

BEDA PENGARUH *AUTO STRETCHING* DENGAN *CONTRACT RELAX AND STRETCHING* TERHADAP PENAMBAHAN PANJANG OTOT HAMSTRING

M. Irfan, Natalia

Fisioterapi – Universitas INDONUSA Esa Unggul, Jakarta
Fisioterapi – Universitas INDONUSA Esa Unggul, Jakarta
Jl. Arjuna Utara Tol Tomang Kebun Jeruk, Jakarta 11510
muhammad.irfan@indonusa.ac.id

Abstrak

Fleksibilitas merupakan factor penting untuk melakukan suatu gerakan baik dalam berolahraga ataupun aktivitas fisik lainnya. Akan tetapi, pekerjaan yang berat atau latihan fisik yang keras, koordinasi gerakan yang buruk, postur yang jelek, kurang aktivitas/gerak, gerakan yang monoton dan atau gerakan satu arah, cedera dan nyeri dapat membuat otot mengalami pemendekan, stiffness dan tightness. *Auto stretching* adalah suatu metode penguluran/*stretching* yang biasa dilakukan pada otot-otot postural sebagai suatu latihan fleksibilitas yang dilakukan secara aktif oleh klien/pasien. *Contract relax stretching* merupakan salah satu teknik dalam *proprioceptive neuromuscular fascilitation* (PNF) yang melibatkan kontraksi isometric dari otot yang mengalami spasme/ketegangan yang diikuti fase relaksasi kemudian diberikan *stretching* secara pasif dari otot yang mengalami ketegangan tersebut. Biasanya *contract relax stretching* ditujukan pada otot-otot mobilitas. Penelitian ini bersifat quasi eksperimental. Pada penelitian ini variabel dibagi menjadi dua objek atau kelompok yaitu yang pertama kelompok perlakuan I yang diberikan perlakuan pemberian *auto stretching*, sedangkan pada kelompok perlakuan II diberikan perlakuan pemberian *Contract Rilex and Stretching*. Pada kedua kelompok dilakukan pengukuran dengan menggunakan *sit and reach test* untuk kemudian dimasukkan kedalam kriteria penilaian panjang otot. Penelitian menunjukkan pemberian latihan *Auto Stretching* memberi pengaruh yang bermakna terhadap penambahan panjang otot hamstring dengan hasil uji *T-Test Related* dengan $P = 0,00$ ($P < 0,05$). Pemberian latihan *Contract Relax Stretching* memberi pengaruh yang bermakna terhadap penambahan panjang otot hamstring. uji *T-Test Related* menunjukkan dengan $P = 0,00$ ($P < 0,05$). Tidak terdapat perbedaan penambahan panjang otot hamstring yang bermakna antara *Auto Stretching* dengan *Contract Relax Stretching*. Hal ini ditunjukkan dari hasil uji *T-Test Independent* dengan $P = 0,11$ ($P > 0,05$).

Kata kunci : *Auto Stretching, Contract Relax and Stretching, Panjang Otot*

Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan, manusia dituntut untuk hidup lebih maju mengikuti perkembangan tersebut. Untuk memenuhi tuntutan tersebut, manusia melakukan berbagai macam aktivitas. Aktivitas yang dilakukan tidak terlepas dari gerak, baik itu gerak yang disadari maupun yang tidak disadari.

Gerakan hanya dapat terjadi bila ada suatu kontraksi dari otot-otot yang bersangkutan. Selain itu, untuk melakukan suatu gerakan dibutuhkan mobilitas dari sendi dan fleksi-

bilitas yang baik pada jaringan lunak (otot, jaringan pengikat, dan kulit). Mobilitas yang dimaksud adalah kemampuan dari sendi untuk melakukan mobilisasi/gerakan tanpa adanya hambatan gerak dan bebas dari rasa nyeri. Fleksibilitas adalah kemampuan suatu jaringan atau otot untuk mengulur dan kembali ke bentuk semula. Fleksibilitas otot dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya struktur sendi, usia, jenis kelamin, latihan/aktivitas, suhu tubuh, serta kehamilan. Bila fleksibilitas otot menurun, akan mengakibatkan kelemahan otot

yang ditandai dengan adanya nyeri pada otot, jaringan konektif atau periosteum.

Kurangnya mobilitas pada otot dalam waktu yang lama akan mengakibatkan kontraktur/pemendekan. Kadang tanpa disadari kontraktur/pemendekan otot banyak dialami oleh masyarakat, terutama pada orang yang sering mengeluh nyeri, keterbatasan gerak dan yang mengalami gangguan posture. Otot yang sering dijumpai mengalami kontraktur/ pemendekan adalah otot hamstring.

Otot hamstring merupakan otot tipe I (tonik) atau otot postural, yang berfungsi untuk melakukan gerakan fleksi hip, ekstensi knee, serta membantu gerakan eksternal dan internal rotasi hip. Frekuensi pemakaian kerja otot yang berlebihan akan mengakibatkan otot mengalami kelelahan berupa kontraktur sebagai reaksi pemendekan jaringan lunak. Kontraktur yang terjadi pada otot hamstring akan menimbulkan nyeri pada daerah posterior paha, keterbatasan gerak sendi hip dan lumbal yang berakibat pada gangguan postur serta pola jalan.

Untuk mengatasi masalah kontraktur/ pemendekan yang terjadi serta meningkatkan kerja otot hamstring secara optimal, maka dibutuhkan suatu terapi/latihan yang bersifat mengulur jaringan/otot yang mengalami kontraktur/pemendekan yang dikenal dengan istilah *stretching*. *Stretching* merupakan suatu aktivitas yang sudah banyak diterapkan di lingkungan masyarakat. Pada saat berolahraga misalnya, sebelum melakukan aktivitas olahraga, biasanya dilakukan pemanasan terlebih dulu, *stretching* termasuk di dalamnya.

Sebenarnya *stretching* merupakan suatu bentuk terapi yang ditujukan untuk memanjangkan otot yang mengalami pemendekan atau menurunnya elastisitas dan fleksibilitas otot baik karena faktor patologis (trauma, infeksi, dsb) maupun yang bersifat fisiologis, yang menghambat lingkup gerak sendi normal yakni berupa kontraktur, perlekatan, pembentukan jaringan parut yang mengarah pada pemendekan otot, jaringan konektif dan kulit serta mobilitas jaringan lunak di sekitar sendi. Banyak metode ataupun teknik yang dapat digunakan dalam melakukan *stretching*, diantaranya *contract relax stretching* dan *auto stretching*.

Auto stretching adalah suatu metode penguluran/*stretching* yang biasa dilakukan pada otot-otot postural sebagai suatu latihan fleksibilitas yang dilakukan secara aktif oleh klien/pasien. *Active stretching* meningkatkan fleksibilitas secara aktif dan menguatkan otot agonis. Pada saat melakukan *auto stretching*, komponen yang ada dalam otot yakni golgi tendon dan muscle spindle, dirangsang untuk melakukan kontraksi pada otot antagonis dan relaksasi pada otot agonis sehingga akan diperoleh suatu penguluran yang berarti. Tekanan pada otot agonis saat melakukan peregangan secara aktif akan membantu relaksasi pada otot yang di regang (antagonis) dengan *reciprocal inhibition*.

Contract relax and stretching merupakan salah satu teknik dalam *proprioceptive neuromuscular facilitation* (PNF) yang melibatkan kontraksi isometric dari otot yang mengalami spasme/ketegangan yang diikuti fase relaksasi kemudian diberikan *stretching* secara pasif dari otot yang mengalami ketegangan tersebut. Biasanya *contract relax and stretching* ditujukan pada otot-otot mobilitas. Pada *contract relax and stretching*, ketika otot berkontraksi mencapai *initial stretch*, maka sebaliknya stretch reflex membuat otot tersebut menjadi relaksasi, dimana relaksasi ini membantu menurunkan berbagai tekanan dan siap untuk melakukan peregangan selanjutnya.

Panjang Otot Hamstring

Panjang otot hamstring sangat dipengaruhi oleh fleksibilitas otot. Fleksibilitas adalah kemampuan otot untuk memanjang/ mengulur semaksimal mungkin sehingga tubuh dapat bergerak dengan ROM yang maksimal tanpa disertai dengan rasa tidak nyaman/nyeri. Fleksibilitas merupakan factor penting untuk melakukan suatu gerakan baik dalam berolahraga ataupun aktivitas fisik lainnya. Setiap individu dengan fleksibilitas yang baik pada *shoulder*, belum tentu memiliki fleksibilitas yang baik pula pada *lower back* ataupun otot hamstringnya.

Fleksibilitas berkaitan erat dengan jaringan lunak seperti ligament, tendon dan otot, di samping struktur tulang itu sendiri. Biasanya peningkatan lemak tubuh seseorang diikuti

dengan penurunan fleksibilitas. Pada umumnya, wanita memiliki fleksibilitas yang lebih baik dibandingkan dengan laki-laki. Kurangnya aktivitas pada individu yang in-active membuat fleksibilitas otot menurun. Jaringan lunak dan sendi menjadi kehilangan ekstensibilitas ketika otot pada posisi memendek dalam waktu yang lama. Terbiasa dalam posture tertentu dan kerja berat yang terus menerus pada ROM tertentu juga dapat membuat otot memendek akibat adaptasi. Aktivitas fisik dengan ROM yang cukup luas dapat mencegah hilangnya ekstensibilitas otot. Secara umum, menurunnya fleksibilitas lebih diakibatkan oleh kebiasaan bergerak dalam pola tertentu pada seorang individu dan pada gerakan tertentu dibandingkan dengan usia atau jenis kelamin. Fleksibilitas juga berkaitan dengan ukuran tubuh seseorang, jenis kelamin, usia, dan aktivitas fisik yang dilakukan.

Untuk lebih mendalami pemahaman kita mengenai penambahan panjang otot hamstring, salah satu aspek yang sangat penting untuk diperhatikan adalah anatomi dan fisiologi otot hamstring, sendi hip dan sendi lutut itu sendiri.

Anatomi otot hamstring

Hamstring merupakan suatu grup otot sendi hip dan knee yang terletak pada sisi belakang paha yang berfungsi untuk gerakan fleksi lutut, ekstensi hip, dan membantu gerakan eksternal dan internal rotasi hip. Grup otot ini terdiri atas beberapa otot yaitu: biceps femoris, semitendinosus, dan semimembranosus.

M. biceps femoris mempunyai dua caput, yaitu caput longum dan caput breve. M. biceps femoris **caput longum** bekerja pada dua sendi, berasal dari *tuberositas ischiadicum* bersama-sama dengan M. semitendinosus. M. biceps femoris **caput breve** hanya bekerja pada satu sendi, berasal dari *sepertiga tengah linea aspera labium laterale* dan *lateralis terhadap septum intermusculare*. Penyatuan caput membentuk M. biceps femoris yang *berinsertio pada caput fibulae*. Diantara otot dan ligamentum collaterale fibulare sendi lutut terdapat bursa subtendinea musculi bicipitis femoris inferior. Caput longum biceps femoris

menghasilkan gerak ekstensi (retroversi) sendi panggul. M. biceps femoris melakukan fleksi sendi lutut dan rotasi lateralis tungkai bawah yang fleksi. Hanya terjadi rotasi lateralis pada sendi lutut dan karena itu melawan semua otot rotator medialis. Persarafan: N. tibialis (L5-S2) untuk caput longum, N. peroneus communis (S1-S2) untuk caput breve.

