



## Fasilitasi Neuromuskular Proprioceptive (PNF): Mekanisme dan Efeknya pada Rentang Gerak dan Fungsi Otot

oleh

*Kayla B. Hindle<sup>1</sup>, Tyler J. Whitcomb<sup>1</sup>, Wyatt O. Briggs<sup>1</sup>, Junggi Hong<sup>1</sup>*

Fasilitasi neuromuskular proprioceptif (PNF) adalah praktik umum untuk meningkatkan rentang gerak, meskipun sedikit penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi teori di baliknya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji kemungkinan mekanisme, teori yang diajukan, dan perubahan fisiologis yang terjadi akibat teknik fasilitasi neuromuskular proprioceptif. Empat mekanisme teoritis diidentifikasi: penghambatan autogenik, penghambatan timbal balik, relaksasi stres, dan teori kontrol gerbang. Studi menunjukkan bahwa kombinasi dari keempat mekanisme ini meningkatkan jangkauan gerak. Ketika selesai sebelum latihan, fasilitasi neuromuskular proprioceptif menurunkan kinerja dalam latihan upaya maksimal. Ketika teknik peregangan ini dilakukan secara konsisten dan setelah latihan, itu meningkatkan kinerja atletik, bersama dengan rentang gerak. Sedikit penyelidikan telah dilakukan mengenai mekanisme teoritis fasilitasi neuromuskular proprioceptif, meskipun empat mekanisme diidentifikasi dari literatur. Seperti yang dinyatakan, tujuan utama dari fasilitasi neuromuskular proprioceptif adalah untuk meningkatkan jangkauan gerak dan kinerja. Studi menemukan kedua hal ini benar ketika diselesaikan di bawah kondisi yang benar. Mekanisme ini ditemukan masuk akal; namun, penyelidikan lebih lanjut perlu dilakukan. Keempat mekanisme di balik teknik peregangan menjelaskan alasan di balik peningkatan rentang gerak, serta kekuatan dan kinerja atletik. Fasilitasi neuromuskular proprioceptif menunjukkan manfaat potensial jika dilakukan dengan benar dan konsisten, meskipun empat mekanisme diidentifikasi dari literatur. Seperti yang dinyatakan, tujuan utama dari fasilitasi neuromuskular proprioceptif adalah untuk meningkatkan jangkauan gerak dan kinerja. Studi menemukan kedua hal ini benar ketika diselesaikan di bawah kondisi yang benar. Mekanisme ini ditemukan masuk akal; namun, penyelidikan lebih lanjut perlu dilakukan. Keempat mekanisme di balik teknik peregangan menjelaskan alasan di balik peningkatan rentang gerak, serta kekuatan dan kinerja atletik. Fasilitasi neuromuskular proprioceptif menunjukkan manfaat potensial jika dilakukan dengan benar dan konsisten, meskipun empat mekanisme diidentifikasi dari literatur. Seperti yang dinyatakan, tujuan utama dari fasilitasi neuromuskular proprioceptif adalah untuk meningkatkan jangkauan gerak dan kinerja. Studi menemukan kedua hal ini benar ketika diselesaikan di bawah kondisi yang benar. Mekanisme ini ditemukan masuk akal; namun, penyelidikan lebih lanjut perlu dilakukan. Keempat mekanisme di balik teknik peregangan menjelaskan alasan di balik peningkatan rentang gerak, serta kekuatan dan kinerja atletik. Fasilitasi neuromuskular proprioceptif menunjukkan manfaat potensial jika dilakukan dengan benar dan konsisten. Studi menemukan kedua hal ini benar ketika diselesaikan di bawah kondisi yang benar. Mekanisme ini ditemukan masuk akal; namun, penyelidikan lebih lanjut perlu dilakukan. Keempat mekanisme di balik teknik peregangan menjelaskan alasan di balik peningkatan rentang gerak, serta kekuatan dan kinerja atletik. Fasilitasi neuromuskular proprioceptif menunjukkan manfaat potensial jika dilakukan dengan benar dan konsisten.

**Kata kunci:** kinerja atletik, perbedaan jenis kelamin, perbedaan usia, peregangan

### **pengantar**

#### Neuromuskular proprioceptif

Fasilitasi (PNF) adalah teknik peregangan yang digunakan untuk meningkatkan elastisitas otot dan telah terbukti memiliki efek positif pada rentang gerak aktif dan pasif (Funk et al., 2003; Lucas dan Koslow, 1984; Wallin et al., 1985). Penelitian terbaru telah difokuskan pada kemanjuran intervensi pada ukuran hasil tertentu, seperti rentang gerak pasif (PROM), rentang gerak aktif (AROM), torsi puncak dan kekuatan otot. Ulasan ini penting untuk membenarkan penggunaannya dalam pengaturan terapeutik dan atletik untuk merehabilitasi cedera dengan:

mendapatkan AROM dan PROM atau meningkatkan kinerja. Dalam pengaturan klinis, PNF sudah digunakan oleh terapis untuk memulihkan rentang gerak fungsional (ROM) dan meningkatkan kekuatan pada pasien yang mengalami kerusakan jaringan lunak atau menerima operasi invasif.

