



## Pemilihan Waktu *Ice Compression* pada Timbulnya *Delayed Onset Muscle Soreness* Setelah Latihan Submaksimal

Muhammad Ferdy Asyiraq<sup>a\*</sup>, Selfi Handayani<sup>b</sup>, Dhoni Akbar Ghozali<sup>c</sup>, Siti Munawaroh<sup>d</sup>

<sup>a,b,c,d</sup>Universitas Sebelas Maret, Indonesia

Correspondence: mferdyas@gmail.com

Received: 18 Jul 2021 Accepted: 14 Mar 2022 Published: 30 Apr 2022

### Abstract

The study aims to determine the timing of ice compression on the onset of DOMS after submaximal exercise. This research is experimental with post-test only control group design. Thirty students of the Faculty of Medicine, Sebelas Maret University participated as subjects. Subjects were divided into three groups, control, treatment 1 hour after exercise, and 4 hours after. Submaximal exercise is done by step test. Ice compression was given for 10 minutes on subject's front thigh muscles. DOMS pain was assessed using the VAS pain scale. The collected data were analyzed using the one way Anova test and continued with the Post Hoc LSD test. The results of the analysis using the one way Anova test showed a significant difference between the three research groups and the Post Hoc test showed no significant difference between two treatment groups, but the treatment 4 hours group had lower pain scale on VAS. Ice compression after 4 hours exercise can inhibit the macrophages which were the main immune cells for inflammatory reactions. From this study, it was concluded that the most effective timing of ice compression on the onset of DOMS was 4 hours after submaximal exercise.

**Keywords:** DOMS; ice compression; muscle soreness; submaximal exercise.

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pemilihan waktu *ice compression* pada timbulnya DOMS setelah latihan submaksimal. Jenis penelitian ini adalah eksperimental dengan *post-test only control group design*. Sebanyak tiga puluh orang mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret berpartisipasi sebagai subjek. Subjek dibagi menjadi tiga kelompok, kontrol, perlakuan 1 jam setelah latihan, dan 4 jam setelahnya. Latihan submaksimal dilakukan dengan *step test*. *Ice compression* dilakukan selama 10 menit pada otot paha subjek bagian depan. Nyeri DOMS dinilai dengan menggunakan skala nyeri VAS. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan uji *one way Anova* dan dilanjutkan dengan uji *Post Hoc LSD*. Hasil analisis menggunakan uji *one way Anova* didapatkan perbedaan yang signifikan di antara ketiga kelompok penelitian dan pada uji *Post Hoc* tidak terdapat perbedaan signifikan di antara kedua kelompok perlakuan, namun perlakuan 4 jam menunjukkan skala nyeri yang lebih rendah. *Ice compression* pada 4 jam setelah latihan dapat menghambat makrofag sebagai sel imun utama pada reaksi inflamasi. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa pemilihan waktu *ice compression* pada timbulnya DOMS yang paling efektif adalah 4 jam setelah latihan submaksimal.

**Katakunci:** DOMS; *ice compression*; latihan submaksimal; nyeri otot

## 1. Pendahuluan

Latihan fisik intensitas submaksimal merupakan latihan fisik yang hampir mendekati intensitas tinggi. Kegiatan ini menggunakan 80-90% denyut jantung maksimal. Rangkaian gerakan yang intensitasnya terus meningkat pada latihan fisik memerlukan energi yang besar dan menyebabkan terjadinya kelelahan pada otot (Lesmana & Broto, 2019). Kelelahan pada otot akibat intensitas yang cukup berat dapat berujung pada cedera otot yang menimbulkan rasa nyeri, dapat berupa nyeri ringan sampai berat. Namun dalam beberapa kasus, rasa nyeri terutama setelah latihan latihan eksentrik tidak ada nyeri selama atau segera setelah periode latihan, namun nyeri dimulai setelah 8-24 jam. Hal tersebut merupakan jenis nyeri yang berbeda, disebut *delayed onset muscle soreness* (DOMS) (Veqar, 2013).

