



Rehabilitasi Pasca-*Total Knee Arthroplasty*

Putu Duhita Ayuningtyas W
Jakarta, Indonesia

ABSTRAK

Total knee arthroplasty (TKA) merupakan pilihan terapi terbaik untuk pasien osteoarthritis lutut stadium akhir. Keberhasilan TKA juga ditentukan oleh rehabilitasi adekuat untuk mengembalikan fungsi sendi setelah operasi. Rehabilitasi setelah TKA berfokus pada pemulihan *range of motion* (ROM) sendi, mengembalikan kekuatan otot lutut dan panggul, mengembangkan fungsi kemandirian, dan kemampuan berpartisipasi dalam kegiatan rekreasi. Tujuan tersebut dapat dicapai melalui kombinasi modalitas rehabilitasi meliputi *exercise therapy*, latihan keseimbangan, *aquatic therapy*, terapi es atau kompresi, *continuous passive motion (CPM)*, *transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS)*, *neuromuscular electrical stimulation (NMES)*, dan *instrument-assisted soft-tissue therapy*.

Kata kunci: Lutut, osteoarthritis, range of motion, rehabilitasi, total knee arthroplasty

ABSTRACT

Total knee arthroplasty (TKA) is an excellent option for end-stage knee osteoarthritis. Its success also depends on the adequacy of rehabilitation to restore functional ability following surgery. Rehabilitation after TKA focuses on recovery of knee range of motion (ROM), restoration of knee and hip muscle strength, development of functional independence, and the ability to participate in recreational activities. It can be achieved by combination of modalities such as exercise therapy, balance training, aquatic therapy, cold therapy and compression, continuous passive motion (CPM), transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS), neuromuscular electrical stimulation (NEMS), and instrument-assisted soft-tissue therapy. **Putu Duhita Ayuningtyas W. Rehabilitation after Total Knee Arthroplasty**

Keywords: Knee, osteoarthritis, range of motion, rehabilitation, total knee arthroplasty

PENDAHULUAN

Osteoarthritis (OA) merupakan bentuk artritis paling sering di masyarakat, bersifat kronis dan berdampak besar bagi kesehatan masyarakat.^{1,2} Osteoarthritis dapat disebabkan oleh etiologi berbeda, namun mengakibatkan kelainan biologis, morfologis, dan luaran klinis yang sama. Proses penyakitnya tidak hanya mengenai tulang rawan sendi namun juga mengenai seluruh sendi, termasuk tulang subkondral, ligamentum, kapsul, dan jaringan sinovial, serta jaringan ikat periartikular. Pada stadium lanjut, tulang rawan sendi mengalami kerusakan yang ditandai dengan adanya fibrilasi, fissure, dan ulserasi pada permukaan sendi.²

OA merupakan penyakit dengan progresivitas lambat. Beberapa faktor risiko OA, yaitu: obesitas, kelemahan otot, aktivitas fisik berlebihan atau kurang, trauma, penurunan fungsi proprioseptif, faktor keturunan, dan faktor mekanik.² Faktor risiko tersebut mempengaruhi progresivitas kerusakan

tulang rawan sendi dan pembentukan tulang abnormal.

OA sering mengenai lutut, panggul, tulang belakang, dan pergelangan kaki. Karakteristik OA ditandai dengan keluhan nyeri sendi dan gangguan gerak yang terkait dengan derajat kerusakan tulang rawan.²

Di Indonesia, prevalensi OA lutut radiologis mencapai 15,5% pada pria dan 12,7% pada wanita berumur 40-60 tahun.² Penelitian pasien klinik rheumatologi RSHS Bandung mendapatkan bahwa OA merupakan 74,48% kasus (1297) reumatik pada tahun 2007. Enam puluh sembilan persen di antaranya wanita dan kebanyakan OA lutut (87%). Dari 2760 kasus reumatik pada tahun 2010, 73% adalah OA.²

Sampai saat ini belum ada terapi yang dapat menyembuhkan OA lutut. Penatalaksanaan terutama ditujukan pada pengendalian progresivitas atau menghilangkan nyeri,

memperbaiki gerak dan fungsi sendi, serta meningkatkan kualitas hidup.² OA lutut memiliki dampak sosial tinggi oleh karena berkurangnya mobilitas sendi akibat nyeri membatasi kemampuan berjalan, bekerja, melakukan aktivitas sehari-hari, dan berolahraga.