Saat ini, penelitian telah membuktikan bahwa teknik PNF memang meningkatkan ROM (Funk et al., 2003; Lucas dan Koslow, 1984; Wallin et al., 1985). Dua teknik terlihat dalam literatur lebih sering daripada yang lain, metode contract-relax (CR) dan metode contract-relax-antagonis-contract (CRAC) dari PNF. Metode CR termasuk otot target (TM) yang diperpanjang dan ditahan

<sup>1</sup>. Departemen Ilmu Latihan, Universitas Willamette, Salem, Oregon, AS.

dalam posisi itu sementara peserta mengontrak TM secara maksimal secara isometrik untuk jangka waktu yang ditentukan. Ini diikuti oleh relaksasi TM yang lebih pendek yang biasanya termasuk peregangan pasif (Etnyre dan Abraham, 1986). Metode CRAC mengikuti prosedur yang sama persis dengan metode CR, tetapi dilanjutkan lebih jauh. Alih-alih hanya secara pasif meregangkan TM, peserta mengontraksikan otot antagonis ke TM untuk periode waktu yang ditentukan (Etnyre dan Abraham, 1986). PNF juga telah ditemukan untuk meningkatkan kinerja otot ketika dilakukan sehubungan dengan latihan. Jika dilakukan sebelum berolahraga, justru akan menurunkan performa otot; namun, penelitian telah menunjukkan bahwa jika PNF dilakukan baik setelah atau tanpa olahraga, hal itu meningkatkan kinerja otot (Bradley et al., 2007; Marek et al., 2005; Mikolajec et al., 2012; Nelson et al., 1986). Untuk mempertahankan peningkatan ini, baik untuk ROM dan otot kinerja, perlu untuk melakukan setidaknya dua set PNF setiap minggu.

Penelitian di balik peregangan relatif tidak meyakinkan dalam memeriksa efek peregangan statis (SS), peregangan balistik (BS), dan peregangan PNF pada ukuran hasil, seperti pencegahan cedera dan kinerja atletik. Satu-satunya perbedaan yang dicatat antara tiga protokol peregangan adalah kemampuan PNF untuk menyebabkan peningkatan yang lebih besar dalam ROM subjek, baik aktif maupun pasif (Funk et al., 2003; Lucas dan Koslow, 1984; Wallin et al., 1985; Etnyre dan Lee, 1988; Feland et al., 2001). Hampir tidak ada mekanisme fisiologis yang mengarah pada peningkatan ROM yang diusulkan dalam literatur. Empat mekanisme teoritis yang dibahas dalam literatur akan dibahas lebih lanjut dalam ulasan ini. Keempat mekanisme tersebut adalah: penghambatan autogenik, penghambatan timbal balik, relaksasi stres, dan teori kontrol gerbang (semuanya memberikan cara potensial bagi PNF untuk meningkatkan ROM) (Sharman et al., 2006; Rowlands et al., 2003). PNF telah dibandingkan dengan metode peregangan tradisional (SS dan BS) dalam hal ROM, kinerja atletik, dan output daya (Funk et al., 2003; Lucas dan Koslow, 1984; Etnyre dan Lee, 1988; Feland et al., 2001). Namun, efeknya pada fungsi otot kurang jelas, karena menurunkan fungsi otot saat dilakukan sebelum latihan namun meningkat saat dilakukan sesudahnya (Bradley et al., 2007; Marek et al., 2005; Feland et al., 2001). Namun, efeknya pada fungsi otot kurang jelas, karena menurunkan fungsi otot saat dilakukan sebelum latihan namun meningkat saat dilakukan sesudahnya (Bradley et al., 2007; Marek et al., 2005; Feland et al., 2001). Namun, efeknya pada fungsi otot kurang jelas, karena menurunkan fungsi otot saat dilakukan sebelum latihan namun meningkat saat dilakukan sesudahnya (Bradley et al., 2007; Marek et al., 2005;

Mikolajec dkk., 2012; Nelson et al., 1986). Efek pada fungsi otot dibahas dalam makalah ulasan ini. Faktor lain yang dapat mempengaruhi efek yang diinginkan dari PNF meliputi, usia dan jenis kelamin orang yang melakukan PNF, durasi kontraksi, otot-otot tertentu yang diregangkan, teknik yang digunakan (CR atau CRAC), dan persentase kontraksi isometrik sukarela maksimal (MVIC)

dilakukan. Hanya beberapa penelitian yang ditemukan membahas faktor-faktor lain ini (Etnyre dan Lee, 1988; Feland et al., 2001; Feland dan Marin, 2004; Rowlands et al., 2003). Studi-studi ini dibahas secara singkat dalam makalah ini, tetapi penelitian lebih lanjut tentang mengapa faktor-faktor ini mempengaruhi hasil PNF diperlukan untuk memberikan informasi yang lebih berguna untuk penggunaan PNF sebagai teknik rehabilitasi dalam pengaturan klinis.

Untuk merawat pasien secara akurat dan efektif, terapis dan pelatih menggunakan Evidence Based Sports Medicine, di mana protokol rehabilitasi dirancang menggunakan teknik yang divalidasi melalui penelitian ilmiah dan dipahami secara menyeluruh oleh komunitas ilmiah. Meski begitu, PNF digunakan secara konsisten tanpa pemahaman tentang elemen dasar cara kerjanya (walaupun penelitian telah menyelidiki efektivitas teknik PNF dan membandingkannya dengan bentuk peregangan lainnya.) Meskipun, hasil penelitian yang digunakan dalam ulasan ini konklusif ketika membahas perubahan dalam ROM dan kinerja otot, literatur tidak membahas mekanisme teoritis di balik PNF. Jika studi yang digunakan memang menyebutkan mekanisme teoritis, diskusinya singkat. Beberapa penelitian bahkan menyebutkan yang mendasarinya mekanisme yang menyebabkan perubahan fisiologis dalam tubuh sebagai akibat dari PNF. Hanya satu studi yang memberikan upaya untuk mengevaluasi teori di balik peregangan PNF. Dengan demikian, belum ada tinjauan sistemik sebelumnya yang secara intensif meneliti teori yang diusulkan dan perubahan fisiologis yang terjadi selama peregangan PNF yang akan menghasilkan perubahan kinerja ukuran hasil tertentu di balik peregangan PNF (Sharman et al., 2006). Oleh karena itu, tinjauan sistematis ini bertujuan untuk memecah literatur seputar fisiologis mekanisme dan adaptasi yang terjadi selama peregangan PNF untuk memberikan landasan di mana penerapan teknik ini akan

divalidasi, bersama dengan menggambarkan PNF sebagai sarana untuk mendapatkan lebih banyak ROM dan membantu mengembangkan kekuatan dan kinerja otot (Nelson et al., 1986).