*Delayed Onset Muscle Soreness* digambarkan sebagai suatu rasa sakit atau sensasi nyeri pada otot yang dirasakan setelah 8-12 jam setelah latihan, kemudian rasa nyeri mencapai puncak pada 24-48 jam setelah latihan dan dapat bertahan hingga 96 jam setelah latihan atau lebih (Veqar, 2013). DOMS timbul akibat robekan serat otot mikroskopis sebagai hasil dari aktivitas fisik dengan intensitas yang tinggi. Apabila otot mengalami kerusakan jaringan maka secara alami tubuh akan merespon dengan memperbaiki kerusakan dan merangsang ujung saraf sensorik sehingga akan timbul nyeri karena rangsangan tersebut. Rasa nyeri yang timbul menyebabkan kekakuan dan penurunan fungsi dari otot ataupun sendi (Cheung *et al.*, 2003). Kerusakan pada sel otot setelah latihan dengan intensitas tinggi akan melepaskan berbagai sitokin sebagai mediator inflamasi pada sel otot. Sitokin tersebut kemudian akan mengaktifasi leukosit seperti neutrofil dan makrofag, menuju jaringan yang rusak (Peake *et al.*, 2017).

Untuk memulihkan fungsi fisik, berbagai intervensi pemulihan pasca latihan sering digunakan untuk mempercepat pemulihan dari intensitas olahraga yang cukup berat (King & Duffield, 2009). Intervensi pemulihan tersebut salah satunya ialah *ice compression*. *Ice compression* merupakan salah satu metode *cryotherapy*, yaitu terapi pemulihan dengan memanfaatkan suhu rendah (Snyder *et al.*, 2011). *Ice compression* merupakan *cryotherapy* dengan penggunaan kantong es yang dihancurkan atau kantong gel dingin yang dikompresikan ke berbagai situs muskuloskeletal pada tubuh (Block, 2010). Kompresi menggunakan es dapat menginduksi perbaikan dan adaptasi pada otot serta meringankan gejala DOMS. Suhu rendah menginduksi terjadinya vasokonstriksi sehingga menurunkan ekstrasvasasi darah ke jaringan sekitar. Hal tersebut menyebabkan penurunan pada metabolisme, inflamasi, nyeri, serta kejang otot (Krityakiarana *et al.*, 2014).

Sejauh ini, *ice compression* telah terbukti sebagai salah satu *cryotherapy* untuk penanganan DOMS pasca latihan. Namun, belum terdapat penelitian yg membandingkan efektivitas pemilihan waktu dilakukannya *ice compression* pada timbulnya DOMS. Pula, penulis belum menemukan penelitian yang membahas protokol ataupun konsensus kapan pemilihan waktu yang tepat untuk melakukan terapinya (Millard, 2012). Pemilihan waktu tersebut penting karena DOMS dapat timbul pada 8-24 jam setelah latihan. Rentang waktu tersebut merupakan rentang yang cukup panjang sehingga dibutuhkan suatu ketetapan terhadap pemilihan waktu *treatment* agar prosedur penanganan lebih efektif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pemilihan waktu *ice compression* terbaik dalam mengatasi nyeri akibat DOMS.

## 2. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimental dengan desain eksperimen sederhana (*post-test only control group design*). Penelitian ini telah disetujui oleh Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) RS Dr. Moewardi (nomor: 669/VI/HREC/2021).

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah *non-probability sampling* dengan jenis *purposive sampling*. Kemudian dengan menggunakan Federer's *formula* didapatkan jumlah sampel penelitian sebanyak 30 orang. Peneliti kemudian menentukan kriteria inklusi dan eksklusi dalam pemilihan subjek

penelitian. Untuk kriteria inklusi terdiri dari: laki-laki; usia 18-25 tahun; memiliki indeks massa tubuh normal. Sedangkan untuk kriteria eksklusinya yaitu: responden mengalami cedera muskuloskeletal sebelum diberi perlakuan; responden dalam kondisi yang tidak prima.

