

Fisiologi dalam Permainan Sepakbola Profesional: Studi Literatur

Gaung Perwira Yustika

Nursing Program, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Surabaya, Indonesia

Diterima: 13 April 2018. Disetujui: 28 Mei 2018. Dipublikasikan: 1 Juni 2018

Abstract Soccer is the most popular sport in the world, with around 270 million people participated in this sport (FIFA, 2015). Soccer attracted attention either sport scientist or government all over the world to promoted the benefit of physical activity and also maintained people's health, including the minorities. (Hammami et al, 2016; Milanovic et al., 2015; Parnell et al., 2016). Besides, this sport can be used to promote the health public in order to prevent chronic diseases cause lack of physical activity (Krustrup et al., 2010). Physiological need of competitive soccer in highest level must have good physical condition in order to give maximal effort in a soccer match (run, hold the ball, passing and shooting). The fitness level optimization is a important aspect in the preparation of a team before joining the competition. There's already many research done, showed the data that a men's soccer professional player can reached 9-14 km of total distance covered in a soccer match. And in the Women's elite soccer game, a player can reached about 8-12 km of total distance covered. (Bloomfeld, et al 2008). But soccer is not always only about physical matter but also mental attributes needed. Research showed that mental fatigue during a soccer game may influenced the technical and physical aspect, made a player can't showed their true ability. This Review article made to show the physiological aspect of the game in soccer, resumed from scientific articles especially from Europe/USA where soccer was more advanced there. And the writer try to compare to the condition in Indonesia where soccer was still under developed there, the data showed that Indonesia was still in the bottom rank of FIFA. The writer hoped that this article can be used to developed sport science and sport medicine in his beloved country.

Keywords : soccer , physiology, physical, energy , mental, sport science.

Abstrak Sepakbola adalah olahraga paling populer dan fenomenal di dunia dengan sekitar 270 juta praktisi sepakbola yang tersebar di seluruh penjuru dunia (FIFA, 2015). Sepakbola menarik perhatian para ilmuwan olahraga dan pemerintah dari negara-negara di seluruh dunia untuk mempromosikan pentingnya beraktivitas fisik dan menjaga kesehatan baik di seluruh kalangan masyarakat, bahkan untuk kaum minoritas. (Hammami et al, 2016; Milanovic et al., 2015; Parnell et al., 2016). Selain itu olahraga ini juga dapat dipakai untuk mempromosikan kampanye kesehatan terkait pencegahan penyakit kronis yang disebabkan oleh minimnya aktivitas fisik (Krustrup et al., 2010). Kebutuhan fisiologis dari sepakbola kompetitif di level tertinggi membutuhkan kondisi fisik yang baik untuk memberikan usaha maksimal di dalam pertandingan (berlari, menahan bola, mengumpan dan menendang). Optimisasi kebugaran fisik sekarang telah menjadi bagian yang penting di

dalam persiapan tim sebelum kompetisi. Karena kepentingan tersebut telah banyak penelitian yang telah dilakukan, terutama penelitian terhadap pesepakbola pria yang mana menunjukkan data bahwa pesepakbola elit dapat menempuh total jarak 9-14 kilometer dalam sebuah pertandingan. Sedangkan para pesepakbola wanita elit dapat menempuh 8-12 kilometer dalam satu pertandingan. (Bloomfeld, et al 2008). Sepakbola tidak hanya menyita energi, kelelahan dari fisik (*Physique fatigue*) lewat metabolisme aerob dan anaerob namun juga kelelahan dari segi mental (*Mental Fatigue*). Penelitian menyebutkan kelelahan mental mempengaruhi performa fisik dari pemain walaupun pada dasarnya sepakbola merupakan olahraga yang mengutamakan *skill*. Artikel *literature review* ini menyajikan pengetahuan seputar fisiologi dalam permainan sepakbola menyangkut sisi fisiologis, yang dirangkum dari artikel-artikel ilmiah terbaru sepakbola berbagai belahan dunia (*mostly from Europe/USA*) Informasi yang disajikan diharapkan dapat berguna untuk perkembangan prestasi dan ilmu dari sisi *sport medicine* dari sepakbola di Indonesia yang sedang (selalu) terpuruk di ranking FIFA. Informasi yang disajikan ditujukan untuk pemain maupun pelatih sepakbola Indonesia dan pihak terkait sehingga pemahaman khususnya dari aspek *Sport Science* dapat lebih maju di negara tercinta ini.

Kata kunci: sepakbola, fisiologi, fisik, energi, mental, sport science.

PENDAHULUAN

Sepakbola adalah olahraga paling populer dan fenomenal di dunia dengan sekitar 270 juta praktisi sepakbola yang tersebar di seluruh penjuru dunia (FIFA, 2015). Sepakbola menarik perhatian para ilmuwan olahraga dan pemerintah dari negara-negara di seluruh dunia untuk mempromosikan pentingnya beraktivitas fisik dan menjaga kesehatan baik di seluruh kalangan masyarakat, bahkan untuk kaum minoritas. (Hammami et al, 2016; Milanovic et al., 2015; Parnell et al., 2016). Selain itu olahraga ini juga dapat dipakai untuk mempromosikan kampanye kesehatan terkait pencegahan penyakit kronis yang disebabkan oleh minimnya aktivitas fisik (Krustrup et al., 2010).

Di Indonesia sendiri terdapat beberapa kompetisi yang diakui oleh Persatuan Sepakbola Seluruh Indonesia (PSSI) diantaranya

adalah Liga 1 (Liga Gojek) dan Liga 2 untuk klub sepakbola profesional serta di kasta terakhir ada Liga 3 untuk klub sepakbola yang menampung pemain amatir. Sepakbola dimainkan oleh pria maupun wanita, anak-anak dan orang dewasa dengan beragam tingkatan level mulai dari amatir hingga profesional. Performa permainan sepakbola bergantung kepada faktor-faktor yang penting seperti kemampuan teknis/biomekanis, taktik, mental dan juga dari sisi psikologis. Kita bisa melihat di level profesional, pemain yang biasanya memiliki kemampuan teknis baik, ketika mengalami pertandingan yang besar maupun berada di bawah tekanan penonton dapat tampil jauh di bawah performa terbaiknya. Salah satu alasan mengapa sepakbola menjadi sangat populer adalah olahraga ini sangat mudah dimainkan dimanapun dan kapanpun, murah dan tidak memerlukan keterampilan yang sangat khusus.