### **Mekanisme Teoritis**

Empat teoretis fisiologis mekanisme untuk meningkatkan ROM teridentifikasi: penghambatan autogenik, penghambatan timbal balik, relaksasi stres, dan teori kontrol gerbang (Sharman et al., 2006; Rowlands et al., 2003). Masing-masing mekanisme teoritis ini adalah refleks yang terjadi ketika organ tendon Golgi (GTO) di tendon TM, atau di otot antagonis TM, mendeteksi rangsangan berbahaya (seperti sensasi peregangan atau selama kontraksi). Setiap teori dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa peningkatan ROM selama metode CR dan CRAC dari PNF yang dibahas dalam makalah ini dapat terjadi.

#### **Penghambatan autogenik**

Inhibisi autogenik adalah apa yang terjadi pada otot yang berkontraksi atau meregang berupa penurunan eksitabilitas karena sinyal penghambatan yang dikirim dari GTO otot yang sama (Sharman et al., 2006). Ketegangan ini menyebabkan aktivasi serat aferen Ib di dalam GTO. Serat aferen mengirim sinyal ke sumsum tulang belakang di mana stimulus menyebabkan aktivasi interneuron penghambat di dalam sumsum tulang belakang. Interneuron ini menempatkan stimulus penghambatan pada motoneuron alfa, menurunkan rangsangan saraf dan menurunkan penggerak motor eferen otot (Sharman et al., 2006). Diteorikan bahwa refleks ini terjadi ketika tubuh berusaha menyebarkan beban kerja secara merata ke seluruh unit motorik di dalam otot, membantu perekrutan asinkron tubuh dalam mencegah unit motorik tertentu dari kelelahan.

Penghambatan autogenik bergantung pada mekanisme pengaturan diri tubuh dari GTO untuk melindungi struktur. Namun, dalam kasus peregangan CR dan CRAC PNF, kontraksi TM selama peregangan dan kontraksi otot antagonis (CRAC) memanfaatkan mekanisme ini untuk mengurangi ketegangan otot, memungkinkan pemanjangan serat otot. Hal ini memungkinkan metode CRAC dari peregangan PNF untuk mengambil keuntungan dari sifat viskoelastik dari

unit musclotendious, memungkinkan otot untuk "merayap" dan memanjang, sehingga meningkatkan ROM subjek. Meskipun, ada ketidakpastian mengenai seberapa banyak bagian yang dimainkan GTO dalam peregangan PNF, dan peningkatan jangka panjang terlihat pada subjek sebagai hasilnya (Sharman et al., 2006). Penelitian telah menunjukkan bahwa GTO memiliki peran utama dalam penghambatan serat otot, tetapi durasi, dan bahkan aktivasi penghambatan ini, dipertanyakan. Penelitian telah menunjukkan bahwa setelah kontraksi, aktivasi neuron penghambat GTO rendah atau tidak ada, menunjukkan bahwa sinyal penghambatan GTO lemah setelah kontraksi (Laporte dan Lloyd, 1952). Perhatikan bahwa aktivasi otot biasanya menunjukkan gerakan atau latihan, dalam hal ini penghambatan otot akan menjadi kontraproduktif. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan pada aktivasi otot selama peregangan PNF dan mengenai durasi penghambatan otot setelah peregangan PNF, sebelum kesimpulan dapat dibuat.

#### **Penghambatan Timbal Balik**

Inhibisi timbal balik adalah apa yang terjadi di TM ketika otot lawan berkontraksi secara sukarela dalam bentuk penurunan aktivitas saraf di TM (Sharman, 2006). Ini terjadi ketika otot lawan berkontraksi untuk memaksimalkan kekuatan kontraksinya, dalam hal ini TM berelaksasi. Relaksasi TM ini adalah hasil dari penurunan aktivitas saraf, dan peningkatan penghambatan struktur proprioseptif di TM (Rowlands et al., 2003). Penghambatan aktivitas listrik di TM yang diregangkan terjadi karena kelanjutan penembakan neuron di TM, kontraksi otot antagonis akan dilawan dan dikurangi oleh kekuatan TM yang terus menerima sinyal untuk berkontraksi. Pada tingkat tulang belakang, serat aferen Ia memasuki sumsum tulang belakang dan mengeluarkan cabang kolateral yang berinteraksi dengan interneuron di tulang belakang, yang kemudian mengirim sinyal ke alpha-motoneuron di GTO dari TM. Efek dari koneksi ini adalah penghambatan dan menyebabkan relaksasi TM (The Nervous Statement, 2003; Sharman et al., 2006).

Mekanisme PNF yang dimaksud di atas, adalah cara kerja TM dan otot antagonisnya. Ketika satu berkontraksi, yang lain rileks dan dengan demikian terhambat untuk mencegah otot bekerja melawan satu sama lain (Neuroscience Online, 2011). Ini berpotensi menjelaskan sebagian dari apa yang terjadi

selama metode metode PNF. Pada otot CRAC, kontrak CRAC di Bagian "kontraksi-antagonis" dari teknik ini, menyebabkan refleksi ini dan menghambat TM. Penghambatan TM ini, bersama dengan pemendekan kontraksi otot antagonis, memungkinkan serat otot TM memanjang lebih jauh, menciptakan kekuatan peregangan yang lebih besar untuk TM dan menghasilkan pengaruh penghambatan yang lebih besar pada TM (Etnyre dan Abraham, 1986; Sharman et al., 2006). Interneuron yang menginervasi alfamotoneuron, yang bersinaps ke TM, menyebabkan aktivitas saraf di TM menurun dan menyebabkan lebih banyak peregangan TM (Rowlands et al., 2003). Penelitian lebih lanjut tentang berapa lama refleksi ini mempengaruhi TM perlu dilakukan untuk membuktikan penghambatan timbal balik berada di balik efek peregangan PNF.