Tiga puluh mahasiswa yang memenuhi syarat dibagi menjadi 3 kelompok. Satu kelompok bertindak sebagai kelompok kontrol (yang tidak diberi perlakuan) dan kelompok lain bertindak sebagai kelompok eksperimen (yang diberi perlakuan). Pada penelitian ini terdapat dua perlakuan berbeda, yaitu kelompok perlakuan 1 jam dan kelompok perlakuan 4 jam. Ketiga kelompok penelitian kemudian melakukan latihan submaksimal berupa *Chester Step Test*. *Step test* dibagi menjadi 5 tingkatan berdasarkan kecepatan irama ketukan *metronome*, dimulai dari 60 bpm sampai 140 bpm. Subjek diminta untuk melakukan prosedur *step test* pada kursi setinggi 40cm. Tiap *stage* berdurasi selama 2 menit dan latihan dimulai dari *stage* 1. Pada akhir tiap *stage* denyut nadi subjek akan diukur. *Step test* dihentikan ketika denyut nadi subjek sudah mencapai denyut jantung submaksimal (85%  $DJ_{maksimal}$ ). Kemudian dilakukan *ice compression* terhadap masing-masing kelompok perlakuan yaitu 1 jam setelah *step test* dan 4 jam setelahnya. *Ice compression* menggunakan alat berupa *cold pack gell*. *Ice compression* dilakukan selama 10 menit pada otot paha subjek bagian depan.

Untuk mengukur tingkat nyeri DOMS yang dirasakan, masing-masing subjek penelitian kemudian mengisi kuesioner *Visual Analogue Scale* (VAS) setelah 24 jam dihitung sejak subjek selesai melakukan *step test*. VAS digunakan untuk mengukur nyeri akut dengan menggunakan skala nyeri tunggal. VAS digambarkan sebagai garis linier sepanjang 10 cm, dengan atau tanpa ada tanda pada tiap sentimeter. Tanda pada kedua ujung garis ini dapat berupa angka atau pernyataan deskriptif. Ujung yang satu mewakili tidak ada nyeri, sedangkan ujung yang lain mewakili rasa nyeri terparah yang dialami pasien.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan aplikasi SPSS 22 for Windows. Analisis pertama yang dilakukan ialah uji normalitas dan homogenitas dari data yang didapatkan. Selanjutnya dilakukan uji *one way Anova* dan dilanjutkan uji *post-hoc* menggunakan Fisher's LSD untuk menilai letak perbedaan.

### 3. Hasil

Untuk menganalisis data pada penelitian ini, peneliti melakukan uji normalitas dan homogenitas sebelum melakukan uji *Anova*. Pada uji normalitas data VAS menggunakan uji *Shapiro-Wilk* didapatkan nilai  $p$  sebesar 0.078 ( $p > 0.05$ ), sehingga data penelitian ini terdistribusi normal. Pada uji homogenitas menggunakan *Levene's Statistic* didapatkan  $p$  sebesar 0.672 ( $p > 0.05$ ), sehingga data penelitian ini bersifat homogen. Kemudian data penelitian dilakukan uji *one way Anova*.

**Tabel 1.** Uji *one way Anova* data penelitian

Kelompok	Mean $\pm$ SD	p-Value
Perlakuan 1 jam	2.30 $\pm$ 1.14	0.000
Perlakuan 4 jam	1.29 $\pm$ 0.90	
Kontrol	4.36 $\pm$ 1.57	

Berdasarkan Tabel 3. uji *Anova* data VAS dihasilkan nilai *mean* sebesar 2.30 $\pm$ 1.14 pada kelompok perlakuan 1 jam. Untuk kelompok perlakuan 4 jam dihasilkan nilai *mean* sebesar 1.29 $\pm$ 0.90 dan untuk kelompok kontrol sebesar 4.36 $\pm$ 1.57. Dengan nilai probabilitas yang didapatkan yaitu  $p=0.000 < 0.05$ , yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan di antara ketiga kelompok tersebut. Untuk mengetahui letak perbedaan dari ketiga kelompok penelitian maka akan dilakukan uji *Post Hoc* menggunakan *Least Significance Difference* (LSD).