Tuntutan fisiologis dari sepakbola kompetitif di level tertinggi membutuhkan kondisi fisik yang baik untuk memberikan usaha maksimal di dalam pertandingan (berlari, menahan bola, mengumpan dan menendang). Optimisasi kebugaran dari fisik sekarang telah menjadi bagian yang penting di dalam persiapan tim. Karena kepentingan tersebut telah banyak penelitian yang telah dilakukan, terutama penelitian terhadap pesepakbola pria yang mana menunjukkan data bahwa pesepakbola elit dapat menempuh total jarak 9-14 kilometer dalam sebuah pertandingan. Sedangkan para pesepakbola wanita elit dapat menempuh 8-12 kilometer dalam satu pertandingan. (Bloomfield, et al 2008).

Artikel *literature review* ini menyajikan pengetahuan seputar fisiologi dalam permainan sepakbola menyangkut sisi fisiologis, yang dirangkum dari artikel-artikel ilmiah sepakbola berbagai belahan dunia lain (*outside Asia*) dan sudut pandang penulis dikaitkan dengan kondisi persepakbolaan Indonesia, yang jarang dibahas secara fisiologis-medis/kesehatan olahraga dan dipublikasikan di Indonesia terutama dalam aspek fisiologisnya. Informasi yang disajikan diharapkan dapat berguna untuk perkembangan prestasi dan ilmu dari sisi *sport medicine* dari sepakbola di Indonesia yang sedang (selalu) terpuruk di rangking FIFA. Informasi yang disajikan ditujukan untuk pemain maupun pelatih sepakbola Indonesia dan pihak terkait sehingga pemahaman khususnya dari aspek *Sport Science* dapat lebih maju di negara tercinta ini.

Tuntutan fisik pesepakbola

Di dalam sepakbola modern kemenangan di dalam suatu kompetisi membutuhkan level fisik dan kondisi fisiologis yang tinggi di luar kemampuan teknis-taktikal dari setiap pemain (Faude, Koch, & Meyer, 2012). Atribut inilah yang kemudian dapat membedakan permainan satu pemain dengan yang lainnya (Haugen, Tønnessen, & Seiler, 2012 and 2013). Aspek fisik yang dimaksud seperti yang diperlihatkan pada tabel 1 (Bloomfield, et al 2008) adalah aspek yang terlibat ketika pemain ingin melakukan kontrol bola, menerima bola baik dengan kaki kanan maupun kaki kiri, menyundul bola, *dribble*, umpan pendek dan jauh. Di penelitian lain variabel ini ditambah aspek *tackle*, akselerasi, berubah arah, memperlambat diri dan melompat (Varley and Aughey, 2012). Kesemuanya ini tentu membutuhkan level kebugaran fisik yang tinggi dari para pemain (Reilly & Thomas, 2003). Di Indonesia khususnya liga Gojek Traveloka musim 2017/2018 *marquee player* pemain mantan liga Inggris, Michael Essien (Persib Bandung) dan Michael Sissoko (Mitra Kukar) memberikan pujian terhadap pemain Indonesia yang memiliki kemampuan fisik yang cukup baik dari aspek-aspek di atas namun tidak secara taktikal.

Kemampuan fisik dari pemain yang mumpuni dapat membuat pemain berkonsentrasi penuh menjalankan instruksi pelatih dengan baik di dalam suatu pertandingan yang melelahkan (Clemente et al., 2013). Oleh karena itu optimisasi kebugaran dari fisik sekarang telah menjadi bagian yang penting di dalam persiapan tim untuk menunjang aspek taktikal dan teknis. Karena kepentingan tersebut telah banyak penelitian yang telah dilakukan terkait kemampuan fisik ideal pemain, terutama penelitian terhadap pesepakbola pria yang mana menunjukkan data bahwa pesepakbola elit dapat menempuh total jarak 9-14 kilometer dalam sebuah pertandingan (Mohr, et al 2002). Sedangkan para pesepakbola wanita elit dapat menempuh 8-12 kilometer dalam satu pertandingan. (Bloomfield, et al 2008). Kemajuan teknologi kamera yang cukup canggih saat ini bahkan dapat merekam kecepatan dan jarak tempuh pemain saat pertandingan sedang berlangsung (*live*) contohnya saja pertandingan EPL (*English Premier League*) dan kompetisi top eropa lainnya suatu kondisi dimana di Indonesia hingga kompetisi profesional musim 2018 ini belum diaplikasikan terkait teknologi *sport science* tersebut. Dengan teknologi yang canggih ini dapat dilihat bahwa pemain di Liga Ing-

Tabel 1. Frekuensi aktifitas dengan bola dilakukan dari pemain dari berbagai posisi (Bloomfield, et al 2008)

Variabel	Posisi								H_2	p
	Penyerang		Gelandang		Bek		Total			
	(n=19)	(n=18)	(n=18)	(n=18)	(n=55)	(n=55)	(n=55)			
Umpan jauh (kaki kanan)	1.3 (2.5)	7.0 (6.9)	9.7 (6.9)	5.9 (6.7)	15.6	<.001				
Umpan sundulan pendek	8.8 (9.2)	5.0 (6.6)	7.0 (6.9)	7.0 (7.7)	2.2	.325				
Umpan pendek mendatar	13.9 (9.6)	27.3 (28.8)	9.0 (7.8)	16.7 (19.3)	6.1	.046				
Menerima (kaki kanan)	14.8 (11.2)	22.7 (20.4)	11.7 (12.1)	16.4 (15.5)	4.3	.118				
Menerima (kaki kiri)	6.3 (7.6)	11.0 (10.3)	5.0 (8.0)	7.4 (8.9)	5.6	.061				
Dribble	18.0 (13.4)	22.7 (24.3)	12.0 (12.5)	17.6 (17.7)	3.6	.152				
Total	102.3 (51.1)	139.7 (111.1)	90.3 (47.6)	110.6 (76.9)	2.9	.234				

gris berdasarkan data penelitian yang membandingkan data musim 2006/2007 dengan data musim 2012/2013 total jarak sprint yang dilakukan pemain mengalami kenaikan signifikan sebesar 35% (Barnes, Archer, Hogg, Bush, & Bradley, 2014). Ini menunjukkan bahwa atribut fisik khususnya pada sprint pada sepakbola modern ini menjadi lebih penting dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya (Haugen et al., 2013). Diharapkan kedepannya di Indonesia data detail seperti ini dapat diperoleh sehingga analisis kepada performa pemain menjadi lebih akurat.

