD=0,9).
(Ashfaq & Riaz, 2021); RCT Pakistan	<i>Effect of pressure biofeedback training on deep cervical flexors endurance in patients with mechanical neck pain</i>	Membandingkan efek latihan fleksi serviks Cranio dengan atau tanpa <i>biofeedba ck pressure</i> pada pasien dengan	Populasi: Semua pasien di departemen fisioterapi RS umum kereta api Rawalpindi dari Mei-Desember 2019 Sampel: 30 Inklusi:	Kelompok A: Latihan fleksi craniocervical dengan <i>biofeedback pressure</i> dan menahan 5 level antara 22-30 mmHg. Kelompok B: Latihan fleksi craniocervical tanpa	1. Nyeri 2. Daya tahan (mmHg) 3. Durasi daya tahan (detik)	Terdapat penurunan pada skor nyeri pada kelompok intervensi (1,67±0,89) dan kelompok kontrol (2,93±0,79) (p<0.00) Terjadi peningkatan daya tahan pada kelompok intervensi (28,00±1,67) dibandingkan kelompok kontrol (24,27±1,27) (p<0,00). Terjadi peningkatan durasi daya tahan pada kelompok intervensi (28,00±3,46)

Studi	Judul Artikel	Tujuan	Sampel	Intervensi	Output	Hasil
		nyeri leher kronis mekanis	Usia 25-40 tahun, nyeri leher kronis >3 bulan, dengan NPRS >3.	<i>biofeedback pressure.</i>		dibandingkan kelompok kontrol (24,00±4,67) (p<0,013).
			Eksklusi: Riwayat trauma servikal, kelainan bentuk tubuh atau tulang belakang, defisit neurologis yang signifikan, nyeri non muskuloskeletal, riwayat keganasan, dan kehamilan.			
(Khosrokian et al., 2022) Iran; RCT-Non-Blinde	<i>Lumbar motor control training as a complement ary treatment for chronic neck pain</i>	Mengiden tifikasi efek latihan kontrol motorik lumbar dengan <i>biofeedback pressure</i> dalam mempengaruhi nyeri dan kecacatan leher, daya tahan fleksor serviks dalam, dan status kesehatan	Populasi: Pasien dengan nyeri leher kronis di rumah sakit pada Februari-April 2019 Sampel: Kelompok intervensi 23 Kelompok konvensional 30 Kelompok kontrol 23 Inklusi: Nyeri terparah (3-6 skala VAS), skor indeks kecacatan leher 28%-45%, nyeri bertahan lama.	Kelompok 1 (intervensi): fisioterapi konvensional + <i>biofeedback pressure</i> pada tekanan 40 mmHg Kelompok 2 (konvensional): 10 menit pemanasan leher, bahu, dan rentang gerak skapulathorik dan aktivitas peregangan. Kelompok 3 (kontrol): latihan kontrol motorik lumbar terapeutik	1. Nyeri 2. Kecacatan 3. Ketahanan fleksor serviks 4. Status Kesehatan	Skor nyeri pada kelompok 1 terbukti menurun (kelompok 1 vs 2 p=0,021; kelompok 1 vs 3 p=0,002) Kecacatan pada kelompok 1 terbukti lebih sedikit terjadi (kelompok 1 vs 2 p=0,023; kelompok 1 vs 3 p=0,001; kelompok 2 vs 3 p=0,031) Ketahanan fleksor serviks dalam kelompok 1 memiliki skor terbaik (kelompok 1 vs 2 p=0,001; kelompok 1 vs 3 p=0,014; kelompok 2 vs 3 p=0,009) Status kesehatan juga lebih baik pada kelompok 1 (kelompok 1 vs 2 p=0,037; kelompok 1 vs 3 p=0,001; kelompok 2 vs 3 p=0,009)