### **Relaksasi stres**

Relaksasi stres adalah apa yang terjadi ketika unit musculetendinous (MTU), yang melibatkan otot dan tendon yang terhubung, berada di bawah tekanan konstan (Sharman et al., 2006). Otot dan tendon memiliki sifat viskoelastik di mana mereka menunjukkan karakteristik bahan kental dan elastis. Bahan viskoelastik menahan aliran geser dan regangan secara linier ketika tegangan diterapkan dan kembali ke bentuk semula setelah tegangan dihilangkan dari MTU. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, ketika MTU jatuh di bawah peregangan konstan, sebuah fenomena yang dikenal sebagai "relaksasi stres" terjadi. Ini mengurangi gaya yang dihasilkan oleh bahan kental ketika menolak stimulus perpanjangan yang menyebabkan peregangan dalam MTU. Karena bahan kental kehilangan kemampuannya untuk menahan peregangan dari waktu ke waktu, MTU perlahan-lahan bertambah panjang, properti yang disebut sebagai "creep" dari MTU (Sharman et al., 2006). Ada batasan seberapa jauh otot dapat "merangkak", karena semakin lama MTU didapat, semakin tinggi torsi pasif (ketahanan MTU terhadap peregangan) dan kekakuan otot menjadi (Sharman et al., 2006). Padahal, saat peregangan ditahan, relaksasi stres terjadi dan terjadi penurunan torsi pasif dan kekakuan otot yang berlangsung dalam waktu singkat (Sharman et al., 2006). Ini adalah mekanisme pelindung untuk mencegah robeknya otot dan menjaga hubungan yang sehat antara unit kontraktif sarkomer otot. Ketika metode CR digunakan dalam peregangan PNF, semakin tinggi torsi pasif (resistensi MTU terhadap peregangan) dan kekakuan otot menjadi (Sharman et al., 2006). Padahal, saat peregangan ditahan, relaksasi stres terjadi dan terjadi penurunan torsi pasif dan kekakuan otot yang berlangsung dalam waktu singkat (Sharman et al., 2006). Ini adalah mekanisme pelindung untuk mencegah robeknya otot dan menjaga hubungan yang sehat antara unit kontraktif sarkomer otot. Ketika metode CR digunakan dalam peregangan PNF, ini adalah mekanisme pelindung untuk mencegah robeknya otot dan menjaga hubungan yang sehat antara unit kontraktif sarkomer otot. Ketika metode CR digunakan dalam peregangan PNF, ini adalah mekanisme pelindung untuk mencegah robeknya otot dan menjaga hubungan yang sehat antara unit kontraktif sarkomer otot. Ketika metode CR digunakan dalam peregangan PNF,

kontraksi TM meningkatkan tegangan tarik pada MTU, mendorong "merayap" serat otot ketika dalam orientasi memanjang. Ini mirip dengan metode CRAC, kecuali fakta bahwa kontraksi otot antagonis memberikan lebih banyak gaya tarik pada TM.

Dari empat teori, sifat pasif MTU paling dapat diterapkan di setiap teori, karena sifat viskoelastik dari jaringan otot itu sendiri memungkinkan otot untuk diregangkan dan memanjang sebagai akibat dari sinyal penghambatan, tanpa kerusakan substansial pada otot. jaringan selama peregangan. Agar terjadi peningkatan ROM dan fleksibilitas, perlu ada adaptasi dalam otot. Fenomena relaksasi stres bahan viskoelastik memungkinkan bahan untuk "merangkak" dan perlahan memanjang dari waktu ke waktu, tetapi penelitian telah menunjukkan bahwa perubahan torsi pasif di dalam otot yang memungkinkan pemanjangan. Biasanya berumur pendek, berlangsung dari 80 detik sampai satu jam setelah peregangan PNF (Magnusson et al., 1996). Jadi,

### **Teori Kontrol Gerbang**

Teori kontrol gerbang adalah apa yang terjadi ketika dua jenis rangsangan, seperti rasa sakit dan tekanan, mengaktifkan reseptor masing-masing pada saat yang sama (Mazzullo, 1978). Reseptor nyeri perifer terhubung ke serat aferen yang tidak bermielin atau kecil, sedangkan reseptor tekanan terhubung ke serat saraf aferen bermielin yang lebih besar. Setiap jenis serat aferen terhubung ke interneuron yang sama di tulang belakang, dan karena serat aferen tekanan lebih besar dan bermielin, sinyal tekanan sampai ke tulang belakang sebelum sinyal nyeri terjadi ketika mereka dirangsang secara bersamaan (Mazzullo, 1978). Penghambatan sinyal nyeri terjadi di kornu dorsalis ketika serat besar mengirimkan sinyal (Melzack, 1993). Pada CR dan CRAC, ketika otot diregangkan melampaui ROM aktifnya, peserta kemudian disuruh melawan peregangan ini, dan kemudian TM diregangkan lebih jauh. Sebuah kekuatan besar dan peregangan dihasilkan di otot memanjang ketika peserta menolak

meregang. Kekuatan besar ini dirasakan sebagai rangsangan berbahaya, dan dipandang sebagai berpotensi merusak, yang mengundang GTO untuk mengaktifkan dalam upaya untuk menghambat kekuatan dan mencegah cedera. Karena proses ini diulangi dengan protokol yang konsisten, nosisepsi, atau penyebab jumlah penghambatan GTO, berkurang karena menjadi lebih terbiasa dengan peningkatan panjang otot dan tendon, serta peningkatan kekuatan. GTO beradaptasi dan mengurangi penghambatan, memungkinkan otot menghasilkan kekuatan yang lebih besar; namun, ini dapat meningkatkan risiko cedera. Dengan bertambahnya panjang otot muncul kemampuan untuk menghasilkan kekuatan yang lebih besar karena hubungan panjang-tegangan. Dengan peningkatan ROM, dan penurunan penghambatan GTO, otot mungkin dapat meningkatkan kekuatan dan produksi kekuatannya.