M. semitendinosus berasal dari caput bersama yaitu dari *tuber ischiadicum* dan *berjalan ke facies medialis tibiae* bersama-sama dengan M. gracilis dan M. sartorius untuk bergabung dengan *pes anserinus superficialis*. Disini juga terdapat bursa anserina diantara permukaan tibia dan tempat perlekatan pada pes anserinus. Otot ini bekerja pada dua sendi, yaitu ekstensi pada sendi panggul dan fleksi pada sendi lutut serta rotasi medialis tungkai bawah. Persarafan: N. tibialis (L5-S2)

M. semimembranosus, berasal dari *tuberositas ischiadium* dan *berinsertio pada condylus medial tibia*. Otot ini berhubungan erat dengan M. semitendinosus. Di bawah ligamentum collaterale mediale, tendonya dibagi menjadi **tiga bagian**, yaitu **bagian pertama** berjalan ke anterior terhadap *condylus medialis tibiae*, **bagian kedua** masuk ke *fascia poplitea* dan **bagian ketiga** melanjutkan diri ke *dinding posterior capsula ligamentum popliteum obliquum*. Pembagian menjadi tiga bagian ini dikenal sebagai *pes anserinus profundus*. Otot ini bekerja pada dua sendi dan berfungsi mirip M. semitendinosus. Otot ini dapat melakukan ekstensi sendi panggul dan fleksi sendi lutut dengan rotasi medialis pada sendi lutut. Di antara tendo tersebut (sebelum terbagi-bagi) dan caput mediale M. gastrocnemius terdapat bursa musculi semimembranosi, yang kadang-kadang berhubungan dengan bursa subtendinei musculi gastrocnemii medialis. Persarafan: N. tibialis (L5-S2).

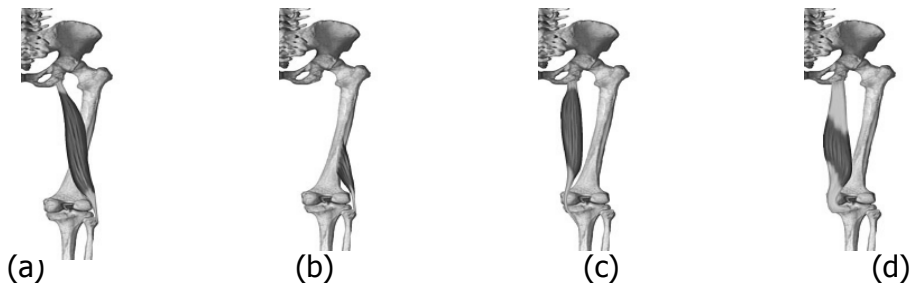
Fungsi otot hamstring

Fleksi lutut terjadi karena adanya kontraksi otot hamstring yang terdiri dari M. semimembranosus, M. semitendinosus dan M. biceps femoris, serta M. gracilis, M. sartorius, M. popliteus, dan M. gastrocnemius. Rotasi medialis terjadi karena adanya kontraksi dari otot-

otot rotator medialis yang terdiri dari M. Semimembranosus, M. semitendinosus, M. gracilis, M. sartorius dan M. popliteus. Rotasi lateralis dilakukan oleh M. biceps femoris, hampir merupakan satu-satunya rotator lateralis paha dan mengimbangi semua otot yang bekerja sebagai rotator medialis. bila tungkai tidak menompang beban ia akan dapat bantuan yang kurang

berarti (pada akhirnya rotasi) dari M. tensor fasciae latae.

Fungsi fleksi lutut, ekstensi hip, maupun gerakan eksternal dan internal rotasi hip dengan menggunakan beban tubuh, beban yang dihasilkan sangat besar seperti: *jumping*, melompat, berjalan, berlari, mengangkat, mendorong dan menarik.



Sumber: Hasil Pengolahan Data

Gambar 1

Otot-otot Hamstring

(a) M. biceps femoris caput longum, (b) M. Biceps femoris caput breve, (c) M. Semitendinosus, (d) M. Semimembranosus.

Fisiologi otot

Otot adalah jaringan yang terbesar dalam tubuh. Secara umum otot dibagi menjadi tiga jenis yaitu; otot skelet, otot jantung dan otot polos. Namun yang akan dibahas dalam kajian teori penelitian ini adalah otot skelet.

a) Struktur Otot Skeletal

Otot merupakan suatu jaringan yang dapat dieksitasi yang kegiatannya berupa kontraksi, sehingga otot dapat digunakan untuk memindahkan bagian-bagian skelet yang berarti suatu gerakan dapat terjadi. Hal ini terjadi karena otot mempunyai kemampuan untuk ekstensibilitas, elastisitas, dan kontraktilitas.

Otot rangka tersusun dari serat-serat yang dikenal dengan *buiding blok* "balok penyusun" sistem otot. Dalam tubuh manusia terdapat lebih dari 500 otot skelet dan merupakan otot yang membentuk 40%-50% tubuh. Otot ini terdiri dari serabut otot (*muscle fiber*) yang merupakan sebuah sel yang panjang dan mengandung banyak inti. Panjangnya dapat melebihi 30 cm dan diameternya sekitar 0,01 sampai 0,1 mm.

Setiap serat/serabut otot merupakan satu sel otot yang berinti banyak, memanjang, silindris dan diliputi oleh membran sel yang dinamakan sarcolemma. Mereka mendapat persarafan dari saraf-saraf cranial atau spinal, dan dikontrol secara sadar. Jenis otot ini mengandung baik akhiran-akhiran saraf nyeri, maupun proprioceptor-proprioceptor. Fungsi utamanya ialah untuk gerakan-gerakan tubuh dan untuk mempertahankan sikap tubuh. Suatu otot mempunyai parenchima yang terdiri dari serabut-serabut otot dan satu jaringan ikat. Setiap serabut dikelilingi oleh suatu jaring halus yang terdiri dari serabut-serabut jaringan ikat retikuler dan beberapa serabut kolagen dan elastin yang dikenal sebagai endomysium dan ini yang memisahkan tiap-tiap sel dari sel-sel lainnya. 12 sampai 20 serabut otot disatukan menjadi berkas-berkas yang disebut fasciculi yang masing-masing dipisahkan satu dengan yang lainnya oleh perimisium, yaitu suatu lapisan tipis dari serabut-serabut kolagen dan elastik. Perimisium ini juga mencangkup semua jaringan ikat yang membungkus beberapa fasciculi

menjadi kelompok-kelompok yang lebih besar, dan yang membentuk sekat-sekat fibrous di dalam otot. Seluruh otot akhirnya dibungkus oleh suatu lapisan jaringan ikat yang disebut sebagai epimysium/fascia. Di dalam ketiga jenis pembungkus ini berjalan pembuluh-pembuluh darah dan limfa dan serabut-serabut saraf. Serabut otot rangka tersusun dari miofibril yang terbagi dalam beberapa filamen serat. Sedangkan filamen-filamen tersebut terbentuk dari protein-protein kontraktil dibagi dalam dua jenis yaitu; filamen tipis dan filamen tebal. Filamen tipis merupakan polimer yang terdiri dari dua rantai aktin yang membentuk *double helix* yang panjang, tersusun dari aktin, tropomiosin, dan troponin. Tiap filamen tipis mengandung 300-400 molekul aktin dan 40-60 molekul tropomyosin. Molekul-molekul tropomyosin merupakan filamen-filamen panjang yang terletak di sepanjang alur diantara dua rantai aktin. Molekul troponin merupakan unit-unit bulat kecil dengan jarak tertentu di sepanjang molekul tropomyosin. Aktin, memiliki berat molekul 43.000, tropomiosin, yang memiliki berat molekul 70.000 dan troponin yang memiliki berat molekul antara 18.000-35.000 yang terdiri dari troponin I, troponin T, troponin C). Troponin I/inhibitory troponin/TNI menghalangi interaksi miosin dan aktin. Troponin T/tropomiosin troponi/TNT mengikat komponen lain troponin pada tropomiosin dan troponin C/calcium binding troponin/TNC mengandung tempat pengikatan Ca^{2+} yang akan memicu kontraksi. Dengan perbandingan antara ketiganya adalah 7:1:1 yang berarti setiap 7 molekul aktin disertai oleh 1 molekul troponin dan 1 molekul tropomiosin. Sedangkan filamen tebal tersusun dari miosin dengan berat molekul 460.000 dan berdiameter kurang lebih dua kali diameter filamen tipis.

Pada filamen tebal, jenis miosin yang terdapat dalam otot adalah bentuk miosin II dengan dua kepala berbentuk globular dan ekor yang panjang. Kepala dan leher molekul-molekul miosin membentuk ikatan silang (*cross-link*) dengan aktin. Miosin mempunyai rantai tebal dan rantai tipis,

dan kepalanya tersusun dari rantai-rantai tipis dari bagian-bagian ujung rantai tebal yang berupa gugus amino. Kepala miosin mempunyai bagian yang berikatan dengan aktin (*aktin binding site*) dan bagian yang bersifat katalitik yang dapat menghidrolisis ATP. Setiap filamen tersusun berselang-seling antara aktin dan miosin serta sejajar antara masing-masing jenis filamen. Karena letaknya yang sejajar tersebut serta kebiasaannya terhadap cahaya yang tidak sama, maka kelihatan serabut otot ini terdiri dari bagian melintang (*bands*) yang disebut bagian I bands dan bagian A bands. Bagian I bands kelihatan lebih terang/isotop terhadap cahaya polimerisasi mengandung filamen aktin dan bagian A bands yang terlihat lebih gelap/anisotrop terhadap cahaya mengandung filamen miosin serta sebagian dari filamen aktin yang letaknya bersisian dengan filamen miosin. Filamen-filamen ini lekat pada membran atau garis Z dan bagian antara dua membran Z ini disebut sarkomer. Jika serabut otot teregang normal, panjang sarkomer kira-kira 2 mikron dan dalam keadaan ini terdapat filamen aktin dan miosin yang letaknya bersisian (*overlap*), sedangkan jika otot itu diregang ujung sesama filamen aktin menjauh dan timbullah daerah terang di tengah bagian A. Inilah yang disebut *zone H*. Dalam keadaan kontraksi *zone H* tidak akan terlihat, karena perubahan panjang sarkomer berkisar 1,6 mikron sampai 2 mikron. Di tengah dari *zone H* terdapat garis lintang yang disebut sebagai garis M. Garis M merupakan tempat pembalikan polaritas molekul miosin disetiap filamen tebal. Di tempat-tempat tersebut ditemukan hubungan silang yang tipis yang menjaga ketertaturan susunan filamen tebal. Miofibril berada dalam suatu lingkungan yang terdiri dari enzim protein dan mineral yang disebut sarkoplasma. Di dalam sarkoplasma terdapat suatu jaringan yang letaknya sejajar dengan fibril berbentuk longitudinal yang disebut retikulum sarkoplasma, disamping itu terdapat pula tubulus yang letaknya tegak lurus terhadap serabut otot yang disebut tubulus transversal atau tubulus T. Retikulum sarkoplasma dan tubulus T

(sistem T) ini membentuk suatu sistem yang disebut dengan sistem sarkotubuler. Sistem T tubulus transversal yang merupakan kelanjutan dari membran serat otot, membentuk suatu kisi yang ditembus oleh fibril-fibril otot. Retikulum sarkoplasma yang membentuk tirai tidak beraturan disekeliling tiap fibril, melebar dibagian ujungnya ini dinamakan dengan sisterna terminal yang sangat berdekatan dengan sistem T ditempat-tempat pertemuan pita A dan pita I. Ditempat-tempat ini sistem T dan sisterna retikulum sarkoplasma yang berada dikedua sisinya dinamakan triads. Fungsi sistem T yang merupakan kelanjutan dari sarkolema adalah menghantarkan potensial aksi dengan kecepatan tinggi dari membran sel ke seluruh fibril di otot. Retikulum sarkoplasma berperan dalam proses perpindahan Ca^{2+} dan metabolisme otot. Bagian tengah otot yang kontraktile disebut venter sedangkan bagian ujung yang tidak kontraktile yang menghubungkan venter dengan sebuah tulang atau kulit disebut sebagai tendon. Hampir seluruh otot rangka berawal dan berakhir pada tendo dimana serat-serat otot rangka tersusun sejajar diantara ujung-ujung tendo sehingga akan terjadi reaksi saling menguatkan daya kontraksi setiap unit. Tendines ini adalah tali-tali fibrous putih mengkilat, yang panjang dan tebalnya bervariasi, kadang-kadang bulat dan kadang-kadang pipih, mampu menahan kekuatan yang besar, fleksibel, dan tidak elastis. Mereka terdiri dari berkas-berkas fibrous putih dan kolagen yang tergabung erat antara yang satu dengan yang lainnya, dan serabut-serabutnya tersusun sejajar. Masing-masing berkas diliputi oleh selubung halus terbuat dari jaringan ikat fibroelastik yang disebut sebagai periotenonium internum. Gabungan berkas-berkas ini selanjutnya dibungkus oleh periotenonium externum dan melekat pada pembungkus tulang yang disebut dengan periostium. Pembungkus-pembungkus ini mempunyai hanya sedikit sekali pembuluh-pembuluh darah, bahkan pada tendon-tendon yang kecil tidak ada sama sekali, tetapi mereka mengandung serabut-serabut saraf sensorik.