Studi	Judul Artikel	Tujuan	Sampel	Intervensi	Output	Hasil
(Li et al., 2020) China; Eksperimen	<i>Trunk muscle activity during pressure feedback monitoring among individuals with and without chronic low back pain</i>	Membandingkan aktivitas otot transversa l abdominis (TA) dan multifidus (MF) pada tiga tekanan yang berbeda (50, 60, dan 70 mmHg) pada nyeri punggung bawah kronis dan tanpa LBP kronik	<p>arthritis, dan menggunakan pelemas otot.</p> <p>Populasi: Semua pasien bangsal rehabilitasi lokal dan departemen rawat jalan rumah sakit.</p> <p>Sampel: Kelompok intervensi: Individu dengan LBP kronis 22 orang</p> <p>Kelompok Kontrol: Individu sehat tanpa LBP dan tidak ada LBP dalam setahun terakhir 24 orang</p> <p>Inklusi: Nyeri punggung bawah dengan atau tanpa nyeri bokong 3 bulan terakhir, intensitas nyeri cukup membatasi ADL, rentang skor nyeri 3-7 (NPRS), mampu melakukan prosedur tanpa gejala yang memberatkan.</p> <p>Eksklusi: Masalah pernapasan, ortopedi, peredaran darah atau neurologis, riwayat operasi pada abdomen atau punggung bawah, sedang hamil atau dismenore, riwayat terdahulu</p>	<p>Dilakukan pengukuran nyeri (NPRS) dan kecacatan (Oswestry Disability Index) 24 jam terakhir sebelum dilakukan intervensi.</p> <p>Dilakukan pemasangan PBU pada Transversus Abdominis (TA) dan Multifidus (MF) dengan tiga tingkat tekanan (50 mmHg, 60 mmHg, 70 mmHg) pada posisi duduk.</p>	<p>1. Aktivitas otot Transversus Abdominis dan Multi Fudus saat kontraksi isometrik maksimal/ <i>Maximal Voluntary Isometric Contraction</i> (MVIC) dalam tekanan (mmHg)</p> <p>2. Nyeri (NPRS)</p>	<p>MVIC pada kelompok intervensi lebih tinggi setiap tekanan ($p < 0,05$).</p> <p>Tidak ada hubungan yang signifikan antara MVIC TA dan MF dengan NPRS ($p = 0,591$).</p>

Studi	Judul Artikel	Tujuan	Sampel	Intervensi	Output	Hasil
			maupun keluarga yang epilepsi.			
(Yu et al., 2018)	<i>The effects of pressure biofeedback training on infraspinatus muscle activity and muscle thickness</i>	Mengamati aktivitas otot infraspinatus dan deltoid posterior dan infraspinatus selama latihan Prone External Rotation (PER)	Sampel: 15 pria sehat (usia 27,3±1,8 tahun, TB176,5±3,9 cm, BB 76,6±6,2 kg). Inklusi: Tidak ada nyeri bahu, leher, ekstremitas atas dan mampu abduksi bahu 90° dan rotasi eksternal 90° selama PER tanpa nyeri Eksklusi: Riwayat nyeri bahu atau masalah neurologis atau muskuloskeletal. Nyeri bahu selama latihan PER.	Posisi telungkup dengan abduksi bahu 90°, fleksi siku 90°, dan lengan bawah dalam posisi netral. Stabilizer ditempatkan di tengah kepala humerus untuk memberikan <i>biofeedback pressure</i> selama PER. Pengatur tekanan diatur 40 mmHg. Diberikan empat kondisi (nyaman; PER tanpa <i>biofeedback</i> , ≤2 mmHg, ≤4 mmHg, dan ≤8 mmHg). Aktivitas otot diukur dengan EMG.	Kontraksi isometrik maksimal/ <i>Maximal Voluntary Isometric Contraction</i> pada aktivitas otot infraspinatus, deltoid posterior, dan trapezius tengah.	Terdapat perbedaan signifikan dalam aktivitas otot infraspinatus di antara kondisi <i>biofeedback</i> (p=0.012). Peningkatan aktivitas otot terbesar saat latihan PER ≤2 mmHg dibandingkan dengan kondisi nyaman (p=0.01), dan kondisi 8 mmHg (p=0.009) Terdapat perbedaan yang signifikan dalam rasio aktivitas otot di antara kondisi <i>biofeedback</i> (p=0.004)

PEMBAHASAN

Aktivasi otot pada penelitian ini dipengaruhi oleh adanya tekanan dari perangkat *biofeedback Pressure Biofeedback Unit* (PBU) merupakan alat yang dikembangkan untuk membantu latihan aktivitas otot (Faustino et al., 2021). Beberapa penelitian telah membuktikan adanya efektivitas *biofeedback pressure* terhadap gangguan muskuloskeletal. Hasil penelitian pada tinjauan ini sesuai literatur terdahulu yang dilakukan oleh Kirnap et al (2005) membuktikan bahwa *biofeedback* meningkatkan kontraksi otot quadricep. Hal ini juga didukung oleh studi Anwer et al (2013) bahwa *biofeedback* yang dikombinasikan dengan latihan isometrik menghasilkan peningkatan kekuatan otot paha depan (Kirnap et al., 2005); (Anwer et al., 2013).

Proses aktivitas neuron motorik berawal dari hasil interaksi sistem saraf pusat dan fungsi sensorik, melalui sistem umpan balik intrinsik yang dibentuk oleh sirkuit neurologis antara sistem motorik, propioseptor, reseptor sendi, kulit, sistem vestibular dan sistem visual (de la Barra Ortiz et al., 2022). Tekanan yang dihasilkan oleh *biofeedback pressure* mengakibatkan perubahan mekanisme kortikal dan neuromuskular yang menstimulus pelepasan neurotransmitter modulasi (Rearick et al., 2001). Hal ini mengakibatkan peningkatan aktivitas saraf di korteks mototrik yang menyampaikan impuls pengaktifan otot dan membentuk kekuatan secara kolektif sehingga kekuatan otot meningkat (Muellbacher et al., 2001). *Biofeedback pressure* membantu menyeimbangkan aktivasi otot (Campo et al., 2022).