Dalam peregangan CR dan CRAC PNF, teori kontrol gerbang adalah mekanisme yang masuk akal dalam mendapatkan manfaat dari teknik ini. Teori kontrol gerbang berpendapat bahwa ketika otot diregangkan dengan kuat, melewati ROM alaminya, GTO diaktifkan dalam upaya mengurangi cedera. Dalam peregangan PNF, tidak hanya otot dan tendon yang diregangkan, mereka juga berkontraksi pada panjang yang memanjang ini, mengurangi nosiseptif, atau rasa sakit yang dirasakan yang menyebabkan penghambatan, yang dihasilkan oleh GTO. GTO beradaptasi dengan peningkatan panjang dan ambang kekuatan, yang memungkinkan produksi kekuatan yang lebih besar. Beberapa bukti menunjukkan bahwa GTO tidak berperan dalam merasakan kekuatan atau menghambatnya (Chalmers, 2002). Jika benar, teori kontrol gerbang akan didiskreditkan, namun penyelidikan lebih lanjut diperlukan untuk membuktikan atau menyangkal teori ini.

### **Efek PNF**

PNF adalah teknik peregangan yang digunakan untuk meningkatkan ROM dan fleksibilitas. PNF meningkatkan ROM dengan meningkatkan panjang otot dan meningkatkan efisiensi neuromuskular. PNF peregangan telah ditemukan untuk meningkatkan ROM pada individu yang terlatih, maupun yang tidak terlatih. Efek dapat bertahan 90 menit atau lebih setelah peregangan selesai (Funk et al., 2003). Durasi efek ini dapat bervariasi karena berbagai hal, seperti perubahan persentase MVIC yang diminta dan durasi kontraksi TM selama peregangan PNF (Feland dan Marin, 2004; Rowlands et al., 2003). Peregangan PNF biasanya dilakukan dengan MVIC 100%, yang mungkin dapat menyebabkan kontraksi

cedera yang diinduksi dan/atau nyeri otot. Persentase MVIC yang lebih rendah dapat mengurangi risiko ini (Feland dan Marin, 2004). Kontraksi ini terbukti menghasilkan efek yang lebih baik bila ditahan total 3-10 detik, sedangkan enam detik lebih disukai (Feland dan Marin, 2004). Penting untuk mengetahui mengapa enam detik lebih disukai dan apakah ada manfaat dari kontraksi yang lebih lama atau lebih pendek. Ada juga perbedaan nyata dalam ROM sebagai akibat dari PNF yang ditemukan antara jenis kelamin dan kelompok usia (Etnyre dan Lee, 1988; Feland et al., 2001). Ada peningkatan ROM dan fleksibilitas yang ditemukan pada setiap varian, tetapi pada tingkat yang berbeda. Literatur yang melihat masing-masing variasi peregangan PNF ini, dan hanya peregangan PNF pada ROM, dibahas lebih lanjut. Meskipun ada banyak literatur yang hanya melihat perubahan ROM dari waktu ke waktu, atau setelah satu kali peregangan PNF, ada jumlah terbatas yang ditemukan mengenai efek variasi pada ROM. Hal ini juga berlaku dalam hal efek PNF pada kinerja atletik dan kekuatan otot. Performa atletik umumnya ditemukan menurun ketika peregangan PNF dilakukan sebelum latihan, dan meningkat ketika dilakukan tanpa latihan, atau setelah latihan selesai (Marek et al., 2005; Mikolajec et al., 2012; Nelson et al., 1986). Secara umum kekuatan otot juga telah terbukti meningkat karena PNF (Nelson et al., 1986). Kedua efek PNF ini juga akan dibahas. Performa atletik umumnya ditemukan menurun ketika peregangan PNF dilakukan sebelum latihan, dan meningkat ketika dilakukan tanpa latihan, atau setelah latihan selesai (Marek et al., 2005; Mikolajec et al., 2012; Nelson et al., 1986). Secara umum kekuatan otot juga telah terbukti meningkat karena PNF (Nelson et al., 1986). Kedua efek PNF ini juga akan dibahas.

### **Efek pada Fungsi Otot**

Peregangan telah lama dipandang bermanfaat untuk meningkatkan kinerja dan mengurangi risiko cedera selama latihan, serta meningkatkan ROM dan fungsi setelah cedera (McCarthy et al., 1997). Peregangan PNF sebelum latihan telah ditemukan untuk menurunkan kinerja ketika upaya otot maksimal diperlukan seperti selama sprint, plyometrics, pemotongan, angkat berat dan latihan intensitas tinggi lainnya (Bradley et al., 2007; Mikolajec et al., 2012). Marek dkk. (2005) menunjukkan penurunan kekuatan, output daya dan aktivasi otot. Studi serupa telah menunjukkan penurunan yang signifikan dalam tinggi dan kekuatan lompatan vertikal, serta penurunan waktu reaksi tanah dan tinggi lompatan, dalam lompatan jatuh setelah peregangan PNF (Bradley et al., 2007; Mikolajec et al., 2012).