Disamping tendon-tendon terdapat pula membran-membran fibrous putih mengkilat yang banyak menyerupai tendon-tendon pipih, dinamakan aponeurosis. Mereka terdiri dari satu susunan padat berkas-berkas kolagen yang tersusun sejajar yang hanya mempunyai sedikit sekali pembuluh-pembuluh darah. Tendines dan aponeurosis merupakan bagian-bagian dari otot-otot, dan mereka dipergunakan oleh otot-otot untuk mewujudkan efek kontraksinya, oleh karena mereka berada langsung di dalam garis tarikan perototan. Mereka adalah penghubung-penghubung otot dengan tulang atau kulit, dan tempat-tempat melekat mereka ini disebut sebagai origo dan insertio.

Origo tidak ikut bergerak pada waktu ototnya berkontraksi sehingga dinamakan juga punctum fixum. Insertio adalah bagian otot rangka, yang ototnya melekat dengan perantaraan tendo, yang bergerak bilamana ototnya berkontraksi. Oleh karena itu, maka insertio disebut juga sebagai punctum mobile.

Jenis-Jenis Serabut Otot

Perbedaan ukuran panjang dan diameter otot dalam tubuh menyebabkan karakteristik kontraksi dari setiap otot juga berbeda tergantung dari fungsi otot itu sendiri. Berdasarkan karakteristik metabolisme dan kecepatan kontraksinya maka serabut otot pada otot skeletal dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe umum serabut otot yaitu; serabut otot tipe I atau sering disebut dengan *slow twitch oxidative fiber* dan serabut otot tipe IIB sering dengan *fast twitch glycolytic fiber*. Selain itu, terdapat serabut otot Tipe 2 (*fast-twitch oxidative glycolytic*) yang merupakan gabungan dari kedua serabut otot tipe I dan tipe IIB.

Tipe 1 (*slow twitch oxidative*) atau otot tonik. Disebut juga *red muscle* karena berwarna lebih gelap dari otot lainnya. Otot merah yang berespon lambat dan mempunyai masa laten panjang, beradaptasi pada kontraksi yang lama, serabut ototnya kecil, lebih banyak mengandung mitokondria sehingga sangat lambat mengalami kelelahan, dan memungkinkan untuk dapat menghasilkan energi yang lebih

banyak, metabolisme aerobik (*oxidative*), berfungsi untuk mempertahankan sikap tubuh. Patologi pada tipe otot ini cenderung tegang dan memendek diantaranya adalah otot-otot postural seperti m. quadratus lumborum, group ekstensor trunk yang terdiri diantaranya adalah m. erector spine, m. longissimus thoraksis, m. rotatores, m. multifidus, group flektor panggul yang meliputi : m. iliopsoas, m. tensor fascia latae, m. rektus femoris, group eksorotasi panggul yang meliputi m. piriformis, m. Adduktor panggul, group hamstring dan m. Gastrocnemius dan soleus.

Tipe 2B (*fast twitch glycolytic*) atau otot phasik. Disebut juga *white muscle* karena berwarna lebih pucat, durasi kontraksi yang singkat, serabut ototnya besar, sedikit mengandung mitokondria sehingga cepat mengalami kelelahan, metabolisme dengan anaerob

(*glycolytic*), berfungsi sebagai mobilisasi (bergerak) dan berfungsi khusus untuk gerakan halus dan terampil.. Patologi pada tipe otot ini cenderung lemah dan atrofi diantaranya adalah otot-otot perut, otot gastroknemius, otot gluteus maksimus dan minimus, otot peroneal, otot tibialis anterior, otot extra ocular, dan otot-otot tangan.

Tipe 2 (*fast-twitch oxidative glycolytic*). Disebut juga *pink muscle* karena berasal dari dua macam serabut yaitu serabut otot tipe 1 yang kelelahannya lambat dan serabut tipe 2B yang kelelahannya sangat cepat. Otot tipe 2 memiliki kelelahan rata-rata intermediate (sedang), serabut ototnya kecil-besar, metabolisme dengan aerobik-anaerobik (*oxidative glycolytic*), kekuatan motor unit tinggi, dan myofibril ATPase tinggi.

Tabel 1
Klasifikasi Otot

Serabut otot	I SO (Slow O)	II FOG (Fast O & G)	IIB FG (Fast G)
Motor unit tipe	S	FR	FF
Histochemical profiles :			
Myofibril ATPase	Low	High	High
NADH dehydro	High	Medium-High	Low
SDH	High	Medium-High	Low
Glycogen	Low	High	High
Phosphorylase	Low	High	High
Capillary supply	Rich	Rich	Sparse
Fiber diameter	Small	Medium-Small	Large

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Guyton (1997) telah mengidentifikasi perbedaan serabut *fast twitch fibers* dan *slow twitch fibers* sebagai berikut:

Serabut otot *fast-twitch fibers*: serabut-serabut lebih besar untuk kekuatan kontraksi yang besar, retikulum sarkoplasma yang luas sehingga cepat melepaskan ion-ion kalsium untuk memulai kontraksi otot, enzim glikolitik yang banyak untuk pengeluaran energi yang cepat memulai proses glikolitik. Persediaan darah yang tidak terlalu luas karena metabolisme oksidatif tidak begitu penting.

Serabut otot *slow twitch fibers*: serabut-serabutnya lebih kecil, juga disarraf oleh serabut saraf yang lebih kecil, system pembuluh darah lebih luas untuk menyediakan

oksigen ekstra, besarnya jumlah mitokondria, juga sangat membantu metabolisme oksidatif, serabut-serabut mengandung sejumlah besar mioglobin, suatu protein yang mengandung besi serupa dengan hemoglobin sel-sel darah merah. Mioglobin bergabung dengan oksigen dan menyimpannya di dalam sel otot sampai oksigen tersebut diperlukan oleh mitokondria.

Menurut Jack H Wilmore, ada 2 tipe serabut otot yang utama, yaitu serabut slow twitch dan serabut fast twitch. Kedua tipe serabut tersebut di dalam suatu otot tunggal. Serabut otot fast twitch terdiri dari serabut yaitu serabut *fast twitch* tipe a dan serabut *fast twitch* tipe b. Pada umumnya sebagian besar otot tersusun secara kasar oleh 50% serabut

slow twitch, 25% serabut *fast twitch* tipe a, 25% serabut otot *fast twitch* tipe b. Namun demikian, prosentase tersebut sangat bervariasi pada setiap orang dan setiap otot. Serabut otot *slow twitch* memiliki karakteristik tertentu, yaitu menghasilkan kontraksi yang lambat (kecepatan kontraktif yang lambat),

kekuatan motor unit yang rendah, tahan terhadap kelelahan, memiliki kapasitas aerobik yang tinggi. Sedangkan serabut *fast twitch* tipe a dan tipe b memiliki karakteristik yang berbeda pula. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2
Karakteristik struktural dan fungsional dari tipe serabut otot

Karakteristik	Tipe serabut		
	ST	FT a	FT b
Serabut otot per motor neuron	10-180	300-800	300-800
Ukuran motor neuron	Kecil	Besar	Besar
Kecepatan konduksi saraf	Lambat	Cepat	Cepat
Kecepatan kontraksi (ms)	110	50	50
Tipe myosin ATPase	Lambat	Cepat	Cepat
Perkembangan retikulum sarkoplasma	Rendah	Tinggi	Tinggi
Gaya motor unit	Rendah	Tinggi	Tinggi
Kapasitas aerobik (oksidatif)	Tinggi	Sedang	Rendah
Kapasitas an aerobik (glikolitik)	Rendah	Tinggi	Tinggi

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Ket : ST → serabut *slow twitch*

FT a → serabut *fast twitch* tipe a

FT b → serabut *fast twitch* tipe

Adapun tipe dari otot Hamstring adalah otot dengan tipe *slow twitch* / tipe I / SO yang berfungsi sebagai stabilisator atau mempertahankan sikap tubuh dengan kecepatan kontraktif lambat, kekuatan motor unit yang rendah, tahan terhadap kelelahan, memiliki kapasitas aerobik yang tinggi, serta bila terjadi patologi cenderung untuk tegang dan memendek, secara mikroskopik otot ini berwarna merah.

Energi dan metabolisme otot

Kontraksi otot membutuhkan energi, dan otot disebut sebagai mesin pengubah energi kimia menjadi energi mekanik. Sumber energi yang dapat segera digunakan adalah derivat fosfat organik berenergi tinggi yang terdapat dalam otot. Selain itu sumber utama energi diperoleh dari *metabolisme intermedier* karbohidrat-lipid dan hidrolisis ATP yang menghasilkan energi untuk kontraksi.

1) Hidrolisis ATP

Sumber energi otot yang dibutuhkan pada saat berkontraksi berasal dari ATP (ade-

nosin trifospat) yang dihasilkan dalam kondisi aerob maupun anaerob. Energi tersebut juga digunakan untuk pembentukan/penyusutan *myofibril cross bridges* dan menimbulkan *sliding*/gerakan antara filamen kontraktif aktin dan miosin.

2) Penguraian karbohidrat dan lipid

Dalam keadaan istirahat dan selama kerja ringan, otot menggunakan lipid dalam bentuk asam lemak bebas (*free fatty acids/FFA*) sebagai sumber energi. Bila intensitas kerja meningkat, penyediaan energi yang dibutuhkan dengan cepat tidak dapat diperoleh hanya dari lipid, sehingga pemakaian karbohidrat menjadi penting sebagai komponen campuran bahan bakar otot.

Glukosa sebagai hasil pemecah karbohidrat yang berada dalam darah masuk ke dalam sel dan mengalami degradasi melalui serangkaian reaksi kimia menjadi piruvat. Sumber glukosa intra sel lain yang berarti juga sumber piruvat adalah glikogen, suatu polimer karbohidrat yang terdapat dalam jumlah sangat banyak di dalam hati dan otot rangka. Proses

penguraian glukosa (glikolisis) dapat terjadi secara aerob maupun anaerob.

(a) Glikolisis aerob

Proses dimana piruvat memasuki asam sitrat yang mengandung cukup oksigen dan mengalami metabolisme melalui siklus ini dan dinamakan jalur enzim pernafasan menjadi CO₂ dan H₂O. Karakteristik pada sistem aerob adalah:

- (1) Menggunakan glikogen, lemak, dan protein sebagai bahan bakar.
- (2) Membutuhkan oksigen
- (3) ATP di sintesis di mitokondria, mampu memetabolisme oksigen dan substansi lain yang dihubungkan dengan jumlah dan konsentrasi mitokondria dan sel.
- (4) Kapasitas maksimal sistem ini besar (90.0 mol ATP).
- (5) Power maksimal sistem ini kecil (1.0 mol ATP/menit)
- (6) Sistem ini dominan digunakan setelah beberapa menit *exercise*.