Total knee arthroplasty (TKA) merupakan pilihan terapi terbaik pasien osteoarthritis lutut stadium akhir, keberhasilan terapi ini sangat tergantung pada teknik operasi dan *implant longevity*, keduanya telah mengalami perkembangan dalam beberapa dekade terakhir.^{1,3-5} Teknik perioperatif menggunakan *computer-assisted navigation* dan instrumen spesifik telah menunjukkan hasil baik dan saat ini diteliti lebih lanjut.³

Keberhasilan terapi TKA juga ditentukan oleh rehabilitasi adekuat untuk mengembalikan fungsi sendi setelah operasi.⁶ Kekuatan otot *quadriceps* yang mungkin turun hingga 50-60% sering gagal kembali setelah



prosedur operasi. Hingga saat ini belum ada kesepakatan mengenai protokol rehabilitasi yang harus digunakan untuk meningkatkan *functional outcome* pasca-operasi TKA.^{3,7,8}

Rehabilitasi setelah TKA fokus pada pemulihan *range of motion* (ROM), mengembalikan kekuatan otot lutut dan panggul, mengembangkan fungsi kemandirian, dan kemampuan berpartisipasi dalam kegiatan rekreasi.⁶ Tanpa rehabilitasi, fungsi kemandirian dan aktivitas mungkin tidak dapat dipulihkan. Beberapa modalitas terapi bertujuan untuk mendapatkan kembali kekuatan dan fungsi seperti *exercise therapy*, latihan keseimbangan, *aquatic therapy*, terapi es atau kompresi, *continuous passive motion* (CPM), *transcutaneous electrical nerve stimulation* (TENS), *neuromuscular electrical stimulation* (NMES), dan *instrument-assisted soft-tissue therapy*.^{3,9}

Program rehabilitasi yang berbeda, modalitas terapi berdasarkan pilihan terapis yang sering tidak dapat dijelaskan alasan pemilihannya sering memberikan *outcomes* yang kurang baik.

JENIS TERAPI

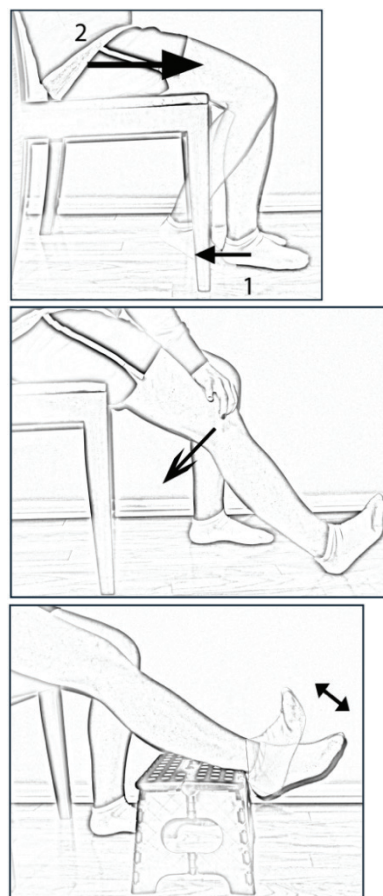
Exercise Therapy

Exercise therapy berperan penting dalam rehabilitasi pasca-TKA.³ Tujuan utama *exercise therapy* adalah untuk memaksimalkan ROM dini, meningkatkan kekuatan dan mengurangi nyeri, serta melatih agar dapat berjalan seperti normal kembali.^{3,4,9}

Protokol terapi berbeda. Elemen umum latihan pasca-TKA meliputi latihan pasif ROM lutut, peregangan (*stretching*) ekstremitas bawah (otot quadriceps, hamstrings, dan betis), terapi dingin/hangat, latihan berjalan, dan latihan fungsional. Protokol terapi latihan mungkin bervariasi termasuk durasi dari regimen dan tipe latihan. Meskipun demikian, regimen agar tetap sesuai dengan tujuan utama terapi.³