Tuntutan fisik berdasarkan posisi dan tipikal permainan

Jarak tempuh pemain sepakbola di level tertinggi dalam untuk sebuah pertandingan adalah di kisaran 10-12 km untuk pemain *outfield/non goalkeeper*, dan sekitar 4 km untuk penjaga gawang. Penelitian seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 menyebutkan bahwa posisi pemain yang berlari paling jauh di dalam pertandingan adalah pemain tengah khususnya pemain yang *free role/independent*, yakni pemain yang diberikan peran bebas oleh pelatih (contohnya Lionel Messi, Ronaldinho Gaucho atau di Indonesia Firman Utina/Evan Dimas) dan disebutkan fakta pemain sepakbola profesional berlari lebih jauh dibandingkan pemain non-profesional. Intensitas *exercise* tereduksi, begitu pula dengan jarak tempuh sekitar 5-10% lebih rendah di babak kedua dibandingkan dengan babak pertama (Mohr et al., 2016). Di dalam sebuah pertandingan sepakbola, *sprint* dapat dilakukan setiap 90 detik dan per

sprintnya berakhir 2-4 detik. Melakukan *sprint* adalah bagian dari 1-11% total jarak yang ditempuh dalam 1 pertandingan. Bila dikaitkan dengan waktu efektif permainan sprint dilakukan 0,5-3% ketika bola sedang bergulir dalam permainan (Mohr et al, 2002).

Tabel 2. Perbedaan jarak yang ditempuh dalam meter di dalam satu pertandingan berdasarkan posisi pemain (mean \pm s) (Di Salvo et al, 2007)

Posisi pemain	Rata-rata jarak yang ditempuh	s
Free role / independent position	11393 m	1016 m
Bek tengah / <i>central defender</i>	10627 m	893 m
Bek luar/ <i>external defender</i>	11410 m	708 m
Pemain tengah/ <i>midfielder</i>	12027 m	625 m
Gelandang luar / <i>external midfielder</i>	11990 m	776 m
Pemain depan/ <i>forward</i>	11254 m	894 m

Di dalam permainan, setiap pemain melakukan 1000-1400 aktivitas durasi pendek berubah ubah setiap 4-6 detik. Aktivitas yang dilakukan yaitu: 10-20 sprint; lari intensitas tinggi setiap 70 detik; 15 *tackle*; 10 sundulan; 50 kali kontak dengan bola; 30 umpan dengan kecepatan yang berbeda dan gaya kontraksi otot yang berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan

gan dan ontrol dibawah tekanan pertahanan lawan (*pressing game*) (Ekblom, 1986)

Bek sayap (*fullback*) dalam permainan modern ini adalah pemain yang sibuk di dalam permainan ini dengan melakukan sprint lebih dari dua setengah kali (2.5x) lebih lama dibandingkan bek tengah (*central defender*), pada data lain terungkap bahwa pemain gelandang dan penyerang berlari juga lebih lama dibandingkan bek tengah (1.6-1.7x lebih lama) (Withers, et al 1982). Hal ini terkait tugas dari bek sayap untuk lebih banyak berlari menyisir sisi samping pertahanan lawan memberikan umpan silang (*crossing*) kepada penyerang maupun melakukan *overlapping* ke area pertahanan lawan sehingga memerlukan *sprint* lebih lama dibandingkan posisi yang lain.

Kelelahan

Kelelahan (*fatigue*) dimanifestasikan dari reduksi gaya maksimal (*maximal force*) atau daya (*power*) yang kerap diasosiasikan dengan olahraga yang panjang dan direfleksikan dengan penurunan performa (Mohr et al., 2002). Tuntutan kemampuan fisik dari suatu pertandingan kompetitif dapat menyebabkan para pemain menderita kelelahan, menyebabkan penurunan hasil sprint dan lompatan di tengah dan setelah pertandingan (Kellis et al., 2006). Kelelahan adalah suatu keadaan yang disebabkan oleh beberapa hal terutama dikaitkan dengan perubahan metabolik akut. Aktivasi cepat metabolisme karbohidrat tahapan glikolisis (pemecahan glukosa menjadi asam piruvat dan ATP) dan peningkatan konsentrasi ion hidrogen menyebabkan keadaan keasaman di dalam otot berubah (*asidosis intramuscular*) dan mengarah pada penurunan performa pemain sepakbola. Kelelahan juga dipengaruhi oleh banyaknya penggunaan simpanan bahan bakar energi Adenosin Tri Phosphat (ATP) dari sistem ATP-PCr dan kalsium. Penelitian mengkonfirmasi bahwa kelelahan memiliki pengaruh yang negatif dalam kecepatan (*velocity*) tendangan bola (Kellis et al., 2006) dan di banyak pertandingan gol terjadi di akhir laga ketika pertandingan sudah mencapai menit 75-90 (Fransson et al., 2017; Mohr et al., 2002).

Penelitian menjabarkan performa lari pemain mengalami penurunan sementara maupun permanen sepanjang permainan dari babak pertama menuju babak kedua disaat intensitas permainan yang tinggi. Hal ini mengingatkan kepada fakta masalah fisik timnas Indonesia (PSSI) yang selalu kedodoran dari aspek fisik ketika pertandingan telah mema-

suki menit 70 ke atas. Masih diingat ketika persiapan Piala Asia 2007, *head coach* timnas Garuda saat itu Ivan Kolev memfokuskan kepada aspek fisik ketimbang teknis pesepakbola timnas, dan Indonesia bermain baik walaupun tidak lolos fase grup.