**Tabel 2.** Hasil uji *Post Hoc* data penelitian

Kelompok Perlakuan	Mean Difference	p-Value
Kontrol-1 Jam	2.0600	0.001
Kontrol-4 Jam	3.0700	0.000
1 Jam – 4 Jam	1.0100	0.078

Pada Tabel 4. uji *Post Hoc* diketahui perbandingan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan 1 jam mempunyai *mean difference* sebesar 2.0600 dan nilai  $p=0.001 < 0.05$ , sementara perbandingan kelompok kontrol dengan kelompok 4 jam mempunyai *mean difference* sebesar 3.0700 dan nilai  $p=0.000 < 0.05$ . Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kedua kelompok perlakuan, baik pada perlakuan 1 jam maupun 4 jam. Sedangkan perbandingan antara kelompok perlakuan 4 jam dengan kelompok perlakuan 1 jam didapatkan nilai  $p=0.078 > 0.05$ , hal ini menunjukkan diantara kedua kelompok perlakuan tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Namun, pada kelompok perlakuan 4 jam mempunyai nilai *mean difference* terhadap kelompok kontrol (3.0700) yang lebih tinggi dibanding kelompok perlakuan 1 jam terhadap kelompok kontrol (2.0600).

#### 4. Pembahasan

Hasil penelitian yang telah dianalisis berdasarkan uji statistik menunjukkan terdapat perbedaan signifikan pada nilai pengukuran DOMS dengan menggunakan VAS antara kelompok perlakuan 1 jam ( $p=0.001 < 0.05$ ) dan kelompok perlakuan 4 jam ( $p=0.000 < 0.05$ ) terhadap kelompok kontrol. Kemudian tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok perlakuan 1 jam dengan kelompok perlakuan 4 jam ( $p=0.078 > 0.05$ ).

Hasil yang signifikan antara kedua kelompok perlakuan terhadap kelompok kontrol menunjukkan adanya efek yang ditimbulkan oleh *ice compression* setelah latihan, yaitu *ice compression* cukup efektif dalam mengurangi rasa nyeri akibat DOMS. Sesuai dengan penelitian Millard (2012), yang menyatakan bahwa pengaplikasian benda bersuhu dingin pada kulit akan menurunkan suhu pada jaringan baik pada permukaan maupun pada bagian yang lebih dalam. Turunnya suhu jaringan dapat menurunkan metabolisme jaringan. Menurunkan laju metabolisme dapat membantu melindungi jaringan dan sekitarnya dari reaksi enzimatik yang terkait dengan cedera dan reaksi inflamasi. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan dari Kritiyakarana *et al.* (2014), yaitu suhu rendah akan menginduksi terjadinya vasokonstriksi sehingga menurunkan ekstrasvasasi darah ke jaringan sekitar. Hal tersebut menyebabkan penurunan pada metabolisme, inflamasi, nyeri, serta kejang otot. Sehingga kompresi menggunakan es dapat menginduksi perbaikan dan adaptasi pada otot serta meringankan gejala DOMS. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian oleh Block (2010), dimana pada penelitian tersebut intervensi terapi *ice compression* pada bagian subjek yang mengalami *muscle injury* menunjukkan hasil klinis yang lebih baik dibandingkan subjek yang tidak diberikan intervensi. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa terapi *ice compression* dapat digunakan sebagai terapi alternatif yang cukup efektif dalam mengurangi rasa nyeri akibat DOMS.

Sedangkan ketika membandingkan antara kelompok perlakuan 1 jam dengan kelompok perlakuan 4 jam dengan menggunakan uji *Post Hoc* didapatkan hasil yang tidak signifikan. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa kelompok perlakuan 4 jam dan kelompok perlakuan 1 jam sama-sama efektif dalam mengurangi nyeri akibat DOMS. Saat ini belum ada protokol yang pasti dalam menentukan waktu dilakukannya *ice compression*, oleh karena itu belum ada teori yang dapat mendukung hasil yang tidak signifikan dari penelitian ini (Millard, 2012). Karena belum adanya protokol tentang pemilihan waktu *ice compression*, peneliti menentukan waktu dimulainya *ice compression* pada penelitian ini berdasarkan onset meningkatnya neutrofil dan makrofag yang merupakan salah satu biomarker sel otot ketika terjadi reaksi inflamasi yang menimbulkan DOMS (Kanda *et al.*, 2013). Sesuai dengan landasan teori