Bhave dan Baker³ menggambarkan protokol terapi fisik terdiri dari tiga fase mencakup unsur-unsur penguatan (*strengthening*), ROM, dan pemulihan fungsional. Protokol ini menekankan latihan penguatan (*strengthening*) dasar, *ROM stretches*, dan latihan cara berjalan. Serangkaian latihan lain yang biasa digunakan adalah regimen SAFTE (*slide and flex, tighten, and extend*), meskipun tidak semuanya dapat digunakan. Saat

duduk di kursi, pasien diminta menggeser kaki ke belakang, menekuk lutut sebanyak mungkin. Dengan menjaga kaki tetap diam, pasien kemudian membungkuk ke belakang dan menggeser bokongnya ke depan, menyebabkan lutut melentur lebih jauh. Selanjutnya, pasien harus duduk dengan lutut terentang dan tumit di lantai dengan pergelangan kaki dalam posisi dorsofleksi. Pasien harus mengencangkan otot paha seolah mendorong lutut ke bawah, tahan selama 5 detik sebelum relaksasi. Dalam posisi relaks, pasien juga didorong untuk memindahkan patela dari sisi ke sisi.³



Gambar 1. Regimen SAFTE (*slide and flex, tighten, and extend*)

Aquatic Therapy

Aquatic therapy mulai populer dalam beberapa tahun terakhir karena kepercayaan bahwa daya apung air mengurangi efek gravitasi, mengurangi gaya geser dan gaya kompresi pada sendi. Selain itu, ketahanan air dapat meningkatkan kekuatan karena sifat intrinsiknya yang dapat menahan gerakan, menguat seiring meningkatnya kecepatan.³ Hal ini menguntungkan terutama pada fase

awal pasca-operasi saat gerak pasien masih terbatas karena nyeri.^{3,10} Terapi ini dapat dimulai sejak hari keempat hingga 18 bulan setelah TKA. *Aquatic therapy* meliputi latihan peregangan ROM untuk otot panggul, lutut, dan pergelangan kaki; latihan keseimbangan satu kaki, *mini-squats*, tendangan kayuh (*cycle kicks*), dan ayunan kaki.^{3,4}

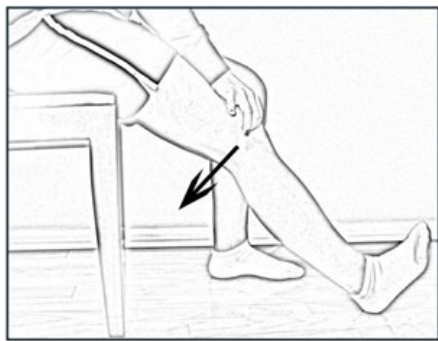
Latihan Keseimbangan

Pasien sering mengalami gangguan keseimbangan setelah TKA akibat rusaknya ligamen yang mengubah *mechanoreceptor*. Hal ini mempengaruhi proprioseptif sendi dan kontrol postural, sehingga mempengaruhi kestabilan lutut.³ Defisit ini mempengaruhi kemampuan pasien untuk melakukan kegiatan seperti memutar, berputar, berjalan di permukaan tidak rata, dan mengubah arah. Latihan keseimbangan dapat membantu mengatasi defisit ini, mencakup latihan ROM ekstremitas bawah dan latihan fungsional, menghindari gerakan, berjalan tandem, dan penggunaan papan miring atau balok keseimbangan.^{3,4} Latihan keseimbangan dapat membantu pemulihan dan rehabilitasi fungsional pasca-operasi. Perbaikan-perbaikan ini memiliki potensi untuk mengembalikan proprioseptif sendi dan kontrol postur.³

Continuous Passive Motion

Continuous Passive Motion (CPM) adalah mesin yang menyediakan gerakan pasif sendi lutut melalui ROM terkontrol dan telah menjadi modalitas pokok pemulihan pasien TKA.³ CPM diyakini memiliki efek penyembuhan kartilago artikular dan ligamen, dan memperpendek lamanya perawatan di rumah sakit, meningkatkan ROM, dan komplikasinya lebih sedikit.³ Dengan CPM, pasien bertujuan untuk mencapai setidaknya 0 hingga 90 derajat ROM setelah keluar dari rumah sakit dan mendapatkan 0 hingga 120 derajat ROM setelah menyelesaikan rehabilitasi pasca-operasi.³