Jumlah jarak ditempuh yang menurun pada babak kedua diakibatkan dengan jelas oleh kelelahan, pada beberapa penelitian dilaporkan dengan penurunan glikogen otot di akhir pertandingan. Penurunan dari performa lari diperparah dengan kondisi lingkungan yang menantang seperti cuaca yang panas. Bisa kita lihat contoh kasus adaptasi pemain-pemain mantan klub Eropa (*marquee player*) yang bermain di *level* tertinggi Indonesia mengalami kesulitan yang luar biasa dan penurunan performa lari di tahun pertamanya terhadap iklim dan kondisi di Indonesia yang disinari cahaya matahari sepanjang tahun seperti yang dialami Michael Essien (Persib Bandung), Didier Zokora (Semen Padang), Juan Pablo Pino (Arema FC) atau Van der Velden (Bali United) di musim Liga 1 Gojek 2017/2018 sehingga performa yang mereka tunjukkan tidak maksimal, tidak seperti yang mereka dapat tunjukkan ketika masih bermain di klub elit eropa.

Secara umum didapatkan dari literature, durasi pemulihan setelah bertanding di dalam satu pertandingan bervariasi. Berdasarkan penelitian menunjukkan waktu pemulihan berkisar antara 24 jam (Silva et al, 2013) hingga 48 jam sebagaimana yang di deskripsikan oleh Krustup et al. (2011), bahkan bisa lebih lama 72 jam (Ascensão et al., 2008; Draganidis et al., 2015; Nedelec et al., 2014). Sehingga pelatih harus menyiasati jadwal yang padat dalam kompetisi dengan waktu pemulihan pemain yang tepat dengan melakukan rotasi pemain.

Kelelahan mental

Sepakbola tidak hanya menyita energi, kelelahan dari fisik (*Physique fatigue*) lewat metabolisme aerob dan anaerob namun juga kelelahan dari segi mental (*Mental Fatigue*). Penelitian menyebutkan kelelahan mental mempengaruhi performa fisik dari pemain walaupun pada dasarnya sepakbola merupakan olahraga yang mengutamakan *skill*. *Research* menunjukkan kelelahan mental dapat mengganggu konsentrasi, kemampuan persepsi, dan pengambilan keputusan dalam sebuah permainan, walaupun kerancuan bisa saja terjadi (multi-faktorial) (Martin et al, 2015). Kelelahan mental dapat dijelaskan sebagai kondisi *pyscobiological* yang disebabkan

oleh pengalaman periodisasi berkepanjangan yang menuntut aktivitas kognitif dan dicirikan dengan perasaan lelah ditandai dengan penurunan performa lari dan pengambilan keputusan yang buruk (salah umpan, gagal mengontrol bola, akurasi yang buruk tendangan ke gawang, dll) dari sang pemain (Boksem et al, 2005).

Kelelahan mental pada konteks di dalam permainan bisa diakibatkan oleh keputusan (*frustration*) usaha atas jalannya permainan. Terdapat faktor-faktor kontekstual yang terintegrasi dan saling berhubungan yang menekan kondisi psikis pemain diantaranya adalah situasi ketika sedang dalam ketinggalan skor (dalam keadaan kalah), jalannya pertandingan (kalah dalam penguasaan *ball possession*, dll), faktor internal atlet (umur, kebugaran, *skill*, dll), faktor lawan (sejarah, posisi di klasemen, rivalitas supporter, dll), dan faktor kondisi lingkungan (biasanya untuk laga away, adaptasi dengan lapangan, *temperature*, ketinggian diatas permukaan laut West et al (2007).dll). Faktor *stressor* lingkungan pada tabel 3 khususnya ketinggian terkait kepada keadaan akut hipoksia akibat PO₂ yang makin rendah di tempat yang lebih tinggi yang dialami pemain (Taylor and Rollo, 2014).

Tabel 3. Tekanan atmosfer and PO₂ from dari 0 m permukaan laut hingga 5,000 m West et al (2007).

Ketinggian (m)	Tekanan Atmosfer (mmHg)	PO ₂ (mmHg)
0	760	159
1,000	684	143
2,000	608	127
3,000	532	111
4,000	456	96
5,000	380	80

Keadaan-keadaan ini dapat berefek kepada situasi yang tidak seimbang dan tidak terkontrol sehingga individu pemain mengirim sinyal ke otak menyebabkan kelelahan dari segi psikis, terutama pemain-pemain yang masih belum berpengalaman menghadapi kondisi yang menekan mental. Contoh kasus di Indonesia adalah ketika sebuah klub profesional Indonesia wilayah barat contohnya PSMS Medan, Sriwijaya FC dan klub lain yang berada di Sumatera bertanding ke klub wilayah timur atau bertandang ke Persipura Jayapura atau Perseru Serui akan menghadapi tekanan

dari kondisi lingkungan yang baru dan menantang dari segi mental (tekanan supporter tuan rumah) dan juga dari segi fisik mengingat kondisi geografis yang jauh dan keadaan pegunungan di Papua sehingga sulit untuk menang di kandang mereka, atau sebaliknya Persipura yang melawat ke medan/ klub Indonesia lain di wilayah barat mengalami kondisi yang serupa. Untuk menyiasati hal ini klub dapat berlatih di daerah dataran tinggi contohnya saja di kota batu, kabupaten Malang dimana akan terjadi aklimatisasi pada tubuh pemain sehingga performa fisik pemain diharapkan meningkat.

Profil fisiologis pemain

Metabolisme aerob

Sepakbola dimainkan dengan aktivitas *intermittent* 90 menit (*if no extra time regulation*) dan ditambah perpanjangan waktu serta adu penalti di dalam sistem *knock out* dengan aktivitas berjalan hingga *sprint*. Tuntutan fisiologis pesepakbola wanita dan pria mirip, akan tetapi pada level kompetitif wanita didapatkan data jarak tempuh pesepakbola wanita lebih rendah (kurang lebih 33% lebih rendah) walaupun ternyata intensitasnya lebih tinggi dibandingkan sepakbola pria (kecepatan maksimal >15 km/jam) (Krustrup et al., 2006).

Karena durasi permainan yang cukup lama ini, sepakbola sangat tergantung kepada penyediaan energi via jalur metabolisme aerob dominan (dengan menggunakan oksigen). Intensitas kerja rata-rata dapat diukur dari persentasi dari denyut jantung maksimal (HR-max), dalam 90 menit pertandingan sepakbola seorang pemain dapat mendekati *anaerobic threshold/maximal lactate steady state* (Intensitas latihan tertinggi dimana produksi dan pembuangan asam laktat setara; normalnya diantara 80-90% dari HRmax pemain sepakbola). Nilai dari HR saat pertandingan/latihan berujung kepada overestimasi pengambilan oksigen, karena beberapa faktor seperti dehidrasi, hipertermia dan stress mental meningkatkan denyut jantung tanpa berefek kepada pengambilan oksigen. Apabila faktor-faktor di atas diperhitungkan, pemeriksaan denyut jantung selama pertandingan mengindikasikan bahwa rata-rata pengambilan oksigen adalah sekitar 70% dari VO₂ max (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015).