(b) Glikolisis anaerob

Bila pasokan oksigen tidak mencukupi, piruvat tidak masuk kedalam siklus asam trikarboksilat (siklus krebs), melainkan direduksi menjadi laktat. Proses ini berkaitan dengan hasil akhir dari sejumlah kecil ikatan fosfat berenergi tinggi, tetapi proses ini tidak membutuhkan oksigen. Karakteristik pada sistem anaerob:

- (1) Menggunakan glikogen sebagai bahan bakar.
- (2) Tidak membutuhkan oksigen.
- (3) ATP di sintesis di sel otot.
- (4) Menghasilkan asam laktat.
- (5) Kapasitas maksimal sistem ini *intermediate* (12 mol ATP).
- (6) Power maksimal sistem ini *intermediate* (16 mol ATP).
- (7) Sistem energi ini digunakan pada aktifitas dengan intensitas sedang dan waktu yang pendek. Energi ini digunakan pada 30-90 detik *exercise*.

Phosphorylkreatine

ATP disintesa ulang dari ADP dengan penambahan satu grup posfat. Sebagian energi yang dibutuhkan untuk reaksi endotermik ini diperoleh dari penguraian glukosa menjadi CO₂

dan H₂O, tetapi di otot juga terdapat senyawa fosfat berenergi tinggi lain yang dapat memasok energi yang dibutuhkan (untuk jangka pendek). Senyawa posfat tersebut adalah phosphorylkreatine yang dihidrolisis menjadi kreatin dan grup posfat dengan melepas sejumlah energi. Dalam keadaan istirahat sebagian ATP di mitokondria akan melepaskan posfat pada kreatin, sehingga terbentuk simpanan phosphorylkreatine. Pada waktu kerja phosphorylkreatine mengalami hidrolisis di tempat pertemuan kepala miosin dengan aktin, membentuk ATP dari ADP yang menyebabkan proses kontraksi dapat berlanjut. Karakteristik pada sistem ATP-PC adalah:

- (a) Phosphorylkreatine dan ATP disimpan di sel otot.
- (b) Phosphorylkreatine merupakan bahan bakar kimia.
- (c) Tidak membutuhkan oksigen.
- (d) Ketika otot istirahat suplai ATP-PC terisi kembali.
- (e) Kapasitas maksimal sistem ini kecil (0.7 mol ATP).
- (f) Power maksimal sistem ini besar (3.7 mol ATP/menit).
- (g) Sistem energi ini digunakan pada aktifitas dengan daya ledak dan waktu pendek. Energi ini digunakan pada 30 detik latihan berat.

Osteokinematik

Osteokinematik adalah gerak sendi yang dilihat dari gerak tulangnya saja. Pada osteokinematik hip joint gerakan yang terjadi berupa gerak rotasi *spin* dan rotasi putar. Sendi paha (*hip joint*) merupakan termasuk dalam *ball and socket joint* dengan tiga derajat kebebasan gerak. Fleksi-ekstensi terjadi pada bidang sagital di sekitar axis medio-lateral dengan gerak rotasi spin tidak murni. Abduksi-adduksi terjadi dalam bidang frontal di sekitar axis antero-posterior dengan gerak rotasi spin. Eksternal rotasi-internal rotasi terjadi pada bidang transversal di sekitar axis vertikal dengan gerak rotasi *spin* pada posisi tungkai ekstensi. Sirkumduksi merupakan gabungan gerakan dimana tungkai dianggap sebagai permukaan kerucut yang tidak beraturan dan apexnya terletak pada caput femoris. ROM

pasif gerak fleksi umumnya sekitar 90°-140°. Ekstensi berkisar 10°-30° dalam batas normalnya. ROM pasif gerak abduksi umumnya sekitar 30° dan gerak adduksi berkisar 15° dalam batas normalnya. Gerak rotasi yang terbesar terjadi pada posisi hip ekstensi, dimana eksternal rotasinya sebesar 90° dan internal rotasinya sebesar 80°.

Sendi tibiofemoral merupakan sendi kondiloid ganda dengan dua derajat kebebasan gerak. Fleksi-ekstensi terjadi pada bidang sagittal di sekitar axis medio-lateral dengan gerak rotasi ayun. Eksternal rotasi-internal rotasi terjadi pada bidang transversal di sekitar axis vertikal dengan gerak rotasi *spin* pada posisi kaki menekuk. Inkongruen dan asimetris dari sendi tibiofemoral dikombinasikan dengan aktifitas otot dan penguluran ligamen akan menghasilkan gerak rotasi secara otomatis. Gerak rotasi yang terjadi secara otomatis ini terdapat secara primer pada gerak ekstensi yang ekstrim sebagai gerak perhentian dari kondilus lateral yang pendek tetapi terjadi secara kontinue pada kondilus yang lebih panjang. Selama akhir dari ROM gerak ekstensi aktif, rotasi yang terjadi secara otomatis dihasilkan seperti mekanisme dari putaran *screw* (mur) atau penguncian (*locking*) dari lutut. Untuk memulai gerak fleksi, penguncian lutut harus terbuka dengan rotasi yang berlawanan. ROM pasif gerak fleksi umumnya sekitar 130°-140°. Hiperekstensi berkisar 5°-10° dalam batas normalnya. Gerak rotasi yang terbesar terjadi pada posisi lutut fleksi 90°, dimana lateral rotasinya sebesar 45° dan medial rotasinya sebesar 15°.

Arthokinematik

Arthrokinematik adalah gerakan yang terjadi pada permukaan sendi. Pada arthrokinematik gerakan yang terjadi berupa gerak *roll* dan *slide*. Dari kedua gerak tersebut dapat diuraikan lagi menjadi gerak traksi-kompresi, translasi, dan *spin*.

Pada gerak aktif, permukaan caput femoris yang konveks melakukan gerak *rolling* dan *slide* pada acetabulum yang berbentuk konkaf. Pada gerak fleksi caput femoris *rolling* ke arah posterior dan *sliding* ke arah anterior. Pada gerak ekstensi, caput femoris *rolling* ke

arah anterior dan *sliding* ke arah posterior. Pada gerak abduksi, gerakan caput femoris *rolling* ke arah caudal dan *sliding* ke arah cranial. Pada gerak adduksi, gerakan caput femoris *rolling* ke arah cranial *sliding* ke arah caudal. Pada gerak eksternal rotasi, gerakan caput femoris *spin* ke arah medial dan pada gerakan internal rotasi, gerakan caput femoris *spin* ke arah lateral.

Permukaan sendi pada femur lebih besar dari pada tibia, ini biasanya terjadi pada saat kondisi *weight bearing*. Kondilus femoral harus melakukan gerak *rolling* dan *sliding* untuk tetap berada di atas tibia. Pada gerak fleksi dengan *weight bearing*, kondilus femoris *rolling* ke arah posterior dan *sliding* ke arah anterior. Pada gerak ekstensi, kondilus femoralis *rolling* ke arah anterior dan *sliding* ke arah posterior. Pada akhir gerak ekstensi, gerakan dihentikan pada kondilus femoralis lateral, tapi *sliding* pada kondilus medial tetap berlanjut untuk menghasilkan penguncian sendi.

Pada gerakan aktif *non weight bearing*, permukaan sendi pada tibia yang konkaf melakukan gerak *slide* pada kondilus femoral yang konveks dengan arah gerakan searah sumbu tulang tibia. Kondilus tibia melakukan gerak *slide* ke arah posterior pada kondilus femoral saat fleksi. Selama ekstensi dari gerak *full* fleksi kondilus tibia bergerak ke arah anterior pada kondilus femoral. Patela bergeser ke arah superior saat ekstensi, dan bergeser ke inferior saat fleksi. Beberapa gerak rotasi patela dan *tilting* yang terjadi berhubungan dengan gerak *sliding* saat fleksi dan ekstensi.

Proses pemendekan otot

Tightness, kaku pada otot membatasi gerak ROM normal kita. Pada kasus-kasus tertentu fleksibilitas yang buruk dapat menjadi factor utama yang menyebabkan nyeri pada otot dan sendi. Hal ini berarti fleksibilitas yang buruk sangat menyulitkan kita dalam beraktivitas, sebagai contoh saat membungkukkan badan ke bawah. Jika otot tidak dapat berkontraksi dan relaksasi secara efisien, akan mengakibatkan menurunnya performa dan kurangnya control gerakan pada otot. Pemendekan serta otot yang tight juga akan meng-

akibatkan hilangnya kekuatan dan tenaga saat melakukan aktivitas fisik.

Sebagian kecil presentase kasus *tightness*, kekakuan pada otot dapat menghambat sirkulasi darah. Sirkulasi darah yang baik sangat diperlukan dalam pengambilan oksigen dan nutrisi yang adekuat pada otot. Sirkulasi darah yang buruk akan mengakibatkan otot menjadi lebih cepat lelah dan akhirnya kemampuan tubuh untuk pulih setelah melakukan latihan berat dan proses perbaikan otot menjadi terganggu. Hal ini memungkinkan seseorang beresiko tinggi untuk mengalami cedera, merasa tidak nyaman pada otot, hilangnya performa dan meningkatnya resiko untuk cedera berulang.

Pada saat otot memendek, komponen yang ada dalam otot yaitu myofibril(aktin dan myosin), sarkomer serta fascia kehilangan ekstensibilitas serta fleksibilitasnya, dimana filamen-filamen aktin dan myosin yang tumpang tindih bertambah dan karena itu jumlah ikatan silang akan bertambah, jumlah sarkomer berkurang serta terbentuknya abnormal cross-link dan adanya taut band pada serabut otot yang pada akhirnya membuat otot memendek. Apabila kondisi ini tidak ditangani dengan segera maka akan mempengaruhi kekuatan otot berupa berkurangnya fleksibilitas otot yang normal, perubahan hubungan panjang dan tegangan otot yang menyebabkan kelemahan otot, pemendekan otot dan keterbatasan gerak sendi yang pada akhirnya akan menimbulkan nyeri dengan intensitas yang lebih hebat pada saat otot diulur.

Proses pemanjangan otot

Tingkat fleksibilitas otot sangat menentukan ukuran panjang otot itu sendiri. Pada saat otot berkontraksi dan relaksasi, akan terjadi perubahan panjang dari otot tersebut. Kekuatan total dari sebuah otot yang berkontraksi adalah merupakan hasil dari sejumlah serabut otot yang berkontraksi, sehingga panjang total yang dihasilkan oleh otot yang diulur adalah juga merupakan hasil dari penguluran sejumlah serabut otot. Dalam hal ini berarti semakin banyak serabut otot yang terulur maka akan menyebabkan semakin be-

sar panjang otot yang dihasilkan penguluran yang diberikan pada otot tersebut.

Pada saat otot terulur maka spindel otot juga terulur. Spindel otot akan melaporkan perubahan panjang dan seberapa cepat perubahan panjang itu terjadi serta memberikan sinyal ke medula spinalis untuk meneruskan informasi ini ke susunan saraf pusat. Spindel otot akan memicu *stretch* refleks atau refleks miostatis untuk mencoba menahan perubahan panjang otot yang terjadi oleh golgi tendon dengan cara otot yang diulur tadi kemudian berkontraksi. Semakin tiba-tiba terjadi perubahan panjang otot maka akan menyebabkan otot berkontraksi semakin kuat.