CPM telah menjadi pendekatan jangka panjang pemulihan pasien TKA. CPM menguntungkan dalam fase rawat inap akut, sedangkan tingkat keuntungan jangka panjang masih kontroversial.¹¹ CPM berhubungan dengan meningkatnya drainase pasca-operasi, meningkatnya penggunaan analgesik, dan pembengkakan persisten.¹² Masih harus dinilai apakah CPM akan berdampak positif pada pemulihan pasien.^{3,11}



Gambar 2. Continuous Passive Motion (CPM)

Cold Therapy and Compression

Terapi kompresif dan dingin telah diterapkan secara tradisional pasca-TKA untuk mengurangi rasa sakit, pembengkakan, dan peradangan sendi. Terapi dingin atau *cryotherapy* memperlambat fungsi enzimatis dan menginduksi vasokonstriksi jaringan perioperatif. Terapi ini juga mengurangi migrasi leukosit dan melemahkan transmisi sinyal saraf, menghasilkan efek anestesi sementara dan analgesik.^{3,13,14} Penelitian menunjukkan korelasi positif antara temperatur lokal dan prostaglandin sinovial E2 yang diketahui sebagai penanda inflamasi dan nyeri.³ Kompresi eksternal bertujuan mencegah edema dengan meningkatkan tekanan interstitial dan mengurangi aliran cairan ke ruang interstitial. Dalam upaya menyiapkan *soft-tissue support*, kompresi tekanan dapat membatasi volume ruang intra-artikular dan mengurangi akumulasi hemarthrosis.³

Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa *cryotherapy* efektif mengatasi nyeri dan pemulihan fungsi pasca-operasi, terutama karena dapat mengurangi aktivitas metabolisme jaringan lokal sambil

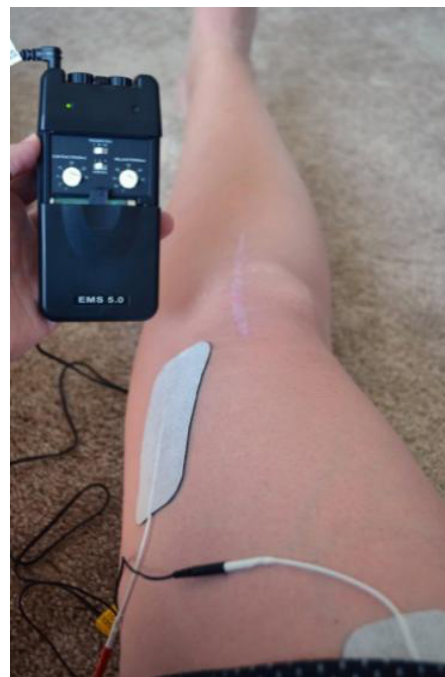


Gambar 3. Cold therapy and compression

memberikan dukungan eksternal dan membatasi akumulasi pembengkakan jaringan lunak.^{3,14}

Neuromuscular Electrical Stimulation

Neuromuscular electrical stimulation (NMES) adalah modalitas non-invasif menggunakan arus listrik yang diberikan melalui bantalan elektroda kulit untuk merangsang kontraksi otot. Terapi ini berpotensi meningkatkan kekuatan otot dan kinerja fungsional, dengan mengesampingkan defisit aktivasi otot yang disebabkan oleh gangguan sistem saraf pusat.³ Diperkirakan metode terapi ini dapat merekrut proporsi lebih besar serat otot tipe II (*fast-twitch*), yang menghasilkan tingkat produksi kekuatan yang lebih tinggi dan mungkin berhubungan dengan kinerja dan pemulihan fungsional yang lebih baik.^{3, 15} Terapi ini sangat penting pada kegagalan aktivasi otot *quadriceps* secara volunter.³ Defisit aktivasi otot *quadriceps* volunter dapat terjadi akibat pembengkakan, kerusakan sendi, dan nyeri, dan telah dikaitkan dengan penurunan kecepatan berjalan, gangguan keseimbangan, dan peningkatan risiko jatuh. Pasien yang tidak dapat mengaktifkan otot *quadriceps* secara volunter segera setelah TKA dapat diuntungkan dari intervensi awal dengan NMES. NMES menguntungkan apabila dilakukan dalam 48 jam setelah TKA yaitu dapat mengurangi hilangnya kekuatan otot *quadriceps* dan memperbaiki performa