Pemeriksaan lain yang tidak kalah penting adalah pemeriksaan suhu inti, yang merupakan pemeriksaan tidak langsung dari produksi energi dalam bentuk kalori. Temperatur inti tubuh pemain yang mencapai 39°C hingga

40°C saat bertanding menunjukkan rata-rata pengambilan oksigen 70%-75% dari VO₂ max dan didapatkan data pengambilan oksigen bervolume antara 2.5-4.5 L/menit (Mohr *et al.*, 2012), Penggunaan oksigen untuk metabolisme secara aerobik harus dipenuhi secara cukup tentu harus ada peran sistem pelepasannya. Oksigen diambil dari jalur aerosol melalui sistem pernafasan dan akan diedarkan melalui sistem sirkulasi lewat pengikatan oleh hemoglobin. Tingkat kadar hemoglobin sangat berperan dalam menentukan banyaknya jumlah oksigen yang dapat diangkut oleh darah. Semakin banyak oksigen yang dapat diikat maka, metabolisme aerobik akan lancar dalam memproduksi energi yang diperlukan dalam olahraga daya tahan (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015).

Faktor asupan nutrisi untuk atlet sepakbola terkait hemoglobin ini terutama tidak cukupnya kebutuhan zat besi yang masuk dan rendahnya bioavailabilitas makanan yang mengandung besi merupakan penyebab kadar hemoglobin rendah. Pola menu atlet sepakbola yang bersumber utama dari pati polisakarida, sayur dan buah yang mengandung penghambat penyerapan besi seperti tannin, phythate, oksalat, phosphate dan serat (*dietary fiber*) bila tidak diimbangi dengan mengkonsumsi zat *supportive* lain seperti besi heme, asam askorbat dan protein, berakibat kepada daya tahan pemain (*endurance*) dapat menurun. Hemoglobin berfungsi sebagai transportasi oksigen dengan cara mengikat dan membawa oksigen dari paru untuk diedarkan ke seluruh tubuh lewat arteri pulmonalis. Penurunan jumlah oksigen dalam tubuh sangat erat terefek oleh konsentrasi hemoglobin yang rendah. Sehingga biasanya manifestasi klinis yang dirasakan pemain adalah mual hingga muntah di lapangan.

Tentunya dikarenakan sepakbola merupakan olahraga aerobik dominan, selain asupan nutrisi yang berkualitas harus ditunjang dengan program latihan yang baik salah satunya dengan melakukan latihan interval aerobik dengan intensitas sedang (*moderate intensity-aerobic energy system*) yang terbukti dapat meningkatkan kapasitas VO₂ max sebesar 3,66% (Park *et al.*, 2010) secara berkala sebelum kompetisi diharapkan jumlah hemoglobin dapat meningkat dan berefek kepada efisiensi metabolisme untuk kebutuhan pertandingan sepakbola dengan intensitas yang tinggi, ketika tubuh memerlukan oksigen untuk menghasilkan energi dengan peningkatan *capillary density* menyebabkan proses pemulihan lebih

cepat dan peningkatan fungsi kardiovaskular sehingga performa aerobik terbaik (Ozaki *et al.*, 2010).

Semakin lama dan tinggi aktivitas bermain di lapangan akan membuat tubuh sang pemain beradaptasi sehingga jumlah oksigen yang diperlukan untuk metabolisme akan meningkat sehingga peranan hemoglobin dalam pengangkutan memegang peranan sangat penting disini. Karena pentingnya asupan nutrisi ketersediaan zat besi inilah seharusnya keterlibatan ahli gizi mulai diperhatikan oleh klub profesional di Indonesia (yang saya ketahui ahli gizi khusus klub sepakbola di Indonesia belum ada) menjadi sangat penting untuk klub sepakbola profesional modern zaman ini, bukan hanya zat besi saja tetapi juga untuk menjaga asupan makronutrien maupun mikronutrien yang lain yang sama-sama penting dalam penunjang metabolisme penyediaan energi. Sehari-hari pemain yang tinggal di mes maupun pemain asing yang tinggal di apartemen dapat lebih terawasi dengan adanya ahli gizi klub. Sehingga pemain tidak makan sembarangan diluar (contohnya bakso atau makanan lain berkualitas nutrisi buruk yang dapat menyebabkan pemain *food poisoning/intolerance*).

Metabolisme anaerob

Kapasitas anaerob (*Anarobic Capacity*) adalah banyaknya energi yang dapat tersedia untuk menggerakkan sistem energi anaerob, yakni metabolisme tanpa menggunakan oksigen yang kaitannya erat dengan pembentukan asam laktat, sedangkan daya anaerob (*Anaerobic Power*) adalah banyaknya energi maksimum yang dapat dikonversi selama melakukan kerja dalam sistem anaerob sehingga dengan demikian dimensi waktu melekat pada terminologi daya anaerob (*Anaerobic Power*). Pada aktivitas olahraga yang dilakukan dengan intensitas tinggi, membutuhkan *power* dan berlangsung secara cepat dalam hitungan di bawah 1 menit maka metabolisme energi tubuh akan berjalan secara anaerobic, contohnya sprint-sprint pendek dalam sepakbola. Metabolisme energi secara anaerobik terdiri dari dua sistem yaitu sistem *phosphocreatin* (PCr) dan sistem glikolisis anaerob atau dikenal dengan sistem pembentuk laktat. *Creatine* (Cr) merupakan salah satu jenis asam amino yang tersimpan di dalam otot rangka sebagai sumber energi. Di dalam otot, bentuk *creatine* yang sudah terfosforilasi yaitu *phosphocreatine* (PCr), dengan bantuan enzim *creatine phospho-*

kinase, phosphocreatine (PCr) yang tersimpan di dalam otot akan dipecah menjadi Pi (inorganik fosfat) dan *creatine*. Inorganik fosfat (Pi) yang dihasilkan melalui proses pemecahan PCr ini melalui proses fosforilasi dapat mengikat kepada molekul ADP (*adenosine diphosphate*) untuk kemudian kembali membentuk molekul ATP (*adenosine triphosphate*). Melalui proses hidrolisis PCr, energi dalam jumlah besar (2.1-2.3 mmol ATP/kg *muscle weight/s*) dan diperoleh data laktat darah dikisaran 7mM, sehingga dapat dihasilkan langsung untuk memenuhi kebutuhan energi pada saat berolahraga dengan karakteristik cepat dan intensitas tinggi melalui simulasi pertandingan (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008; Mohr et al., 2016).