Ketika otot diulur/di-stretch, baik dengan *auto stretching* maupun *contract relax stretching*, otot tersebut akan dibiarkan terulur dalam jangka waktu tertentu baru kemudian rileks sehingga komponen yang ada dalam otot akan ikut terulur. Pada saat melakukan *auto stretching*, otot antagonis(group otot pada sisi yang tidak di-stretch) dan otot agonis(otot yang akan di-stretch) keduanya relax. Secara perlahan dan lembut, gerakan tubuh meningkatkan tekanan pada group otot yang akan di-stretch. Tekanan pada otot agonis saat peregangannya secara aktif akan membuat otot mudah terulur, dimana muscle spindle tidak terstimulasi optimal dan stimulasi optimal terjadi pada golgi tendon, sehingga akan diperoleh suatu penguluran yang berarti. Pemberian auto stretching yang dilakukan secara perlahan juga akan menghasilkan peregangannya pada sarkomer sehingga peregangannya akan mengembalikan elastisitas sarkomer yang terganggu. Pada *contract relax stretching*, ketika otot berkontraksi mencapai *initial stretch*, maka sebaliknya *stretch* reflex membuat otot tersebut menjadi relaksasi (*reverse innervation*), dimana relaksasi ini membantu menurunkan berbagai tekanan dan siap untuk melakukan peregangannya/penguluran pada otot tersebut.

Salah satu alasan untuk mempertahankan suatu penguluran dalam jangka waktu yang lama adalah pada saat otot dipertahankan pada posisi terulur maka spindel otot akan terbiasa dengan panjang otot yang baru dan akan mengurangi sinyal tadi. Secara bertahap reseptor *stretch* akan terlatih untuk memberikan panjang yang lebih besar lagi terhadap

otot. Hal ini tidak terlepas dari adanya proses adaptasi dalam tubuh manusia.

Adaptasi merupakan karakteristik utama pada otot skeletal sebagai respon dari latihan, perubahan akut dapat terjadi pada sistem, organ atau sel. Pada latihan *stretching* dengan *auto stretching* ataupun dengan *contract relax stretching* akan memberikan dampak atau respon terhadap otot. Adaptasi yang dapat terjadi setelah latihan diantaranya adalah adaptasi neurologikal, adaptasi struktural dan adaptasi metabolik.

Adaptasi Neurologikal

Pada orang tak terlatih yang memulai program latihan penguluran pertama kali akan merasakan penambahan panjang otot secara dramatis. Peningkatan ini akan berlanjut secara linier selama 8-12 minggu. Mekanisme yang mendominasi pada awal latihan penguatan adalah adaptasi neurologi secara alami. Adaptasi ini dapat terjadi dengan atau tanpa peningkatan *cross sectional area*. Faktor utama pada *stretching exercise* untuk menambah panjang otot dengan meningkatkan fleksibilitas otot adalah pengetahuan dan koordinasi. Adaptasi neurologi yang terjadi mengalami tahapan sebagai berikut.

- (1) Peningkatan koordinasi inter-muscular. Hal ini meningkatkan kerjasama antara grup otot yang berbeda agar terjadi peningkatan efisiensi gerakan koordinasi. Perubahan ini terjadi selama 2-3 minggu pertama setelah latihan rutin.
- (2) Peningkatan koordinasi intara-musculer. Hal ini meningkatkan kerja sama serabut otot untuk meningkatkan produksi tenaga. Perubahan ini terjadi selama 4-6 minggu.
- (3) Peningkatan fleksibilitas otot. Adaptasi ini merupakan restrukturisasi pada jaringan otot sebagai peningkatan fungsional pada massa otot. Otot menambahkan elemen kontraktil dan meningkatkan integritas struktural. Penambahan jaringan konektif ini meningkatkan ketahanan jaringan terhadap cedera. Adaptasi ini terjadi pada 2-5 bulan setelah adaptasi awal *stretching exercise*.
- (4) Stagnasi (setelah 5 bulan). adaptasi struktural dan fungsional mulai menjadi lebih

lambat. Untuk melanjutkan perkembangan pada tahap ini adalah sangat penting untuk menentukan kondisi stagnasi, apakah terjadi pengurangan panjang otot, pengurangan volume dan intenistas atau pengurangan *currebt adaptive reserve* (CAR) pada tubuh yang terjadi sekitar 18-22 minggu.

Adaptasi Struktural

Adaptasi struktural pertama pada *stretching exercise* untuk menambah panjang otot adalah bertambahnya panjang jaringan itu sendiri. *Fleksibilitas* otot yang meningkat atau penambahan panjang otot skeletal dengan *stretching exercise* dapat dilihat sebagai adaptasi struktural yang utama. Kompensasi ini merupakan penyesuaian untuk meningkatkan kapasitas otot dalam menghasilkan regangan sehingga otot dapat lebih fleksible.

Panjang otot secara langsung berhubungan dengan sintesis material selular, terutama pada protein elemen kontraktil. Peningkatan jumlah protein kontraktil terjadi secara paralel terhadap peningkatan jumlah volume mitokondria dalam sel otot. Di dalam sel, miofibril menjadi bertambah ukuran dan jumlah serta penambahan sarcomer terbentuk sebagai sintesa protein yang di percepat dan secara bersamaan menurunkan kerusakan protein. Dampak utama yang tampak pada bertambahnya panjang otot adalah meningkatnya fleksibilitas serta elastisitas jaringan.

Adaptasi Metabolik

Pada adaptasi metabolik terdapat tiga enzim kompleks yang terlibat dalam adaptasi *stretching exercise*, yaitu phosphokreatine ATP kompleks, glikolisis/glikogenolisis kompleks dan lipolisis kompleks. Adaptasi ini merupakan adaptasi yang berkaitan dengan sistem energi yang digunakan selama latihan.

Stretching

Stretching atau peregangan merupakan istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan suatu manuver terapeutik yang ber-

tujuan untuk memanjangkan struktur jaringan lunak yang memendek secara patologis maupun non patologis sehingga dapat meningkatkan ROM. Pada umumnya *stretching* dibagi dalam dua kelompok yaitu aktif *stretching* (peregangan aktif) latihan fleksibilitas dan pasif *stretching* (peregangan pasif). Ada beberapa tipe *stretching* yaitu: auto *stretching* (peregangan aktif) latihan fleksibilitas, *stretching* pasif dan contract relax *stretching*. Ada 2 hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan *stretching*, yaitu:

Fleksibilitas

Fleksibilitas adalah kemampuan untuk menggerakkan sendi atau beberapa sendi melalui ROM yang bebas nyeri. Fleksibilitas bergantung pada ekstensibilitas otot, yang menyebabkan otot dapat melewati suatu sendi dengan relaks, memanjang dan berada dalam medan gaya stretch. Arthrokinematik dari sendi yang bergerak serta kemampuan jaringan konektif periartikular untuk berubah bentuk (memanjang) juga mempengaruhi ROM sendi dan fleksibilitas secara keseluruhan. Seringkali istilah "fleksibilitas" digunakan merujuk lebih spesifik pada kemampuan unit muskulotendinogen untuk memanjang sebagaimana segmen tubuh atau sendi bergerak melalui ROM penuh.

Fleksibilitas dinamik merupakan aktif ROM sendi. Aspek fleksibilitas ini bergantung pada derajat ROM sendi yang dihasilkan oleh kontraksi otot dan besarnya tahanan jaringan yang terulur selama pergerakan aktif.

Fleksibilitas pasif merupakan derajat ROM sendi yang secara pasif dapat digerakkan melalui ROM yang ada dan bergantung pada ekstensibilitas otot dan jaringan konektif yang melewati dan mengelilingi sendi. Pasif fleksibilitas biasanya merupakan prasyarat untuk dinamik fleksibilitas, tetapi tidak mutlak.

Overstretch

Overstretch adalah suatu peregangan melampaui ROM normal sendi dan jaringan lunak disekitarnya, sehingga menghasilkan hipermobilitas. Overstretch diperlukan bagi orang-orang tertentu yang sehat dengan

kekuatan dan stabilitas normal yaitu orang-orang tertentu berperan aktif dalam olahraga yang memerlukan fleksibilitas berlebihan. Overstretch menjadi abnormal ketika struktur penopang sendi dan kekuatan otot disekitar sendi tidak cukup dan tidak dapat mempertahankan stabilitas sendi dan posisi fungsional selama aktivitas. Kondisi ini seringkali dikenal sebagai "*stretch weakness*".

Sebelum menerapkan teknik *stretching* ada beberapa konsep dasar dan konsep neurofisiologis yang berperan penting saat terjadi *stretching* otot. Beberapa konsep dasar *stretching* telah dibahas pada materi yang membahas tentang otot seperti konsep sistem muskuloskeletal, komposisi otot, proses terjadinya suatu kontraksi otot, jenis serabut otot, dan jaringan penghubung, kerja kelompok otot, tipe kontraksi otot. Selanjutnya akan dibahas tentang konsep dasar dan konsep neurofisiologis lain yang berperan penting saat terjadi *stretching* otot seperti propioseptor, *stretch* refleks dan komponennya, reaksi pemanjangan otot dan juga resiprokal inhibisi.

Propioseptor

Akhir suatu serabut saraf yang menerima seluruh informasi tentang sistem muskuloskeletal dan menyampaikannya kepada sistem saraf pusat dikenal dengan nama propioseptor. Propioseptor juga disebut dengan nama mekanoreseptor yang merupakan sumber dari seluruh propiosepsi yaitu persepsi tentang gerak dan posisi tubuh. Propioseptor mendeteksi setiap perubahan gerak dan posisi tubuh, tegangan atau usaha yang terjadi di dalam tubuh. Propioseptor dapat ditemukan diseluruh akhir serabut saraf pada sendi, otot, dan tendon. Propioseptor yang berhubungan dengan *stretching* otot terletak di tendon dan di serabut otot.

Ada dua jenis serabut otot yaitu serabut intrafusal dan serabut ektrafusal. Serabut ektrafusal merupakan satu-satunya yang mengandung miofibril sehingga sering disamakan artinya dengan serabut otot. Sedangkan serabut intrafusal disebut sebagai spindel otot dan terletak sejajar dengan serabut ektrafusal. Pada saat serabut ektrafusal memanjang maka serabut intrafusal juga memanjang

(spindel otot juga ikut memanjang). Spindel otot atau reseptor *stretch* merupakan proprioceptor pertama dan terutama di dalam otot. Proprioceptor kedua yang ikut berperan selama proses *stretching* otot terjadi berlokasi di tendon dekat dengan akhir serabut otot yang disebut dengan *golgi tendon organ*. Tipe ketiga dari proprioceptor disebut dengan *pacinian corpuscle*. Masing-masing dari ketiga proprioceptor tadi akan dijelaskan dan dibahas lebih lanjut di bawah ini:

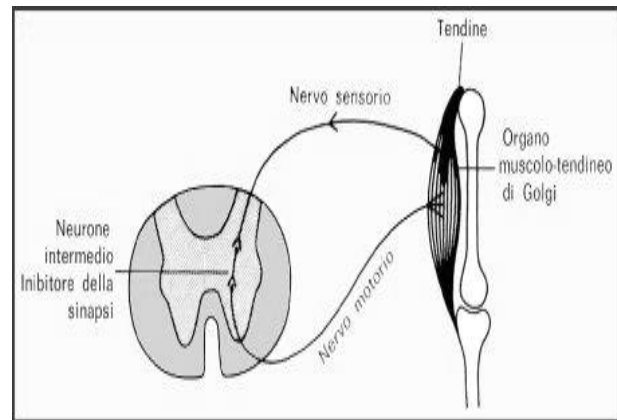
Muscle Spindel

Adalah organ sensoris utama pada otot yang terdiri dari serabut kecil intrafusul yang terletak sejajar dengan serabut ektrafusul. Spindel otot atau reseptor *stretch* merupakan proprioceptor utama di dalam otot. Spindel otot terdiri dari dua serabut yang sensitif terhadap perubahan panjang otot. Spindel otot berfungsi memonitor kecepatan dan durasi penguluran sehingga pada saat otot terulur maka serabut intrafusul dan ektrafusul akan terulur. Pada saat otot di stretch secara aktif dengan perlahan dan lembut, spindel otot tidak terstimulasi optimal. Bila di stretch secara tiba-tiba, maka spindel otot akan terstimulasi dan berkontraksi dan menahan perubahan panjang pada otot karena adanya stretch reflex pada muscle spindles.