Gambar 4. Neuromuscular electrical stimulation

fungsional.¹⁵⁻¹⁸

Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) adalah perangkat menggunakan elektroda perekat pada kulit, mengirimkan impuls listrik terkontrol ke saraf sensorik lokal. TENS dipercaya bekerja melalui mekanisme sistem saraf pusat dan perifer untuk meningkatkan efek analgesik.^{3, 15} Khususnya, diperkirakan mengaktifkan reseptor opioid endogen di sumsum tulang belakang dan batang otak, memicu pusat penghambatan untuk mengurangi sensitivitas sistem saraf pusat.³ Terapi TENS dikombinasi dengan analgetik selama masa rehabilitasi dilaporkan memberikan manfaat manajemen nyeri yang lebih baik.⁵

Instrument-assisted Soft-Tissue therapy

Instrument-assisted soft-tissue therapy, khususnya *Astym therapy* (*Performance Dynamics, Muncie, IN*), adalah teknik noninvasif untuk merangsang regenerasi jaringan lunak melalui penerapan tekanan pada area yang terkena. Secara teori, hal ini membantu perekrutan dan aktivasi fibroblas kapiler disfungsi, yang merangsang pelepasan faktor pertumbuhan endogen dan mediator seluler, yang mengarah pada resorpsi fibrotik dan regenerasi jaringan.³ Teknik ini telah digunakan untuk penanganan masalah kekakuan pasca-TKA, yang merupakan komplikasi melemahkan dan dapat menyebabkan penurunan ROM, keterbatasan aktivitas, dan nyeri konstan hingga 15% pasien.³

Proses standar metode perawatan ini melibatkan tiga komponen:³

1. Penilaian dan perawatan seluruh rantai kinetik untuk mengatasi pola fibrosis tertentu dan disfungsi jaringan lunak
2. Latihan fungsional untuk meningkatkan penyelarasan kolagen baru yang sehat dan sesuai yang mampu menahan tekanan mekanik;
3. Mendeteksi dan meminimalisir fibrosis yang tidak sesuai yang dapat menyebabkan iritasi atau pembatasan mobilitas

REKOMENDASI

Protokol rehabilitasi yang optimal harus mencakup beberapa komponen penting. Pasien harus terlibat dalam *strengthening*



Gambar 5. *Instrument-assisted soft-tissue therapy*

dan latihan fungsional sebagai tonggak klinis yang harus dicapai selama 8 minggu pertama setelah TKA. Mobilisasi dini patella ke segala arah sangat penting untuk mencapai ROM yang optimal. Program rehabilitasi didorong agar dimulai segera setelah hari pertama pasca-operasi.¹⁸ Program *strengthening* dapat dimulai dengan latihan otot *quadriceps* rantai tertutup dengan bobot tambahan, dan pada akhirnya berkembang dengan memasukkan latihan *eccentric* dan isokinetik dengan pola *concentric* dan *eccentric* pada seluruh ROM lutut.

Tujuan latihan harus mencakup penekanan pada peningkatan kemandirian dan mobilitas fungsional, normalisasi gaya berjalan, berkurangnya rasa nyeri, dan pencapaian ROM dini.¹⁹ Ebert, *et al*, menyarankan pergerakan lutut 80 derajat pada kunjungan