penelitian ini, kerusakan pada otot setelah latihan akan melepaskan berbagai sitokin sebagai mediator inflamasi pada sel otot. Sitokin tersebut kemudian akan mengaktifasi leukosit seperti neutrofil dan makrofag, menuju jaringan yang rusak. Neutrofil jumlahnya akan meningkat setelah 45 menit hingga 1 jam dan makrofag jumlahnya akan meningkat setelah 4 hingga 24 jam setelah terjadi kerusakan otot. Aktivasi dari neutrofil dan makrofag akan melepaskan reaksi oksidatif untuk mengeliminasi debris dan jaringan yang rusak. Akan tetapi, reaksi oksidatif juga berefek pada jaringan yang sehat. Oleh karena itu, aktivasi dari leukosit akan menyebabkan kerusakan sekunder pada otot sehingga akan menstimulasi rasa nyeri (Peake *et al.*, 2017).

Namun terdapat sedikit perbedaan pada rerata nilai VAS dan *mean difference* dari kedua kelompok perlakuan, yang mana kelompok perlakuan 4 jam memiliki rerata nilai VAS lebih rendah (*mean*=1.29) daripada kelompok perlakuan 1 jam (*mean*=2.30) dan *mean difference* terhadap kelompok kontrol yang lebih tinggi (MD=3.0700). Hal tersebut menunjukkan bahwa kelompok perlakuan 4 jam menunjukkan hasil yang sedikit lebih baik dibandingkan kelompok perlakuan 1 jam meskipun memiliki efektivitas yang sama dalam mengatasi nyeri akibat DOMS. Menurut Bröchner & Toft (2009), neutrofil dan makrofag memiliki mekanisme yang berbeda terhadap berlangsungnya reaksi inflamasi. Ketika terjadi kerusakan jaringan, neutrofil merupakan yang pertama bergerak menginvasi jaringan tersebut dan menyebabkan inflamasi akut. Neutrofil akan teraktivasi dan akan menghasilkan enzim-enzim yang berfungsi untuk mendegradasi bakteri ataupun sel debris. Kemudian berdasarkan teori oleh Tidball (2011), makrofag akan muncul mulai dari 4 jam pasca terjadinya reaksi inflamasi dan mulai mengeliminasi dan menggantikan peran neutrofil. Pada fase ini makrofag bertindak sebagai sel imun utama dalam terjadinya reaksi inflamasi pada jaringan otot yang mengalami kerusakan. Makrofag meningkatkan pelepasan mediator pro-inflamasi pada jaringan sehingga meningkatkan inflamasi itu sendiri untuk membersihkan debris sel yang rusak. Sehingga reaksi inflamasi pada sel otot yang menimbulkan rasa nyeri atau DOMS disebabkan terutama oleh makrofag. Berdasarkan teori-teori di atas dan merujuk pada hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *ice compression* akan menunjukkan hasil yang sedikit lebih baik ketika terjadi penghambatan terhadap kerja dari makrofag yang merupakan sel utama reaksi inflamasi pada sel otot dibanding penghambatan terhadap neutrofil meskipun pada dasarnya kedua kelompok perlakuan ini memiliki efektivitas yang sama. Hasil ini juga sesuai dengan teori oleh Tidball (2011) tentang makrofag yang berperan sebagai sel utama inflamasi.

Perlu diketahui juga bahwa persepsi nyeri seseorang yang mana pada penelitian ini diukur menggunakan skala VAS, dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti: kondisi psikologi; genetik; dan pengalaman nyeri seseorang, sehingga persepsi nyeri tiap orang tentu berbeda-beda. Meskipun persepsi nyeri seseorang dapat diobservasi, namun hal tersebut tidak menggambarkan sejauh mana nyeri sebenarnya yang dirasakan (Shankland, 2011). Dengan demikian, hasil penelitian ini membantah hipotesis yang telah ditentukan sebelumnya yaitu ada perbedaan efektivitas terapi terhadap pemilihan waktu dimulainya *ice compression* dengan timbulnya DOMS setelah latihan submaksimal.