Meskipun PNF dapat menurunkan kinerja dalam latihan intensitas tinggi, telah ditemukan untuk

meningkatkan kinerja dalam latihan submaksimal seperti jogging. Caplan dkk. (2009) menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam laju langkah dan panjang langkah setelah protokol peregangan PNF selama lima minggu pada 18 pemain rugby profesional. Nelson dkk. (1986) menunjukkan peregangan PNF memiliki efektivitas yang sama dengan latihan beban dalam meningkatkan kekuatan otot; Namun, peningkatan yang signifikan dalam kinerja atletik pada wanita yang tidak terlatih juga ditentukan. Lompatan vertikal dan jarak lempar meningkat lebih dari dua kali lipat pada kelompok peregangan PNF dibandingkan dengan kelompok latihan beban. Kelompok PNF menyelesaikan peregangan dua kali seminggu selama delapan minggu. Setiap sesi terdiri dari tiga set enam melawan kekuatan maksimal pada kedua ekstremitas bawah dan atas. Studi ini menyimpulkan bahwa PNF dapat meningkatkan produksi kekuatan serta gerakan fungsional pada individu yang tidak terlatih.

Peregangan PNF telah terbukti menurunkan kekuatan dan tenaga bila dilakukan sebelum latihan intensitas tinggi dan upaya maksimal, seperti melompat, plyometrics, berlari, memotong, dan gerakan serupa lainnya. Efek ini dapat bertahan lebih lama dari sembilan puluh menit. PNF efektif jika diselesaikan setelah berolahraga dan dilakukan setidaknya dua kali seminggu untuk memastikan ROM yang bertahan lama dan efek menguntungkan yang berkelanjutan. Ketika dilakukan sebelum berolahraga, PNF telah terbukti menurunkan kekuatan otot, power, aktivitas EMG, ketinggian lompatan vertikal, dan waktu reaksi tanah (Bradley et al., 2007; Marek et al., 2005; Mikolajec et al., 2012). Ini mungkin karena otot-otot diregangkan terlalu jauh di luar kapasitasnya, menyebabkan penghambatan setelah peregangan. Namun, PNF telah terbukti bermanfaat untuk latihan submaksimal seperti jogging. Peningkatan panjang langkah, frekuensi, dan ROM dicatat oleh Caplan et al. (2009) pada 18 pemain rugby profesional yang melakukan jogging dengan usaha maksimal 80% selama periode lima minggu. Nelson dkk. (2005) menemukan PNF bahkan lebih bermanfaat daripada latihan kekuatan dalam meningkatkan kekuatan dan kinerja atletik pada individu yang tidak terlatih selama periode 8 minggu; kekuatan otot, kekuatan, dan ROM meningkat selama protokol. Karena itu, Peregangan PNF harus diselesaikan setelah latihan setidaknya dua kali seminggu untuk meningkatkan ROM dan menginduksi peningkatan kekuatan otot, kekuatan, dan kinerja atletik. Latihan PNF yang dilakukan sebelum latihan akan mengurangi kinerja untuk jangka pendek (90 menit), namun dalam jangka panjang

efek istilah mungkin serupa (Funk et al., 2003).

#### **Efek pada ROM**

Funk dkk. (2003) menilai kemanjuran peregangan PNF versus peregangan statis pada fleksibilitas hamstring yang dilakukan dengan atau tanpa latihan dalam penelitian terhadap 40 atlet mahasiswa sarjana. Setiap metode peregangan dilakukan selama lima menit setelah 60 menit latihan atau tanpa latihan. Hasilnya menunjukkan bahwa mereka yang berolahraga dan menerima peregangan PNF mengalami lebih banyak peningkatan fleksibilitas bila dibandingkan dengan kelompok baseline dan kelompok tanpa olahraga dan PNF. Namun, tidak ada perbedaan yang diamati pada kelompok peregangan statis (dasar, dengan latihan, dan tanpa latihan).

Lucas dan Koslow (1984) merekrut 63 wanita perguruan tinggi untuk studi tujuh minggu mereka di mana mereka meneliti efek dari tiga metode peregangan pada otot hamstring dan gastrocnemius. Ketiga teknik peregangan tersebut antara lain statis, dinamis, dan metode CR PNF. Setiap subjek ditugaskan ke salah satu dari tiga kelompok perlakuan dan menerima tiga perawatan seminggu. Tiga tes pengukuran ROM dilakukan pada semua mata pelajaran; sebelum perawatan dimulai, setelah 11 putaran perawatan, dan setelah semua 21 putaran perawatan selesai. Masing-masing perawatan ditemukan menghasilkan perbaikan yang signifikan ketika: membandingkan tes awal dengan tes akhir. Ternyata semakin lama waktu perlakuan, semakin tidak nyata perbedaan hasil antara ketiga perlakuan.

Wallin dkk. (1985) melakukan penelitian pada 47 subjek laki-laki yang secara acak dibagi menjadi empat kelompok perlakuan. Keempat kelompok ini mewakili masing-masing kelompok TM yang diregangkan; gastrocnemius, dorsiflexors pergelangan kaki, adduktor pinggul, atau paha belakang. Kelompok gastrocnemius, hamstring, dan adduktor menerima 14 serangan pengobatan metode CR dari PNF, sedangkan kelompok dorsiflexor pergelangan kaki menerima metode BS. Kelompok dorsiflexor pergelangan kaki dialihkan ke metode CR sesudahnya. Fleksibilitas lebih meningkat dengan metode CR dibandingkan dengan metode BS untuk kelompok ini.

Etnyre dan Lee (1988) menilai 74 subjek, 49 pria dan 25 wanita, untuk membandingkan perubahan fleksi pinggul dan ekstensi bahu antara pria dan wanita melalui SS,

CR, dan teknik peregangan CRAC, selama 12 minggu. Pengukuran ROM diperoleh dari semua subjek sebelum pengobatan dimulai dan dilakukan setiap tiga minggu sekali sampai akhir penelitian. Peningkatan ROM yang signifikan terlihat di seluruh kelompok perlakuan, tetapi ditemukan bahwa teknik PNF lebih efektif daripada metode SS untuk fleksi pinggul dan ekstensi bahu.