rawat jalan pertama (1–2 minggu pasca TKA) sangat berkorelasi dengan fleksi lutut aktif 110 derajat pada 7 sampai 8 minggu setelah TKA. Pencapaian 110 derajat fleksi lutut telah terbukti memberikan fungsi memuaskan bagi sebagian besar pasien untuk sebagian besar kegiatan aktivitas sehari-hari. Pedoman fleksi lutut ini memungkinkan dilakukannya rehabilitasi yang lebih terfokus dan individual.¹⁸ Pasien dapat memahami dengan baik tujuan perkembangan yang realistis sepanjang tahap awal terapi, pasien risiko tinggi untuk hasil jangka panjang buruk perlu diidentifikasi agar mendapat manfaat dari intervensi tambahan. Selain itu, protokol SAFTE harus dipertimbangkan sebagai bagian dari regimen terapi fisik pasien. Latihan keseimbangan juga dapat ditambahkan ke dalam sesi terapi dalam upaya untuk mengembalikan proprioseptif dan kontrol postural. Penambahan *aquatic therapy* untuk melibatkan partisipasi pasien sambil mendapatkan kembali kekuatan dan mengatasi nyeri.¹⁰ Sesi rehabilitasi pada awalnya harus diawasi hingga akhirnya berubah menjadi tanggung jawab pasien di rumah. Bimbingan dan kemajuan rutin untuk memastikan pemanfaatan yang tepat dari latihan di rumah.³

Cryopneumatic therapy melalui kompres es *intermittent* dan kompresi harus diberikan pada akhir setiap sesi terapi karena efek positifnya pada peradangan, edema, dan penghilang rasa sakit.³ Rekomendasi terkini lebih menyarankan terapi *sling* dibandingkan CPM, karena memberikan hasil serupa dan lebih hemat biaya.¹¹ Penggunaan NMES sebagai tambahan latihan *strengthening* progresif telah menunjukkan hasil menjanjikan dan mengurangi hilangnya kekuatan otot *quadriceps* dini setelah operasi TKA. Kemampuan NMES untuk merekrut serat otot tambahan tipe II (*fast-twitch*)

memungkinkan pembentukan kekuatan lebih besar, membantu rehabilitasi dan kinerja fungsional.^{16, 17} TENS tidak direkomendasikan sebagai terapi tunggal, namun sebagai tambahan modalitas manajemen nyeri lainnya. Kontrol nyeri adekuat dapat membantu memfasilitasi pasien untuk berpartisipasi lebih awal, yang pada akhirnya menghasilkan hasil lebih baik.^{17, 20} Penggunaan *instrument-assisted soft tissue therapy* menjanjikan untuk beberapa penyakit ortopedi kronis, namun evaluasi prospektif lebih lanjut diperlukan untuk menilai kegunaannya sebagai teknik rehabilitasi untuk kekakuan lutut setelah TKA.³

Pasien obesitas (*Body Mass Index* > 30) harus didorong agar menurunkan berat badan untuk mengurangi risiko dan perburukan osteoarthritis. Pasien dinasihati untuk gaya hidup yang berkelanjutan, sehat, dan aktif.^{3, 21}

Aktivitas harus dipusatkan pada rehabilitasi dasar sebelum melakukan aktivitas yang lebih berat.¹⁸ Risiko dan tindakan pencegahan sebelum beraktivitas harus dijelaskan. Aktivitas *low-impact* seperti berjalan, berenang, dan sepeda statis dapat dilakukan oleh pasien, aktivitas *higher-impact* harus dikonsultasikan terlebih dahulu.³