Sumber-sumber energi untuk *muscle training* yang berjangka-waktu lama adalah perombakan lemak dan karbohidrat (yang dilepaskan melalui jalur-jalur aerob), sedangkan sumber energi untuk latihan berjangka-waktu pendek adalah glikogenolisis (pelepasan gula yang tersimpan dalam tubuh) yang terdapat dalam otot dan hati yang dapat ditingkatkan dengan metode latihan interval dengan intensitas tinggi (Behi, Fahey, Afsharnezhad, & Amani, 2017). Metode latihan lain (latihan KAATSU dikombinasikan dengan latihan aerobik) menyatakan keadaan iskemik dapat memberikan adaptasi terhadap peningkatan glikogen (Park et al., 2010). Pembentukan kembali *Adenosine three phosphate* dari *Adenosine di phosphate* dan CP tidak memproduksi senyawa asam laktat atau dapat juga disebut Alaktasid (*not produce lactate*). Penciptaan ulang ATP melalui penguraian anaerob atas glikogen menghasilkan terbentuknya asam laktat dan dengan demikian disebut Laktasid (*produce lactate*) (MacDougall, dkk, 1983). Di kompetisi yang kepadatannya sedang kadar laktat didapatkan 5mmol/L sedangkan di tengah kondisi kompetisi yang padat kadarnya 7mmol/L (Bangsbo et al., 1994).

Intensitas *exercise* yang tinggi saat pertandingan akan berefek kepada peningkatan pemecahan *creatine-phosphate* (CP), pemeriksaan biopsi otot setelah pertandingan menunjukkan level CP sekitar 75% dari tingkat saat istirahat. Bagaimanapun, temuan pemecahan CP saat pertandingan berlangsung (segera saat pertandingan usai) yang cenderung lebih menurun di kisaran 60% dari *resting level*. Dengan ditemukannya kadar CRP yang sebagai tanda adanya inflamasi ringan sementara berkisar antara 3mg/L. Ketika melakukan aktivitas yang memacu fisik maksimal seperti sepakbola, sistem energi ini hanya mampu bertahan

sekitar 7-10 detik. Hal ini dikarenakan simpanan ATP dan PC dalam otot sangat terbatas. Pada sistem ini ATP yang tersimpan di otot di gunakan pertama kali sekitar 2-3 detik dan kemudian disusul dengan PC (*creatin phosphate*) untuk pembuatan kembali ATP sampai PC di dalam otot habis yang bertahan sekitar 7-10 detik. Respon fisiologis yang disebabkan oleh sprint pendek ini mengakibatkan adanya kerusakan minor dari serabut otot akibat akselerasi dan kemudian deakselerasi (Draganidis et al, 2015). Kerusakan ini ditandai dengan kadar biomarker CRP yang berlaku sebagai tanda adanya respons inflamasi singkat (tanda kerusakan otot) berkisar antara 3mg/L setelah pertandingan kompetitif (Ispirlidis et al., 2008; Mohr et al., 2016). Peningkatan CRP ini setelah permainan sepakbola dihubungkan dengan aktivasi leukosit dan sintesis dari molekul pengikat, yang membawa leukosit (sel darah putih) ke tempat cedera minor/inflamasi otot berada sehingga robekan minor tersebut dapat teratasi (Fatouros and Jamurtas, 2016).

Kehilangan Energi Pemain Sepakbola

Terungkapnya fakta bahwa sepakbola adalah aktivitas gabungan antara variasi latihan berkesinambungan dan permainan membuat intensitas dan durasinya bervariasi (Eniseler 2005), adalah sebuah tantangan tersendiri untuk menentukan pastinya energi yang hilang (Williams 2012). Penelitian menunjukkan bahwa energi yang hilang per satuan waktu berjalan seiring dengan level intensitas dari latihan tersebut. Kebutuhan metabolisme dan energi dari latihan dan permainan sepakbola bervariasi sepanjang musim, hal ini disebabkan oleh faktor lingkungan, standar kompetisi, pola permainan dan posisi pemain (Burke, Loucks and Broad 2006; Shephard 1999; Di Salvo and Pigozzi, 1998; Reilly 1997; Reilly and Thomas 1976). Kebutuhan energi pemain memang unik dan berbeda masing-masing pemain, kemungkinan disebabkan oleh basal metabolic rate, faktor makanan dan juga faktor aktivitas (Manore and Thompson 2006).

Bangsbo (2014) memperkirakan kehilangan energi di dalam satu pertandingan adalah di kisaran 16 kilokalori (kcal)/ menit, dan 1400 kkal untuk keseluruhan durasi selama 90 menit pertandingan. Pada level sepakbola elit, sekitar 2000kcal dapat hilang dari seluruh total durasi satu pertandingan (Bangsbo et al 2006; Bangsbo 2014). Pada risetnya Coelho et al. (2010) menspesifikkan laporan dari energi yang hilang 1540 ± 130 kkal setiap pemain-

nya di dalam pertandingan kompetisi U20 di liga utama Brazil. Pada penelitian sebelumnya, Shephard (1992) melaporkan kehilangan energi sekitar 1565kcal, di sisi lain Stolen et al. (2005) memperkirakan energi yang hilang dari pemain yang memiliki VO_2 max 70 mL \cdot kg⁻¹ min⁻¹ menghabiskan 1772kcal dari sebuah pertandingan kompetitif.

Sementara di dalam sebuah latihan sepakbola, variasi hasil kembali terlihat seperti halnya data yang disebutkan pada data saat bertanding, terutama terkait komposisi sesi latihan yang sedang dijalani (Eniseler, 2005). Data riset menunjukkan energi yang hilang pada sesi latihan sepakbola ada di kisaran 1080-1350kcal pada pemain Inggris profesional (Reilly dan Thomas 1979), walaupun tentunya tempo permainan sudah jauh berbeda di zaman sekarang.