Wanita umumnya memulai dengan ROM yang lebih besar di kedua gerakan yang dipelajari, meskipun hasilnya membuktikan bahwa peningkatan yang dilakukan pria dan wanita tidak berbeda secara signifikan jika dibandingkan satu sama lain. Namun, menurut hasil, pria memiliki peningkatan yang lebih besar dengan metode CRAC daripada yang mereka lakukan dengan metode CR. Wanita berbeda dari pria dalam hal mereka tidak memiliki perbedaan peningkatan ROM yang sangat signifikan antara kedua metode PNF pada kedua sendi.

Feland dkk. (2001) menyelidiki 97 atlet lansia yang dipilih secara acak untuk mempelajari perubahan fleksibilitas paha belakang setelah peregangan sebelum berolahraga pada populasi lansia. Subyek ditugaskan ke salah satu dari tiga kelompok: kontrol, metode CR, atau metode SS. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok perlakuan SS dan CR yang ditemukan, meskipun perbedaan yang ditentukan lebih jelas pada pria dibandingkan dengan wanita. Perbedaan antara jenis kelamin ini bahkan lebih menonjol di antara subjek yang lebih muda. Ternyata, usia mempengaruhi keuntungan fleksibilitas dalam metode CR. Seiring bertambahnya usia, jaringan lunak yang biasanya dipengaruhi oleh metode PNF dan menerima penghambatan saraf yang dihasilkan oleh PNF untuk mengurangi aktivitas refleksi dan meningkatkan relaksasi, yang mengarah ke ROM yang lebih besar, berubah. Matriks jaringan lunak cenderung kehilangan elastisitas dan kekuatannya, dan miofibril digantikan oleh jaringan ikat. Perubahan ini menyebabkan otot yang lebih tua lebih rentan terhadap cedera akibat kontraksi (Feland et al., 2001).

Feland dan Marin (2004) menilai 72 subjek untuk menentukan apakah kontraksi submaksimal selama metode CR PNF pada hamstring akan menghasilkan keuntungan fleksibilitas yang sebanding dengan MVIC. 60 subjek secara acak dimasukkan ke dalam salah satu dari tiga kelompok perlakuan, yang meliputi 20% MVIC, 60% MVIC, dan 100% MVIC, sedangkan 12 sisanya dimasukkan ke dalam kontrol.

kelompok. Setiap subjek dalam tiga kelompok pertama melakukan peregangan metode CR tiga enam detik, semua pada intensitasnya masing-masing, dengan jeda 10 detik di antara setiap kontraksi selama lima hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontraksi pada 20% dan 60% MVIC sama efektifnya dengan 100% MVIC selama metode CR PNF karena semuanya meningkatkan fleksibilitas.

Rowland dkk. (2003) merekrut 43 subjek untuk menyelidiki pengaruh berbagai durasi kontraksi selama peregangan PNF pada peningkatan ROM fleksi di pinggul. Setiap subjek ditugaskan ke salah satu dari tiga kelompok. Kelompok-kelompok ini termasuk isometrik lima detik kontraksi, kontraksi isometrik sepuluh detik, dan kontrol. Kedua kelompok perlakuan melakukan metode CRAC PNF dua kali per minggu, selama enam minggu total, dengan setidaknya 24 jam antara dua perawatan mingguan. Mereka melakukan pemanasan lima menit, SS lima menit, dan kemudian dua jenis metode CRAC PNF peregangan masing-masing tiga kali. Untuk kedua metode, subjek menahan kontraksi isometrik paha belakang untuk waktu masing-masing. Peningkatan yang signifikan dicatat untuk kedua kelompok perlakuan setelah tiga minggu dan enam perawatan metode CRAC PNF. Bahkan lebih banyak perbaikan ditemukan setelah enam minggu dan dua belas perawatan. Ditentukan bahwa waktu peregangan yang lebih lama menghasilkan peningkatan ROM fleksi yang lebih besar untuk subjek.

Hasil dari tujuh studi yang membahas ROM (436 subjek) menyiratkan bahwa PNF, baik metode CR dan CRAC, meningkatkan ROM dan fleksibilitas di semua subjek pada persentase MVIC berapa pun. Peningkatan lebih signifikan ketika metode PNF dilakukan setelah berolahraga, dan semakin lama kontraksi ditahan dengan mengurangi aktivitas kontraktil (Bonnar et al., 2004; Magnusson, 1998). Namun, peningkatan fleksibilitas dan ROM ini tidak permanen. Efeknya ditemukan hanya bertahan enam menit setelah protokol peregangan berakhir (Spernoga et al., 2011). Untuk mempertahankannya, melakukan PNF dalam jangka waktu yang lebih lama diperlukan, meskipun hasilnya menjadi kurang signifikan semakin lama waktu perawatan, dan semakin banyak dilakukan dalam jangka waktu yang lebih lama. Ada peningkatan yang sangat signifikan setelah pengobatan pertama, oleh karena itu PNF adalah cara yang baik untuk mendapatkan perbaikan segera pada ROM sendi. PNF

metode meningkatkan fleksibilitas dan ROM dari semua subjek yang menerima peregangan PNF, tetapi ada beberapa perbedaan antara jenis kelamin dan kelompok usia. Ditemukan bahwa pria memiliki lebih banyak peningkatan fleksibilitas dan ROM dengan metode CRAC daripada wanita (Etnyre dan Lee, 1988). Perbedaan antara jenis kelamin ini berlaku bahkan dengan kelompok usia yang berbeda. Namun, seiring bertambahnya usia subjek, ditemukan bahwa ada lebih sedikit perbedaan dalam fleksibilitas dan perolehan ROM yang ditemukan sebelum dan sesudah metode PNF. Karena ada kemungkinan lebih tinggi bahwa orang tua akan terluka akibat kontraksi yang intens selama PNF, penurunan perbedaan ini mungkin berarti bahwa metode PNF tidak boleh digunakan pada orang tua (Feland et al., 2001).