Manfaat lain dari *biofeedback pressure* pada penelitian ini dapat pula membuktikan adanya peningkatan daya tahan otot. DCF yang melemah selama nyeri leher kronis mengakibatkan hiperaktivitas otot leher superfisial. Ketidakseimbangan terus menerus antara otot flektor superfisial dan dalam akan berkontribusi pada hilangnya keselarasan lordotik yang berujung pada gangguan servikal. Hal ini sesuai studi terdahulu telah membuktikan bahwa pelatihan DCF dengan *biofeedback pressure* efektif dalam melatih ketahanan (Kang, 2015). Penelitian serupa juga dilakukan oleh M Karthi et al (2019) tentang efektivitas latihan daya tahan pada otot flektor servikal dalam menggunakan *biofeedback pressure* pada nyeri leher mekanis. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa pelatihan flektor servikal dalam dengan *biofeedback pressure* visual efektif secara signifikan ($p < 0,005$) untuk pelatihan otot flektor. Literatur yang ada mendukung temuan penelusuran ini dalam hal efektivitas pelatihan ketahanan DCF dengan *biofeedback pressure* dibandingkan dengan pendekatan latihan terapi konvensional (N. Clark et al., 2015); (Kang, 2015); (Saleh et al., 2018).

Aktivitas otot leher yang berubah dapat dikarenakan gangguan muskuloskeletal yang ditunjukkan oleh pasien dengan nyeri servikal. Pada pasien dengan nyeri servikal, aktivitas otot flektor leher superfisial meningkat, dan otot leher dalam menurun (Araujo et al., 2018). Pola aktivitas otot yang tidak normal ini dapat meningkatkan stres otot dan menyebabkan kerusakan serat otot. Stres ini dapat mengakibatkan cedera berulang dan suplai nutrisi yang kurang dapat menghambat penyembuhan yang menyebabkan rasa nyeri, kecacatan dan kurangnya mobilitas (Almeida et al., 2020). Hal ini juga sesuai dengan studi terdahulu oleh Clark et al (2002) yang menyebutkan bahwa gangguan impuls aferen dari proprioceptor leher menyebabkan kesalahan sensorik. Sehingga dengan latihan dapat meningkatkan kepadatan konsentrasi gelendong otot servikal dalam.

SIMPULAN

Latihan konvensional yang dikombinasikan dengan *biofeedback pressure* terbukti lebih efektif dalam meningkatkan aktivasi, daya tahan dan gaya lawan otot dalam kasus gangguan muskuloskeletal. Namun, terbatasnya jumlah studi yang disertakan dan kualitas bukti yang kurang mendukung *biofeedback pressure* untuk melengkapi terapi rehabilitasi individu dengan gangguan muskuloskeletal di negara berkembang masih dalam batas jumlah kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Achens, J. T., Victor, V. S. R., & Joseph, J. K. (2022). Early Activation of Quadriceps With Pressure Biofeedback for the Prevention of Arthrogenic Muscle Inhibition Following Lower Limb Orthopedic Surgeries: A Proof of Concept Clinical Trial. *Journal of Chiropractic Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2022.05.005>
- Almeida, S. D., Eapen, C., & Krishnan, S. (2020). Association of thoraco-lumbar fascia length in individuals with non-specific low back pain - an observational study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 24(4), 581–587. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.08.004>
- Anwer, S., Equebal, A., Nezamuddin, M., Kumar, R., & Lenka, P. K. (2013). Effect of gender on strength gains after isometric exercise coupled with electromyographic biofeedback in knee osteoarthritis : A preliminary study §. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 56(6), 434–442. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2013.06.001>
- Araujo, F. X. De, Ferreira, G. E., Schell, M. S., Castro, M. P. De, Silva, M. F., & Ribeiro, D. C. (2018). Measurement properties of the craniocervical flexion test : a systematic review protocol. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-019486>