Metode yang paling umum di dalam memperkirakan energi yang hilang adalah dengan menggunakan total jarak tempuh yang dikover pemain, yang menunjukkan skala dari rata kerja di sepanjang jalannya pertandingan (Alghannam, 2013). Metode ini bagaimanapun memiliki kekurangan, dan kurang merefleksikan data yang akurat dari energi yang hilang, dikarenakan kerancuan akan faktor-faktor lain yang mempengaruhi diantaranya lokasi dan kondisi lapangan permainan yang dapat merubah pergerakan tubuh pemain (Di Salvo et al. 2007).

Memperkirakan kebutuhan energi harian dari pemain adalah hal yang fundamental dalam mengerti *Total Daily Energy Expenditure* (TDEE) dari seorang individu pemain. Aktivitas harian individu dari aktivitas fisik dan gaya hidup harus masuk di dalam perhitungan energi yang hilang dari sesi latihan sepakbola atau pertandingan setelah mengkalkulasikan *Basal Metabolic Rate* dari masing-masing individu pemain. Sebuah cara yang mudah digunakan untuk memprediksi BMR adalah menggunakan umur, jenis kelamin, tinggi, dan massa tubuh sebagaimana yang disampaikan Harris and Benedict (1919). Penelitian menunjukkan estimasi TDEE dari pemain sepakbola di level elit ada di kisaran rata-rata 3550kcal per harinya, dengan 3100kcal untuk pemain yang paling kecil TDEEnya dan 4050kcal untuk pemain yang kehilangan energi paling banyak (Rico-Sanz et al. 1998; Reilly and Thomas 1979). Pada sebuah studi, Reilly and Thomas (1976) dilaporkan kehilangan energi harian sebesar 3439kcal diantara para pemain Inggris

profesional menggunakan pengecekan pada kerja jantung dan catatan aktivitas, di lain sisi Rico-Sanz (1998) memperkirakan kehilangan energi sebesar 3821kcal penghitungan TDEE pada pemain sepakbola Olimpiade Puerto Rico. Data yang menunjukkan kemiripan Ebine et al. (2002) menunjukkan nilai 3532kcal per hariannya pada pemain Jepang profesional. Data-data diatas menunjukkan setiap pemain kehilangan energi dalam jumlah kcal yang berbeda dalam istilah TDEE tergantung terhadap kondisi pemain, yang menunjukkan pendekatan nutrisi yang dapat diberikan harus benar-benar menyesuaikan per individunya, tidak dapat disamaratakan.

SIMPULAN

Tuntutan fisiologis dari sepakbola kompetitif di level tertinggi suatu kompetisi dalam satu musim penuh membutuhkan kondisi fisik yang baik untuk memberikan usaha maksimal di dalam pertandingan (berlari, menahan bola, mengumpan dan menendang). Optimisasi kebugaran dari fisik sekarang telah menjadi bagian yang penting di dalam persiapan tim.

Karena durasi permainan yang cukup lama (90 menit) ditambah dengan tambahan waktu, sepakbola sangat tergantung kepada penyediaan energi via jalur metabolisme aerob dominan (dengan menggunakan oksigen). Tanpa mengesampingkan mekanisme anarob. Intensitas kerja rata-rata dapat diukur dari persentasi dari denyut jantung maksimal (HRmax), dalam 90 menit pertandingan sepakbola seorang pemain dapat mendekati *anaerobic threshold/maximal lactate steady state* (Intensitas latihan tertinggi dimana produksi dan pembuangan asam laktat setara; normalnya diantara 80-90% dari HRmax pemain sepakbola).