## Referensi

- Bonnar BP, Deivert RG, Gould TE. Hubungan antara durasi kontraksi isometrik selama penahanan relaksasi peregangan dan peningkatan fleksibilitas hamstring. *J Sport Med Phys Fit*, 2004; 44(3):288-226.
- Bradley PS, Olsen PD, Portas MD. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res / Natl Str Cond Assoc J*, 2007; 21(1):223-226
- Caplan N, Rogers R., Parr MK, Hayes PR. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretch training on running mechanics. *J Strength Cond Res / Natl Str Cond Assoc J*, 2009; 23(4):1175-1180
- Chalmers G. Do Golgi tendon organs really inhibit muscle activity at high force levels to save muscles from injury, and adapt with strength training? *Sports Biomech*, 2002; 1(2): 239-249
- Etnyre BR, Abraham LD. H-reflex during static stretching and two variations of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1986; 63(2): 174-179
- Etnyre BR, Lee EJ. Chronic and acute flexibility of men and women using three different stretching techniques. *Res Q Exerc Sport*, 1988; 59(3): 222-228
- Feland JB, Marin HN. Effect of submaximal contraction intensity in contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Brit J Sport Med*, 2004; 38(4):e18
- Feland JB, Myrer JW, Merrill RM. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Phys Ther Sport*, 2001; 2:186-193
- Funk DC, Swank AM, Mikla BM, Fagen TA, Farr BK. Impact of Prior Exercise on Hamstring Flexibility: A Comparison of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation and Static Stretching. *Natl Str Cond Assoc J*, 2003; 17(3): 489-492
- Laporte Y, Lloyd DPC. Nature and significance of the reflex connection established by large afferent fibers of muscular origin. *Am J Physiol*, 1952; 169: 609-621
- Lucas RC, Koslow R. Comparative study of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques on flexibility. *Percept Motor Skill*, 1984; 58(2): 615-618
- Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretching maneuvers. *Scand J Med Sci Sport*, 1998; 8(2): 65-77

## Kesimpulan

Penelitian menunjukkan bahwa peregangan PNF, baik metode CR dan CRAC, efektif dalam meningkatkan dan mempertahankan ROM, meningkatkan kekuatan dan kekuatan otot, serta meningkatkan kinerja atletik, terutama setelah latihan olahraga. Namun, protokol yang tepat dan konsistensi harus diikuti untuk mencapai dan mempertahankan manfaat teknik PNF. Empat mekanisme teoritis diusulkan sebagai penyebab manfaat ini, meskipun ada sedikit bukti empiris untuk mendukung mekanisme ini. Penelitian lebih lanjut harus

diselesaikan untuk membuktikan kemanjuran masing-masing mekanisme ini dalam faktor-faktor yang dipengaruhi oleh PNF



- Magnusson SP, Simonsen EB, Aagard P. Mechanical and physiological responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Arch Phys Med Rehabil*, 1996;77:373378
- Marek SM, Cramer JT, Fincher AL, Massey LL, Dangelmaier SM, Purkayastha S, Fitz KA, Culbertson JY. Clinical Studies - Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Strength and Power Output. *J Ath Training*, 2005; 40(2): 94
- Mazzullo JM. The gate theory of pain. *Br Med J*, 1978; 2(6137): 586-587
- McCarthy PW, Olsen JP, Smeby IH. Effects of contract-relax stretching procedures on active range of motion of the cervical spine on the transverse plane. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 1997; 12(2): 136-138
- Melzack R. Pain: Past, Present and Future. *Can J Exp Psychol*, 1993; 47(4): 615-629
- Mikolajec K, Waskiewicz Z, Maszczyk A, Bacik B, Kurek P, Zajac A. Effects of Stretching and Strength Exercises on Speed and Power Abilities in Male Basketball Players. *Isokinet Exerc Sci*, 2012 20: 1-22
- Nelson AG, Chambers RS, McGown CM, Penrose KW. Proprioceptive neuromuscular facilitation versus weight training for enhancement of muscular strength and athletic performance. *J Orthopedic Sport Phys*, 1986; 7(5): 250-253
- Nelson AG, Kokkonen J, Arnall DA. Acute Muscle Stretching Inhibits Muscle Strength and Endurance. *J Strength Cond Res*, 2005; 19(2): 338-343
- Neuroscience Online. Retrieved November 1st 2011, from <http://neuroscience.uth.tmc.edu/index.htm>. 2011
- Rowlands AV, Marginson VF, Lee J. Chronic flexibility gains: effect of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Res Q Exerc Sport*, 2003; 74(1):4751
- Sharman M, Cresswell A, Riek S. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching: Mechanisms and Clinical Implications. *Sport Med*, 2006; 36(11): 929-939
- Spernoga SG, Uhl TL, Arnold BL, Gansneder BM. Duration of Maintained Hamstring Flexibility After a One-Time, Modified Hold-Relax Stretching Protocol. *J Athl Training*, 2011; 36(1): 44-48
- The Nervous Statement. Retrieved October 30th 2011, from <http://www.unmc.edu/physiology/Mann/>. 2003
- Wallin D, Ekblom B, Grahn R, Nordenborg T. Improvement of muscle flexibility: a comparison between two techniques. *Am J Sport Med*, 1985; 13(4): 263-268

**Corresponding author:****Junggi Hong, Ph.D, ATC**

Exercise Science Department, Willamette University, Salem, Oregon  
900 State St. Salem, Oregon, 97301, USA  
Phone: 503-370-6240  
E-mail: [jhong@willamette.edu](mailto:jhong@willamette.edu)