- Ashfaq, R., & Riaz, H. (2021). Effect of pressure biofeedback training on deep cervical flexors endurance in patients with mechanical neck pain: A randomized controlled trial. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 37(2), 1–6. <https://doi.org/10.12669/pjms.37.2.2343>
- Campo, M., Zadro, J. R., Pappas, E., Monticone, M., Secci, C., Scalzitti, D., Lucas, J., & Graham, P. L. (2022). Musculoskeletal Science and Practice The effectiveness of biofeedback for improving pain , disability and work ability in adults with neck pain : A systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal Science and Practice*, 52(July 2020), 102317. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2021.102317>
- Clark, B., Briggs, & Galea. (2002). Muscle Spindle Distribution, Morphology, and Density in Longus Colli and Multifidus Muscles of the Cervical Spine. *Lippincott Williams & Wilkins, Inc.:Spine*, 27(7), 694–701.
- Clark, N., Røijezon, U., & Treleaven, J. (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *ScienceDirect*, 20(3), 378–387.
- de la Barra Ortiz, H. A., Matamala, A. M., Inostroza, F. L., Araya, C. L., & Mondaca, V. N. (2022). Efficacy of biofeedback in rehabilitation of musculoskeletal disorders: A systematic review. *Advances in Rehabilitation*, 36(1), 41–69. <https://doi.org/10.5114/areh.2022.113241>
- Faustino, D., Vieira, A., Candotti, C. T., Detogni Schmit, E. F., Rios Xavier, M. F., Lunelli, V. A., & Loss, J. F. (2021). Repeatability and reproducibility of the pressure biofeedback unit. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 27(2021), 560–564. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.04.017>
- Giggins, O. M., Persson, U. M., & Caulfield, B. (2013). Biofeedback in rehabilitation. 1–11.
- Kang, D. Y. (2015). Deep cervical flexor training with a pressure biofeedback unit is an effective method for maintaining neck mobility and muscular endurance in college students with forward head posture. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(10), 3207–3210. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.3207>
- Khosrokiani, Z., Letafatkar, A., & Gladin, A. (2022). Lumbar motor control training as a complementary treatment for chronic neck pain: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 36(1), 99–112. <https://doi.org/10.1177/02692155211038099>
- Kirnap, M., Calis, M., Turgut, A. O., Halici, M., & Tuncel, M. (2005). The efficacy of EMG-biofeedback training on quadriceps muscle strength in patients after arthroscopic meniscectomy. *The New Zealand Medical Journal*, 118, 1224.
- Kisner, C., & Colby, L. A. (2007). *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques* (5th Editio). Davis Company.
- Latey, P. J., Eisenhuth, J., McKay, M. J., Hiller, C. E., Sureshkumar, P., Nightingale, E. J., & Burns, J. (2020). Feasibility of the Archercise biofeedback device to strengthen foot musculature. *Journal of Foot and Ankle Research*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13047-020-00394-z>
- Li, X., Lo, W. L. A., Lu, S. W., Liu, H., Lin, K. Y., Lai, J. Y., Li, L., & Wang, C. H. (2020). Trunk muscle activity during pressure feedback monitoring among individuals with and without chronic low Back pain. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03565-y>

- Muellbacher, W., Ziemann, U., & Boroojerdi, B. (2001). Role of the human motor cortex in rapid motor learning. 431–438. <https://doi.org/10.1007/s002210000614>
- Paterno, M. V, Archdeacon, M. T., Ford, K. R., Galvin, D., & Hewett, T. E. (2006). Early Rehabilitation Following Surgical Fixation of a Femoral Shaft Fracture. 86(4).
- Ramachandran, M. (Ed.). (2017). *Basic Orthopaedic Sciences (Second Edi)*. Taylor & Francis.
- Rearick, M. P., Johnston, J. A., & Slobounov, S. M. (2001). Feedback-dependent modulation of isometric force control : an EEG study in visuomotor integration. 12, 117–130.
- Saleh, M. S. M., Rehab, N. I., & Sharaf, M. A. F. (2018). Effect of deep cervical flexors training on neck proprioception, pain, muscle strength and dizziness in patients with cervical spondylosis: A randomized controlled trial. *Physical Therapy and Rehabilitation*, 5(1), 14. <https://doi.org/10.7243/2055-2386-5-14>
- Smythe, T., Mactaggart, I., Kuper, H., Murthy, G. V. S., Lavy, C., & Polack, S. (2017). Prevalence and causes of musculoskeletal impairment in Mahabubnagar District, Telangana State, India: Results of a population-based survey. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 111(11), 512–519. <https://doi.org/10.1093/trstmh/try005>
- Wirayuni, S., & Arista, L. (2021). Isometric Exercise of Quadriceps and Gluteal Muscle in Patient with Close Femur Fracture. 5(1), 9–16.
- Yu, I. Y., Choo, Y. K., Kim, M. H., & Oh, J. S. (2018). The effects of pressure biofeedback training on infraspinatus muscle activity and muscle thickness. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 39(January 2018), 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2018.01.007>
- Yu, I. Y., Kim, S. Y., & Kang, M. H. (2021). Strategies for controlling axial shoulder rotation change shoulder muscle activity during external rotation exercises. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 30(6), 1230–1237. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.08.031>