Selain itu terdapat keterbatasan dalam penelitian ini terutama dalam pengukuran tingkat kerusakan otot secara kimiawi, yaitu jumlah neutrofil dan makrofag yang diasumsikan sebagai sel utama yang menyebabkan timbulnya DOMS.

## 5. Simpulan dan Rekomendasi

Berdasarkan analisis dan pembahasan di atas, peneliti mengambil kesimpulan bahwa terapi *ice compression* terbukti efektif dalam mengatasi nyeri akibat DOMS setelah latihan submaksimal. Pemilihan waktu *ice compression* pada timbulnya DOMS setelah latihan submaksimal lebih baik pada 4 jam setelah latihan dibandingkan dengan 1 jam walaupun secara statistik perbedaannya tidak signifikan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan populasi dan subjek yang lebih luas. Perlu penelitian lebih lanjut terkait waktu dimulainya *ice compression* yang berbeda-beda serta

menilai tingkat kerusakan otot secara kimawi dengan memeriksa kadar neutrofil dan makrofag serta marker seperti enzim *creatinine kinase*.

### Daftar Pustaka:

- Block, J. (2010). Cold and compression in the management of musculoskeletal injuries and orthopedic operative procedures: a narrative review. *Open Access Journal of Sports Medicine*, May, 105. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s11102>
- Brøchner, A. C., & Toft, P. (2009). Pathophysiology of the systemic inflammatory response after major accidental trauma. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/1757-7241-17-43>
- Cheung, K., Hume, P. a, & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness: Treatment Strategies and Performance Factors. *Sports Medicine*, 33(2), 145–164.
- Kanda, K., Sugama, K., Hayashida, H., Sakuma, J., Kawakami, Y., Miura, S., Yoshioka, H., Mori, Y., & Suzuki, K. (2013). Eccentric exercise-induced delayed-onset muscle soreness and changes in markers of muscle damage and inflammation. *Exercise Immunology Review*, 19, 72–85.
- King, M., & Duffield, R. (2009). *THE EFFECTS OF RECOVERY INTERVENTIONS ON CONSECUTIVE DAYS OF INTERMITTENT SPRINT EXERCISE*. 23(6), 1795–1802.
- Krityakiarana, W., Budworn, J., Khajohnanan, C., Suramas, N., & Puritasang, W. (2014). Effect of Ice Bag, Dynamic Stretching and Combined Treatments on the Prevention and Treatment of Delay Onset Muscle Soreness. *International Journal of Physiotherapy and Research*, 2(6), 799–805. <https://doi.org/10.16965/ijpr.2014.696>
- Lesmana, H. S., & Broto, E. P. (2019). Profil Glukosa Darah Sebelum, Setelah Latihan Fisik Submaksimal dan Setelah Fase Pemulihan Pada Mahasiswa FIK UNP. *Media Ilmu Keolahragaan Indonesia*, 8(2), 44–48. <https://doi.org/10.15294/miki.v8i2.12726>
- Millard, R. P. (2012). Effect of Cold and Warm Compress Therapy on Tissue Temperature in. *American Journal of Veterinary Research*, 74(3), 443–447. <http://avmajournals.avma.org/doi/pdfplus/10.2460/ajvr.74.3.443%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed14&NEWS=N&AN=368429046>
- Peake, J. M., Neubauer, O., Gatta, P. A. D., & Nosaka, K. (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(3), 559–570. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00971.2016>
- Shankland, W. E. (2011). Factors that affect pain behavior. *Cranio - Journal of Craniomandibular Practice*, 29(2), 144–154. <https://doi.org/10.1179/crn.2011.023>
- Snyder, J. G., Ambegaonkar, J. P., & Winchester, J. B. (2011). Cryotherapy for treatment of delayed onset muscle soreness. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 16(4), 28–32. <https://doi.org/10.1123/ijatt.16.4.28>
- Tidball, J. G. (2011). Mechanisms of muscle injury, repair, and regeneration. *Comprehensive Physiology*, 1(4), 2029–2062. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100092>
- Veqar, Z. (2013). Causes and Management of Delayed Onset Muscle Soreness : A Review. *Elixir Human Physio.*, 55, 13205–13211. [www.elixirpublishers.com](http://www.elixirpublishers.com)