Golgi Tendo Organ

Adalah suatu mekanisme proteksi yang menghambat kontraksi otot dan memiliki threshold yang sangat lambat untuk melaju setelah otot berkontraksi serta mempunyai threshold yang tinggi saat dilakukan penguluran secara pasif. *Golgi tendon organ* dikelilingi oleh ujung serabut ektrafusul yang peka terhadap tegangan otot yang disebabkan oleh pemberian pasif *stretching*. Pada saat otot berkontraksi akan mengakibatkan peningkatan tegangan pada tendon dimana golgi tendon terletak. Golgi tendon organ sensitif terhadap perubahan tegangan dan menilai rata-rata tegangan dalam otot. Bila penyebaran tegangan meluas maka *golgi tendon organ* melaju dan menimbulkan rileksasi otot. Ketika otot di stretch secara aktif dengan perlahan dan

lembut, maka golgi tendon akan terstimulasi optimal, sehingga penguluran akan terjadi pada serabut otot serta fascia dimana jumlah sarkomer bertambah dan fascia terulur.



Sumber: www.drscottcady.com

Gambar 1
Golgi Tendon dan Spindel Otot

Pacinian Corpuscle

Merupakan tipe ketiga dari proprioceptor yang terletak dekat dengan golgi tendon organ dan bertanggung jawab untuk mendeteksi perubahan gerak dan tekanan dalam tubuh.

Stretch Refleks dan Komponennya

Pada saat otot terulur maka spindel otot juga terulur. Spindel otot akan melaporkan perubahan panjang dan seberapa cepat perubahan panjang itu terjadi serta memberikan sinyal ke medula spinalis untuk meneruskan informasi ini ke susunan saraf pusat. Spindel otot akan memicu *stretch* refleks yang biasa disebut juga dengan refleks miostatik untuk mencoba menahan perubahan panjang otot yang terjadi dengan cara otot yang diulur tadi kemudian berkontraksi. Semakin tiba-tiba terjadi perubahan panjang otot maka akan menyebabkan otot berkontraksi semakin kuat. Fungsi dasar spindel otot ini membantu memelihara tonus otot dan mencegah cedera otot.

Salah satu alasan untuk mempertahankan suatu penguluran dalam jangka waktu yang lama adalah pada saat otot dipertahankan pada posisi terulur maka spindel otot akan terbiasa dengan panjang otot yang baru dan

akan mengurangi sinyal tadi. Secara bertahap reseptor *stretch* akan terlatih untuk memberikan panjang yang lebih besar lagi terhadap otot.

Stretch refleks mempunyai dua komponen yaitu komponen statis dan komponen dinamis. Komponen statis ditemukan di sepanjang pada saat otot terulur. Komponen dinamis ditemukan hanya pada akhir saat otot diulur dan responnya menyebabkan perubahan panjang otot yang segera. Alasan yang mendasari *stretch* refleks mempunyai dua komponen adalah karena terdapat dua serabut otot intrafusul yaitu serabut rantai nuklear (*nuclear chain fibers*) yang bertanggung jawab untuk komponen statis dan serabut tas nuklear (*nuclear bag fibers*) yang bertanggung jawab untuk komponen dinamis.

Serabut rantai nuklear (*nuclear chain fibers*) panjang dan tipis dan segera memanjang pada saat diulur. Pada saat serabut ini diulur saraf *stretch* refleks akan meningkatkan tingkat sinyalnya yang diikuti dengan segera peningkatan panjang otot. Hal ini merupakan komponen statis *stretch* refleks. Serabut tas nuklear (*nuclear bag fibers*) berkumpul ditengah otot sehingga mereka lebih elastis. *Nerve ending stretching* pada serabut ini terbungkus di daerah tengah yang memanjang dengan cepat saat serabut otot terulur. Daerah tengah bagian luar adalah kebalikannya beraksi seperti terisi cairan kental yang menghambat kecepatan penguluran dan kemudian memanjang di bawah pengaruh tegangan otot yang panjang. Jadi ketika menginginkan penguluran yang cepat pada serabut ini daerah tengah luar memanjang dan daerah tengah menjadi sangat memendek.

Respon Mekanik dan Neurofisiologi Pada Otot Terhadap Stretching

Stretching yang diberikan pada otot maka akan memiliki pengaruh yang pertama akan terjadi pada komponen elastin (aktin dan miosin) dan tegangan dalam otot meningkat dengan tajam, sarkomer memanjang dan bila dilakukan terus-menerus otot akan beradaptasi dan hal ini hanya bertahan sementara untuk mendapatkan panjang otot yang diinginkan (Kischner & Colby, 1990).

Respon mekanik otot terhadap peregangannya bergantung pada myofibril dan sarkomer otot. Setiap otot tersusun dari beberapa serabut otot. Satu serabut otot terdiri atas beberapa myofibril. Serabut myofibril tersusun dari beberapa sarkomer yang terletak sejajar dengan serabut otot. Sarkomer merupakan unit kontraktile dari myofibril dan terdiri atas filamen aktin dan miosin yang saling tumpang tindih. Sarkomer memberikan kemampuan pada otot untuk berkontraksi dan relaksasi, serta mempunyai kemampuan elastisitas jika diregangkan.

Ketika otot secara pasif diregang, maka pemanjangan awal terjadi pada rangkaian komponen elastis (sarkomer) dan tension meningkat secara drastis. Kemudian, ketika gaya regangan dilepaskan maka setiap sarkomer akan kembali ke posisi *resting length*. Kecenderungan otot untuk kembali ke posisi *resting length* setelah peregangannya disebut dengan elastisitas.

Respon neurofisiologi otot terhadap peregangannya bergantung pada struktur muscle spindle dan golgi tendon organ. Ketika otot diregang dengan sangat cepat, maka serabut afferent primer merangsang α (alpha) motor neuron pada medulla spinalis dan memfasilitasi kontraksi serabut ektrafusul yaitu meningkatkan ketegangan (tension) pada otot. Hal ini dinamakan dengan *monosynaptic stretch refleks*. Tetapi jika peregangannya dilakukan secara lambat pada otot, maka golgi tendon organ terstimulasi dan menghambat ketegangan pada otot sehingga memberikan pemanjangan pada komponen elastik otot yang paralel.

Indikasi dan Kontraindikasi *Stretching*

Indikasi

- Miostatik kontraktur: merupakan kasus yang paling sering terjadi biasanya tanpa disertai patologi pada jaringan lunak (*soft tissue*) dan dapat diatasi dengan *gentle stretching exercise* dalam waktu yang pendek misalnya pada otot hamstring, otot rektus femoris dan otot gastroknemius.
- Scar Tissue Contracture Adhesion*: paling sering terjadi pada kapsul sendi bahu dan bila pasien menggerakkan bahu terdapat

nyeri sehingga pasien cenderung melakukan imobilisasi akibatnya kadar glikoamino-glikans dan air dalam sendi berkurang sehingga fleksibilitas dan ekstensibilitas sendi berkurang.

- c. *Fibrotic Adhession*: kasus yang lebih berat dari kondisi kedua di atas karena biasanya bersifat kronis dan terdapat jaringan fibrotik seperti pada kondisi tortikolis.
- d. Ireversibel Kontraktur: biasanya digunakan untuk mengembalikan lingkup gerak sendi dengan tindakan operatif karena dengan penanganan manual tidak menghasilkan dampak yang baik.
- e. Pseudomiostatik Kontraktur: Pada umumnya diakibatkan gangguan pada susunan saraf pusat sehingga mengakibatkan gangguan sistem muskuloskeletal.

Kontraindikasi

- a. terdapat fraktur yang masih baru pada daerah hip joint,
- b. post imobilisasi yang lama karena otot sudah kehilangan *tensile strength*,
- c. ditemukan adanya tanda-tanda inflamasi akut.

Manfaat Stretching

1. Meningkatkan lingkup gerak sendi.
2. Menghilangkan spasme otot.
3. Meningkatkan panjang jaringan lunak (*soft tissue*).
4. Meningkatkan komplians jaringan sebagai persiapan pertandingan (Vujnovich dan Dawson, 1994).

Ada beberapa tipe *stretching* yang digunakan dalam penambahan panjang otot hamstring, yaitu *auto stretching* (aktif *stretching*) dan *contract relax stretching*. Untuk mengetahui tingkat efektifitas antara *auto stretching* dan *contract relax stretching* pada penambahan panjang otot hamstring, maka berikut ini akan dipaparkan mengenai *auto stretching* dan *contract relax stretching*.

Auto Stretching

Auto Stretching merupakan *stretching* aktif dimana teknik *stretching* dilakukan de-

ngan benar oleh pasien itu sendiri pada otot atau kelompok otot yang mengalami pemendekan. Adapun tujuan dari pemberian *auto stretching* adalah untuk mencegah dan atau mengurangi kekakuan serta memanjangkan/mengulur struktur jaringan lunak (*soft tissue*) yang berkaitan dengan spasme sehingga dapat meningkatkan lingkup gerak sendi (LGS). *Auto stretching* merupakan *stretching* yang efektif, karena berpengaruh terhadap semua otot yang membatasi gerakan.

Teknik *auto stretching* merupakan aspek penting dari program latihan di rumah (*home program*) dan merupakan penatalaksanaan terapi jangka panjang pada beberapa gangguan muskuloskeletal. Pemberian edukasi terhadap pasien tentang cara yang aman melakukan prosedur *auto stretching* di rumah sangat penting untuk pencegahan injuri kembali atau mencegah terjadinya disfungsi di masa akan datang. Adapun prinsip untuk mengaplikasikan *auto stretching* adalah sebagai berikut :

1. Posisi awal harus aman dan stabil
2. Fungsi dari otot atau grup otot yang sebenarnya adalah harus selalu dihitung.
3. Latihan harus selalu terkontrol dan mempunyai dampak yang sesuai (diharapkan).
4. Otot atau grup otot harus dalam keadaan terulur di berbagai posisi dan memanjang sebisa mungkin sehingga dapat mencapai batas dari mobilitas normal.

Prinsip-prinsip vital ini yang membuat *auto stretching* efektif dan aman. *Auto stretching* membantu bergerak dengan mudah dan lebih baik. Tidak ada reaksi perlindungan yang ditimbulkan dan tidak terdapat resiko over-stretch atau kerobekan pada otot jika *stretching* dilakukan secara perlahan dan lembut.

Respon Neurofisiologis Otot terhadap Auto Stretching

Secara umum *auto stretching* dilakukan untuk mendapatkan penambahan panjang dari otot dan jaringan ikat. Jaringan ikat membutuhkan waktu 20 detik untuk mencapai efek rileksasi sedangkan otot membutuhkan waktu 2 menit untuk dapat mencapai efek rileksasi. Efek *auto stretching* jangka panjang pada manusia

didapatkan bahwa individu yang melakukan *auto stretching* dengan durasi 15-20 detik bersamaan dengan bernapas selama 3-4 kali menunjukkan panjang otot yang maksimum. Apabila suatu otot terulur dengan sangat cepat maka spindel otot berkontraksi untuk menghantarkan rangsangan serabut afferen primer yang menimbulkan ekstrasusal melaju dan tegangan otot meningkat. Peristiwa ini disebut monosinaptik refleksi *stretch*. Sedangkan jika otot diulur dengan kekuatan yang sedang dan perlahan-lahan maka laju *golgi tendo organ* dan inhibisi dalam otot menyebabkan sarkomer memanjang. Dalam penerapan prosedur *auto stretching* pasien menunjukkan suatu kontraksi isotonik dari otot yang mengalami pemendekan, secara aktif otot memanjang. Alasan penerapan teknik ini adalah bahwa kontraksi isotonik yang dilakukan saat *auto stretching* dari otot yang mengalami pemendekan akan menghasilkan otot memanjang secara maksimal tanpa perlawanan. Adanya kontraksi isotonik akan membantu menggerakkan *stretch* reseptor dari spindel otot untuk segera mengulur panjang otot yang maksimal. *Golgi tendon organ* akan terlibat dan menghambat ketegangan otot bila otot sudah mengulur maksimal sehingga otot dapat dengan mudah dipanjangkan.