SIMPULAN

Pemulihan kekuatan dan ROM setelah operasi TKA dapat dicapai melalui kombinasi modalitas. Tidak semua bentuk rehabilitasi dapat diterapkan pada semua pasien. Pentingnya penguatan sendi dan pengenalan secara gradual aktivitas yang lebih aktif tidak bisa dipaksakan. Instruksi yang tepat dan komitmen untuk menjalani rehabilitasi dapat membantu pasien untuk pemulihan lebih cepat dan bahkan dapat melebihi aktivitas sebelum operasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bistolfi A, Federico AM, Carnino I, Gaido C, Rold ID, Magistroni E, et al. Rehabilitation and physical therapy before and after total knee arthroplasty: A literature review and unanswered questions. *Internat J Physical Med & Rehabil*. 2016;4(5):1-7
2. Indonesia PR. Rekomendasi IRA untuk diagnosis dan penatalaksanaan osteoarthritis. 2014:1-32.
3. Mistry JB, Elmallah RD, Bhave A, Chughtai M, Cherian JJ, McGinn T, et al. Rehabilitative guidelines after total knee arthroplasty: A review. *J Knee Surg*. 2016;29:201-7
4. Pozzi F, Snyder-Mackler L, Zeni J. Physical exercise after knee arthroplasty: A systematic review of controlled trials. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2013;49(6):877-92
5. Zhu Y, Feng Y, Peng L. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation for pain control after total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med*. 2017;49:700-4
6. Henderson KG, Wallis JA, Snowdon DA. Active physiotherapy interventions following total knee arthroplasty in the Hospital and inpatient rehabilitation setting: A systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*. 2018;104:25-35.
7. Bade M, Struessel T, Dayton M, Foran J, Kim R, Miner T, et al. Early high-intensity versus low-intensity rehabilitation after total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2017;69(9):1360-8.



8. Bade MJ, Stevens-lapsley JE. Early high-intensity rehabilitation following total knee arthroplasty improves outcomes. *J Orthopaedic & Sports Physical Ther.* 2011;41:932-40.
9. Artz N, Elvers KT, Lowe CM, Sackley C, Jepson P, Beswick AD. Effectiveness of physiotherapy exercise following total knee replacement: Systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disord.* 2015;16(15):1-21.
10. Valtonen A, Poyhonen T, Sipila S, Heinonen A. Maintenance of aquatic training-induced benefits on mobility and lower-extremity muscles among persons with unilateral knee replacement. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92:1944-50.
11. Maniar NR, Baviskar VJ, Singh T, Rathi SS. To use or not to use continuous passive motion post total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2012;27:1-9.
12. Khan A, Shah SKA, Noor SS, Najjad MKR. Is continuous passive motion beneficial for early post operative period in TKA patients? *Biomed J Sci & Tech Res.* 2018;2(1):1-5.
13. Bech M, Moorhen J, Cho M, Laverigne MR, Stothers K, Hoens AM. Device or ice: The effect of consistent cooling using a device compared with intermittent cooling using an ice bag after total knee arthroplasty. *Physiother Canada* 2015;67:48-55.
14. Thacoor DL, Sandiford B. Cryotherapy following total knee arthroplasty: What is the evidence? *J Rheumatol Arthritic Dis* [Internet]. 2018;1-4. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/8882/646877ca9917bb2531da9bb87b696873bda5.pdf>
15. Yue C, Zhang X, Zhu Y, Jia Y, Huichao, Wang, et al. Systematic review of three electrical stimulation techniques for rehabilitation after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018;33(7):2330-7.
16. Jennifer E. Stevens-Lapsley, Balter JE, Wolfe P, Donald G. Eckhoff, Kohrt WM. Early neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps muscle strength after total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *J Am Physical Therapy Assoc.* 2012;92:210-26.
17. Bistolfi A, Zanovello J, Ferracini R, Fabrizio Allisiardi, Lioce E, Magistroni E, et al. Evaluation of the effectiveness of neuromuscular electrical stimulation after total knee arthroplasty: A meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2018;97(2):123-30.
18. Bade MJ, Stevens-Lapsley JE. Restoration of physical function in patients following total knee arthroplasty: An update rehabilitation practices. *Rehabilitat Med in Rheumatic Dis.* 2012;2:208-14.
19. Bade MJ, Kohrt WM, StevenS-LapSley Je. Outcomes before and after total knee arthroplasty compared to healthy adults. *J Orthopaed Sports Physical Ther.* 2010;40(9):559-67.
20. Christensen JC, Paxton RJ, Baym C, Forster JE, Dayton MR, Hogan CA, et al. Benefits of direct patient discharge to outpatient physical therapy after total knee arthroplasty. *Disability and Rehabilitation.* 2019;7:1-7.
21. Snell DL, Hipango J, Sinnott KA, Dunn JA, Rothwell A, Hsieh CJ, et al. Rehabilitation after total joint replacement: A scoping study. *Disabil Rehabil.* 2018;40(14):1718-31