Mekanisme Penambahan Panjang Otot dengan Auto Stretching

Pemberian *auto stretching* dapat mengurangi iritasi terhadap saraf A δ dan saraf tipe C yang menimbulkan nyeri akibat adanya *abnormal cross link*. Hal ini dapat terjadi karena pada saat diberikan auto stretching serabut otot ditarik keluar sampai panjang sarkomer penuh. Ketika hal ini terjadi maka akan membantu meluruskan kembali beberapa serabut atau *abnormal cross link* pada otot yang memendek.

Auto stretching dapat bermanfaat pada serabut otot yang mengalami pemendekan. Serabut otot yang terganggu akan menyebabkan penurunan elastisitas otot akibat adanya *taut band* dalam serabut otot. Sarkomer sebagai komponen elastis di dalam serabut otot akan mengalami gangguan. Pemberian auto stretching yang dilakukan secara perlahan akan

menghasilkan peregangan pada sarkomer sehingga peregangan akan mengembalikan elastisitas sarkomer yang terganggu.

Auto stretching dapat yang dapat mencegah dan atau mengurangi kekakuan dan perasaan yang tidak nyaman. Auto stretching merupakan stretching yang efektif, karena berpengaruh terhadap semua otot hamstring yang membatasi gerakan.

Prosedur Latihan Auto Stretching :

Posisi awal

- Dimulai pada posisi kneeling, dengan tempatkan kaki kiri anda pada cushion, kaki kanan ke depan dengan lutut menukuk.
- Luruskan hip kiri, dan condongkan tubuh bagian atas ke depan tanpa membungkuk, pelvis tetap menghadap lurus ke depan.

Stretching

- Geser lutut kiri ke belakang sehingga kaki kanan benar-benar lurus dan rasakan penguluran disepanjang belakang paha kanan.
- Tekan tumit kanan kebawah lantai, tahan selama 5 detik.
- Relax, luruskan lutut kanan dan geser lutut kiri kebelakang sampai batas semampu anda, mungkin sedikit lebih jauh.
- Ulangi sampai anda tidak merasakan stretch lagi dan otot merasakan tight. Tahan stretch akhir ini selama 15 detik hingga 1 menit atau lebih. Tindakan ini dilakukan sebanyak 8 kali pengulangan.

Contract Relax Stretching

Contract relax stretching merupakan kombinasi dari tipe *stretching* isometrik dengan *stretching* pasif. Dikatakan demikian karena teknik *contract relax stretching* yang dilakukan memberikan kontraksi isometrik pada otot yang memendek dan kemudian dilanjutkan dengan rileksasi dan *stretching* pasif pada otot tersebut. Adapun tujuan dari pemberian *contract relax stretching* adalah untuk memanjangkan/mengulur struktur jaringan lunak (*soft tissue*) seperti otot, fasia tendon dan ligamen yang memendek secara patologis maupun non pato-

logis sehingga dapat meningkatkan lingkup gerak sendi (LGS) dan mengurangi nyeri akibat spasme, pemendekan otot/ akibat fibrosis.

Respon Neurofisiologis Otot terhadap Contract Relax Stretching

Secara umum *contract relax stretching* dilakukan untuk mendapatkan efek rileksasi dan pengembalian panjang dari otot dan jaringan ikat. Jaringan ikat membutuhkan waktu 20 detik untuk mencapai efek rileksasi sedangkan otot membutuhkan waktu 2 menit untuk dapat mencapai efek rileksasi. Efek *contract relax stretching* jangka panjang pada manusia didapatkan bahwa individu yang mendapatkan *contract relax stretching* dengan durasi 15-45 detik menunjukkan panjang otot yang maksimum. *Contract relax stretching* dengan durasi 20 dan 30 detik dapat mencapai efek yang maksimal pada minggu ke-7 dan *contract relax stretching* dengan durasi 10 detik mencapai efek maksimal pada minggu ke-10 sedangkan *contract relax stretching* yang diberikan dengan durasi 30 detik dapat menghasilkan efek maksimal pada minggu keenam dan ketujuh.

Apabila suatu otot terulur dengan sangat cepat maka spindel otot berkontraksi untuk menghantarkan rangsangan serabut afferen primer yang menimbulkan ekstrasusal melaju dan tegangan otot meningkat. Peristiwa ini disebut monosinaptik refleks *stretch*. *Contract relax stretching* yang dilakukan dengan kecepatan tinggi dapat meningkatkan tegangan dalam otot. Sedangkan jika otot diulur dengan kekuatan yang sedang dan perlahan-lahan maka laju *golgi tendo organ* dan inhibisi dalam otot menyebabkan sarkomer memanjang. Dalam penerapan prosedur *contract relax stretching* pasien menunjukkan suatu kontraksi isometrik dari otot yang mengalami ketegangan sebelum secara pasif otot dipanjangkan. Alasan penerapan teknik ini adalah bahwa kontraksi isometrik yang diberikan sebelum *stretching* dari otot yang mengalami ketegangan akan menghasilkan rileksasi sebagai hasil dari *autogenic inhibition*. Adanya kontraksi isometrik akan membantu menggerakkan *stretch* reseptor dari spindel otot untuk segera menyesuaikan panjang panjang otot

yang maksimal. *Golgi tendon organ* dapat terlibat dan menghambat ketegangan otot sehingga otot dapat dengan mudah dipanjangkan.

Klasifikasi dan Metode Contract Relax Stretching :

- 1) *Contract relax stretching* pasif: merupakan tindakan *contract relax stretching* yang dilakukan dengan kekuatan dari luar tubuh yaitu dengan bantuan fisioterapis yang diaplikasikan secara manual atau dengan alat bantu mekanik.
- 2) *Contract relax stretching* aktif: merupakan metode *contract relax stretching* yang dilakukan secara aktif dengan kekuatan pasien sendiri yang bertujuan untuk menginhibisi otot yang spasme dan memendek.

Respon Otot Terhadap Contract Relax Stretching

Contract relax stretching pada otot dasarnya terjadi pada komponen elastik (aktin dan miosin) dan tegangan dalam otot meningkat dengan tajam, sarkomer memanjang dan bila hal ini dilakukan terus-menerus otot akan beradaptasi dan hal ini hanya bertahan sementara untuk mendapatkan panjang otot yang diinginkan (Kischner & Colby, 1990). *Contract relax stretching* yang dilakukan pada serabut otot pertama kali mempengaruhi sarkomer yang merupakan unit kontraksi dasar pada serabut otot. Pada saat sarkomer berkontraksi area yang tumpang tindih antara komponen miofilamen tebal dan komponen miofilamen tipis akan meningkat. Apabila terjadi penguluran (*stretch*) area yang tumpang tindih ini akan berkurang yang menyebabkan serabut otot memanjang. Pada saat serabut otot berada pada posisi memanjang yang maksimum maka seluruh sarkomer terulur secara penuh dan memberikan dorongan kepada jaringan penghubung yang ada disekitarnya. Sehingga pada saat ketegangan meningkat serabut kolagen pada jaringan penghubung berubah posisinya di sepanjang diterimanya dorongan tersebut. Oleh sebab itu pada saat terjadi suatu penguluran maka serabut otot akan terulur penuh melebihi

panjang serabut otot itu pada kondisi normal yang dihasilkan oleh sarkomer. Ketika penguluran terjadi hal ini menyebabkan serabut yang berada pada posisi yang tidak teratur dirubah posisinya sehingga menjadi lurus sesuai dengan arah ketegangan yang diterima. Perubahan dan pelurusan posisi ini memulihkan jaringan parut *scarred* untuk kembali normal.

Pada saat otot diulur beberapa dari serabutnya akan memanjang tetapi beberapa serabut otot yang lain mungkin berada pada posisi yang diam. Panjang yang dihasilkan di dalam otot tergantung kepada jumlah serabut otot yang terulur. Hal tersebut sesuai dengan *Syner Stretch* yaitu kantong-kantong kecil yang menahan serabut otot menyebar di sepanjang otot tubuh yang terulur dan serabut otot yang lainnya. Kekuatan total dari sebuah otot yang berkontraksi adalah merupakan hasil dari sejumlah serabut otot yang berkontraksi, sehingga panjang total yang dihasilkan oleh otot yang diulur adalah juga merupakan hasil dari penguluran sejumlah serabut otot sehingga semakin banyak serabut otot yang terulur maka akan menyebabkan semakin besar panjang otot yang dihasilkan penguluran yang diberikan pada otot tersebut.

Mekanisme Penambahan Panjang Otot dengan *Contract Relax Stretching*

Mekanisme penambahan panjang otot hamstring dengan intervensi *contract relax stretching* adalah dengan kontraksi isometrik pada *contract relax stretching* akan meningkatkan rileksasi otot melalui pelepasan analgesik endogenus opiat sehingga nyeri regang dapat diturunkan atau dihilangkan. Adanya komponen *stretching* pada *contract relax stretching* maka panjang otot dapat dikembalikan dengan mengaktifasi *golgi tendon organ* sehingga rileksasi dapat dicapai dan nyeri akibat ketegangan otot dapat diturunkan dan mata rantai *viscous circle* dapat diputuskan. Pemberian intervensi *contract relax stretching* dapat mengurangi iritasi terhadap saraf A δ dan C yang menimbulkan nyeri akibat adanya *abnormal crosslinks* dapat diturunkan. Hal ini dapat terjadi karena pada saat diberikan intervensi *contract relax stretching* serabut otot ditarik keluar sampai panjang sarkomer penuh.

Ketika hal ini terjadi maka akan membantu meluruskan kembali beberapa kekacauan serabut atau akibat *abnormal cross links* pada ketegangan akibat pemendekan otot.

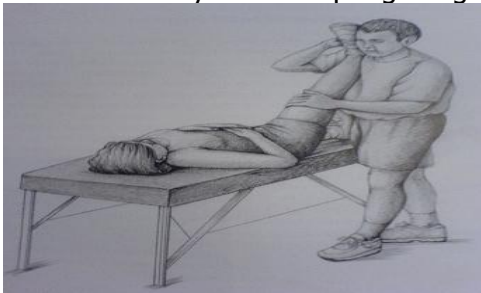
Adanya kontraksi isometrik pada intervensi *contract relax stretching* akan membantu menggerakkan *stretch* reseptor dari spindel otot untuk segera menyesuaikan panjang otot maksimal. "Rachel Poon merekomendasikan dalam penerapan *contract relax stretching* lamanya kontraksi isometrik yang diberikan adalah 6-8 detik". Pada kontraksi isometrik ini terjadi penurunan *stroke volume* jantung, diafragma menekan organ dalam dan pembuluh darah yang ada di dalamnya sehingga menekan darah agar keluar dari organ dalam. Pada kontraksi isometrik selama 6 detik yang diikuti dengan inspirasi maksimal akan mengaktifkan motor unit maksimal yang ada pada seluruh otot. Menurut Jacobson kontraksi maksimal ini juga akan menstimulus *golgi tendo organ* sehingga memicu rileksasi otot setelah kontraksi (*reverse innervation*) yang menyebabkan terjadinya pelepasan adhesi yang terdapat di dalam intermiofibril dan tendon dengan perbandingan 2:3.

Pada metode *contract relax stretching* rileksasi setelah kontraksi isometrik maksimal dilakukan selama 9 detik dimana dalam proses ini diperoleh rileksasi maksimal yang difasilitasi oleh *reverse innervation* tadi. Proses rileksasi yang diikuti ekspirasi maksimal akan memudahkan perolehan pelepasan otot. Apabila dilakukan peregangan secara bersamaan pada saat rileksasi dan ekspirasi maksimal maka diperoleh pelepasan adhesi yang optimal pada jaringan ikat otot (fasia dan tendo). Pada intervensi *contract relax stretching* dengan adanya kontraksi isometrik dengan inspirasi dalam dan *stretching* yang diikuti ekspirasi maksimal yang dilakukan dengan ritmis menimbulkan reaksi *pumping action* yang ritmis pula sehingga akan membantu memindahkan produk sampah/ zat-zat iritan penyebab nyeri otot kembali ke jantung.

Prosedur Aplikasi *Contract relax stretching*

1. Posisi pasien tidur terlentang di bed dan pastikan pasien merasa nyaman dengan posisi tersebut.

2. Jelaskan prosedur, tujuan dan efek *contract relax stretching* yang dirasakan.
3. Daerah yang menjadi target terapi terlihat jelas tanpa terhalang pakaian.
4. Posisi terapis berada disamping pasien, posisi pasien relax.
5. Fisioterapis menggunakan bahu dan kedua tangannya untuk melakukan stretch dengan cara didorong ke depan dengan menggunakan berat badan selama 6 detik dan pasien diminta untuk inspirasi kemudian setelah itu rileks sambil melakukan ekspirasi panjang sementara terapis melakukan stretch selama 9 detik. Tindakan tadi dilakukan sebanyak 8 kali pengulangan.



Sumber: Brad Walker, 2007

Gambar 2

Contract Relax Stretching otot hamstring

Hasil

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan purposive sampling yaitu populasi yang datang ke klinik fisioterapi yang memenuhi kriteria diminta kesediaannya untuk dijadikan sampel serta mengikuti program latihan. Sebelum diberikan perlakuan sampel terlebih dahulu dilakukan pengukuran panjang otot untuk mengetahui jumlah penambahan panjang otot hamstring. Selanjutnya sampel diberikan program latihan sebanyak 10 kali selama 2 minggu dan kemudian dilakukan pengukuran pengulangan otot hamstring kembali untuk menentukan keberhasilan dari latihan yang diberikan.

Terdapat dua kelompok perlakuan sampel yaitu perlakuan I yang diberi latihan stretching otot hamstring dengan menggunakan latihan auto stretching dan kelompok perlakuan II diberi latihan stretching otot hamstring dengan menggunakan latihan contract relax stretching. Selanjutnya dilakukan identifikasi data menurut jenis kelamin.

Tabel 3

Distribusi sampel menurut jenis kelamin

Jenis kelamin	Kelompok perlakuan I		Kelompok perlakuan II		total	
	N	%	N	%	N	%
Laki-laki	2	6.66%	2	6.66%	4	13.33%
Perempuan	13	43.33%	13	43.33%	26	86.66%
Jumlah	15	50%	15	50%	30	100%

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 4

Distribusi sampel menurut criteria penilaian

Kriteria Penilaian	Kelompok perlakuan I		Kelompok perlakuan II		total	
	N	%	N	%	N	%
Fair ((-7) - 0)	5	16,66%	7	23,33%	12	40%
Poor ((-14) - (-8))	3	10%	3	10%	6	20%
Very Poor (< -15)	7	23,33%	5	16,66%	12	40%

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 5
 Nilai penambahan panjang otot hamstring pada kelompok perlakuan I sebelum dan sesudah latihan

Sampel	Kelompok perlakuan I	
	Sebelum perlakuan	Sesudah perlakuan
1	-5	4
2	-7,5	-3
3	-13	-1
4	-17,5	0
5	-6	-1
6	-20	-4,5
7	-18,5	-7,5
8	-11	5
9	-17	-2,5
10	-3	1,5
11	-6,5	-1
12	-5,5	3,5
13	-21	-6
14	-19,5	-4
15	-17,5	-3

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan data yang terkumpul dari penambahan panjang otot hamstring pada kelompok perlakuan I, diperoleh nilai mean sebelum latihan sebesar -12,57 dengan *Standar Deviasi* sebesar 6,46. Sedangkan nilai mean sesudah latihan meningkat menjadi -1,30 dengan *Standar Deviasi* sebesar 3,64.

Tabel 6
 Nilai penambahan panjang otot hamstring pada kelompok perlakuan II sebelum dan sesudah latihan

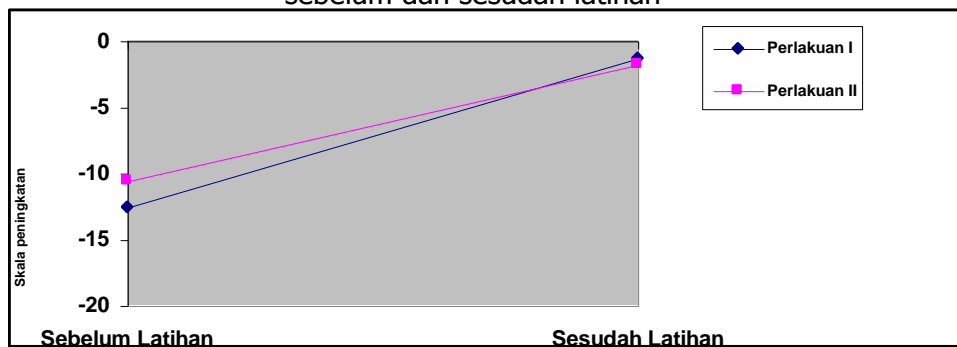
Sampel	Kelompok perlakuan II	
	Sebelum perlakuan	Sesudah perlakuan
1	-13	-0,5
2	-9	-0,5
3	-0,5	9
4	-19,5	-4
5	-6	-3
6	-6,5	-1,5
7	-15,5	-4,5
8	-2	2
9	-6	-1
10	-24	-15
11	-1	8,5
12	-8,5	1,5
13	-7	-2
14	-15	-2
15	-25	-14

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan data yang terkumpul dari penambahan panjang otot hamstring pada kelompok perlakuan II, diperoleh nilai mean sebelum latihan sebesar -10,57 dengan *Standar Deviasi* sebesar 7,85. Sedangkan nilai mean sesudah latihan meningkat menjadi -1,80 dengan *Standar Deviasi* sebesar 6,49.

Perbandingan rata-rata nilai kelompok perlakuan I dengan perlakuan II divisualisasikan dalam grafik dibawah.

Grafik 1
 Nilai mean jumlah penambahan panjang otot perlakuan I dan perlakuan II sebelum dan sesudah latihan



Sumber: Hasil Pengolahan Data

Uji hipotesa pada penelitian ini ditujukan untuk menentukan apakah setelah diberikan latihan selama 10 kali ada perbedaan penambahan panjang otot hamstring sebelum dan sesudah latihan pada masing - masing kelompok perlakuan. Selain itu penelitian juga ingin mengetahui apakah ada perbedaan hasil latihan pada kelompok perlakuan I yang menggunakan *Auto Stretching* dengan kelompok perlakuan II yang menggunakan *Contract Relax Stretching*. Untuk itu uji statistik yang digunakan

Untuk mengetahui apakah sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal, maka dilakukan uji normalitas distribusi data dengan menggunakan *one sampel kolmogorov smirnov* pada data kedua kelompok perlakuan dengan nilai sebagai berikut :

Tabel 7
Hasil uji statistic

One Sample Kolmogorov-Smirnov	Nilai P
<i>Auto Stretching</i>	0,853
<i>Contract Relax Stretching</i>	0,649

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan table 7 menunjukkan bahwa sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal ($P > 0,05$).

Untuk mengetahui pengaruh pemberian *Auto Stretching* terhadap penambahan panjang otot hamstring, maka dilakukan uji statistik dengan menggunakan uji *T-Test of related*.

Berdasarkan hasil uji *T-Test Related* dari data data tersebut didapatkan nilai $P = 0,00$ dimana $P < 0,05$. Hal ini berarti H_0 ditolak dan H_a diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan jumlah panjang otot hamstring yang bermakna antara sebelum dan sesudah pemberian *Auto Stretching*.

Untuk mengetahui pengaruh pemberian *Contract Relax Stretching* terhadap penambahan panjang otot hamstring, maka dilakukan uji statistik menggunakan uji *T-Test Related*.

Berdasarkan hasil uji *T-Test Related* dari data data tersebut didapatkan nilai $P = 0,00$ dimana $P < 0,05$. Hal ini berarti H_0 ditolak dan H_a diterima. Sehingga dapat disimpulkan

bahwa terdapat perbedaan jumlah panjang otot hamstring yang sangat bermakna antara sebelum dan sesudah pemberian *Contract Relax Stretching*.

Untuk mengetahui pengaruh pemberian *Auto Stretching* dengan *Contract Relax Stretching* terhadap penambahan panjang otot hamstring, maka dilakukan uji statistik menggunakan uji *T-Test Independent*.

Berdasarkan hasil Uji *T-Test Independent* dari selisih nilai penambahan panjang otot hamstring pada kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II didapatkan nilai $P = 0,11$. Hal ini berarti H_0 diterima atau H_a ditolak. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh yang signifikan dalam pemberian *Auto Stretching* dengan *Contract Relax Stretching* terhadap penambahan panjang otot hamstring.

Hal ini disebabkan adaptasi yang terjadi pada kedua kelompok perlakuan adalah sama. Selain itu kurangnya disiplin latihan dalam diri sampel serta berbagai macam aktivitas sampel yang tidak dapat di kontrol menyebabkan hasil penelitian yang didapat menjadi kurang optimal.

Kemampuan otot atau group otot untuk memanjang atau mengulur ditingkatkan dengan suatu latihan. Banyak teknik dan metoda yang dapat digunakan untuk menambah panjang otot. Metoda-metoda ini sangat berbeda dalam banyak hal, namun semua hal tersebut akan menentukan jenis latihan yang akan digunakan, baik aktif maupun pasif.

Jenis-jenis latihan, khususnya latihan *auto stretching* menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar pada panjang otot walaupun belum bermakna. Penambahan panjang otot pada tahap awal ini dapat terjadi pada orang tidak terlatih selama pemberian latihan selama 2 minggu yang dilakukan secara rutin sebanyak 5 kali seminggu.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Pemberian latihan *Auto Stretching* memberi pengaruh yang sangat bermakna terhadap penambahan panjang otot hamstring.

2. Pemberian latihan *Contract Relax Stretching* memberi pengaruh yang sangat bermakna terhadap penambahan panjang otot hamstring.
3. Tidak terdapat perbedaan penambahan panjang otot hamstring yang bermakna antara *Auto Stretching* dengan *Contract Relax Stretching*

Daftar Pustaka

Plarzer, Wirner, "Atlas Berwarna dan Teks Anatomi Manusia : Sistem Lokomotor.", Edisi ke-6 Alih Bahasa H.M. Symsir, Hipokrates, Jakarta, 1997.

Ganong WK, "Buku Ajar Fisiologi Kedokteran", Edisi 14, Cetakan I, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta, 1992.

Satyanegara, "The Theory and Therapy of Pain", Jakarta, 1978.

Ericton James R, "Myofascial Pain and Fibromyalgia", Advances in Pain Reserarch and Therapy Welcome 17, New York, 1990.

Priguna Shidarta, "Sakit Neuromuskuloskeletal Dalam Praktek Umum", Jakarta, 1983.

Putz R, Pabst R, "Sobotta Atlas Der Anatomie Des Menschen Band 2", Urban & Schwarzenberg, 2000.

Prentice, William E, "Therapeutic Modulities for Sports Medicine and Athletic Traning", (fifth edition), Mc. Graw Mill, Nort Carolina, USA, 1999.

Subiayakto, Haryono, 'Statistik 2 Seri Diktat Kuliah", Gunadarma, Jakarta, 1994.

Deusen, Julia Van, et all, "Assessment in Occupational Therapy and Physical Therapy", W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1997.