Penelitian menunjukkan estimasi TDEE, yang menunjukkan kehilangan energi hariannya dari pemain sepakbola di level elit ada di kisaran rata-rata 3550kcal per harinya, dengan 3100kcal untuk pemain yang paling kecil TDEEnya dan 4050kcal untuk pemain yang kehilangan energi paling banyak. Data-data diatas menunjukkan setiap pemain kehilangan energi dalam jumlah kcal yang berbeda dalam istilah TDEE tergantung terhadap kondisi pemain, yang menunjukkan pendekatan nutrisi yang dapat diberikan harus benar-benar menyesuaikan per individunya, tidak dapat disamaratakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alghannam, A.F. (2013) Physiology of soccer: The role of nutrition in performance. *Novel Physiotherapists*, 1-5.
- Ascensao A, Leite M, Rebelo AN, Magalhães S, Magalhães J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *J Sports Sci*, 2011; 29: 217-225.
- Bangsbo J. The physiology of soccer: with special reference to with soccer sportswear. intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand* 1994; 15 Suppl. 619: 1-156.
- Bangsbo, J., Mohr, M. and Krstrup, P. (2006) Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24, 665-674.
- Bangsbo, J. (2014) Physiological demands of football. *Football Task Force*, 27(125), 1-6.
- Barnes, C., Archer, D.T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P.S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13), 1095-1100. doi: 10.1055/s-0034-1375695.
- Behi, A., Fahey, T. D., Afsharnezhad, T., & Amani, A. R. (2017). Effect of High Intensity Interval Training with Blood Restriction on Anaerobic Performance. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 6(2), 45-52.
- Bloomfield, J., Polman, R.C.J. and O'Donoghue, P.G. (2008) Reliability of the Bloomfield Movement Classification. *International Journal of Performance Analysis of Sport-e* 7(1), 20-27.
- Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2005;25(1): 107-16.
- Burke, L., Loucks, A. and Broad, N. (2006) Energy and carbohydrate for training and recovery. *Journal of Sports Science*, 24, 675-685.
- Clemente, F. M., Couceiro, M. S., Martins, L., Manuel, F., Ivanova, M. O., & Mendes, R. (2013). Activity profiles of soccer players during the 2010 world cup. *Journal of Human Kinetics*, 38, 201-211.
- Coelho, D.B., Coelho, L.G., Mortimer, L.A., Condessa, L.A., Ferreira-Junior, J.B., Borba, D.A., Oliveira, B.M., Bouzas-Marins, J.C., Soares, D.D. and Silami-Garcia, E. (2010) Energy expenditure estimation during official soccer matches. *Brazilian Journal of Biomechanics*, 4(4), 246-25.
- Di Salvo, V. and Pigozzi, F. (1998). Physical training of football players based on their positional roles in the team. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 38, 294-297.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderone, F.J., Bachl, N. and Pigozzi, F. (2007) Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 3(3), 222-227.
- Draganidis D, Chatzinikolaou A, Avloniti A, Barbero-Alvarez JC, Mohr M, Malliou P, Gourgoulis V, Deli CK, Douroudos, II, Margonis K, Gioftsidou A, Flouris AD, Jamurtas AZ, Koutedakis Y, Fatouros IG. Recovery kinetics of knee flexor and extensor strength after a football match. *PLoS One*, 2015; 10: e0128072.
- Ebine, N., Rafamantanantsoa, H.H., Nayuki, Y., Yamanka, K., Tashima, K., Ono, T., Saitoh, S. and Jones, P.J. (2002) Measurement of total energy expenditure by the doubly labelled water method in professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 20(5), 391-397.
- Eklblom B. Applied physiology of soccer. *Sports Med* 1986 Jan-Feb; 3 (1): 50-60
- Eniseler, N. (2005) Heart rate and blood lactate concentrations as predictors of physiological load on elite soccer players during various training activities. *Journal of Strength Conditioning and Research*, 19(4), 799-804.
- Fatouros IG, Jamurtas AZ. Insights into the molecular etiology of exercise-induced inflammation: opportunities for optimizing performance. *J Inflamm*, 2016; 9: 175.
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625-631. doi: 10.1080/02640414.2012.665940.
- FIFA (2015) "Big Count." FIFA. <http://www.fifa.com/worldfootball/bigcount/allplayers.html>.
- Fransson D, Krstrup P, Mohr M. Running intensity fluctuations cause temporary performance decrements in top-class football *Sci Med Footb*, 2017; 1: 10-17.
- Hammami, A., Chamari, K., Slimani, M., Shephard, R.J., Yousfi, N., Tabka, Z. and Bouhleb, E. (2016) Effects of recreational soccer on physical fitness and health indices in sedentary healthy and unhealthy subjects. *Biology of Sport* 33, 127-137.
- Harris, J.A. and Benedict, F.G. (1919) A biometric study of human basal metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA*, 4(2), 370-373.
- Haugen, T., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2012). Speed and countermovement jump characteristics of elite female soccer players 1995-2010. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(4), 340-349.
- Ispiridis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Michailidis I, Douroudos I, Margonis K, Chatzinikolaou A, Kalistratos E, Katrabasas I, Alexiou V, Taxildaris K. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med*, 2008; 18: 423-431.
- Haugen, T., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2013). Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995-2010. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 148-156.
- Kellis E., Katis A., Vrabas I.S. (2006) Effects of an intermittent exercise fatigue protocol on biomechanics of soccer kick performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 16, 334-344 [PubMed]
- Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). *Physiology of Sport and Exercise 6th Edition*: Champaign, IL: Human Kinetics.
- Krstrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M. & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, (6), 1165-74.
- Krstrup, P., Dvorak, J., Junge, A. and Bangsbo, J. (2010) Executive summary: The health and fitness benefits of regular participation in small-sided football games. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 20, 132-135.
- Krstrup P, Ortenblad N, Nielsen J, Nybo L, Gunnarsson TP, Iaia FM, Madsen K, Stephens F, Greenhaff P, Bangsbo J. Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *Eur J Appl Physiol*, 2011; 111: 2987-2995
- Park, S., Kim, J. K., Choi, H. M., Kim, H. G., Beekley, M. D., & Nho, H. (2010). Increase in maximal oxy-

- gen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 109(4), 591-600. doi: 10.1007/s00421-010-1377-y
- MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, 1983. *Physiological Testing of the Elite Athlete*, New York: Movement Publications.
- Manore, M. and Thompson, J. (2006) Energy requirements of the athlete: Assessment and evidence of energy deficiency. In: *Clinical Sports Nutrition*. Roseville, CA, USA: McGraw Hill, 113-134.
- Martin K, Thompson KG, Keegan R, Ball N, Rattray B. Mental fatigue does not affect maximal anaerobic exercise performance. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(4):715-25.
- Milanović, Z., Pantelić, S., Čović, N., Sporiš, G. and Krstrup, P. (2015) Is Recreational Soccer Effective for Improving VO2 max? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 45, 1339-1353.
- Mohr, M., Krstrup, P. and Bangsbo, J. (2002) Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences* 21, 519-528.
- Mohr, M., Nybo, L., Grantham, J. & Racinais, S. (2012). Physiological responses and physical performance during football in the heat. *PLoS One*, 7, (6), e39202.
- Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Barbero-Alvarez JC, Castagna C, Douroudos I, Avloniti A, Margeli A, Papassotiriou I, Flouris AD, Jamurtas AZ, Krstrup P, Fatouros IG. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *Eur J Appl Physiol*, 2016; 116: 179-193
- Ozaki, H., Sakamaki, M., Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sugaya, M., . . . Abe, T. (2010). Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 66(3), 257-263.
- Parnell, D., Cope, E., Bailey, R., Krstrup, P. and Curran, K. (2016) Football and physical health: what do we know? *Sport in Society* 6, 1-21.
- Reilly, T. and Thomas, V. (1976) A time motion analysis of work rate in different positional roles in professional match play. *Journal of Human Movement Studies*, 2, 87-99.
- Reilly, T. and Thomas, V. (1979) Estimated daily energy expenditure of professional association footballers. *Ergonomics*, 22, 541-548.
- Reilly, T. (1997) Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 15, 257-263.
- Reilly, T. (2003) Motion analysis and physiological demands. In: *Science and Soccer*. Eds: Williams, A.M. and Reilly, T. 2nd Edition. London, E & FN Spon. 59-72.
- Rico-Sanz, J. (1998) Body Composition and Nutritional Assessments in Soccer. *International Journal of Sports Nutrition*, 8, 113-123.
- Shephard, R. and Towler, G. (1992) Nutrition knowledge, attitudes and fat consumption. *Journal of the American Dietetic Association*, 5, 387-397.
- Shephard, R. (1999) Biology and medicine in soccer: an update. *Journal of Sports Science*, 17, 757-786.
- Silva JR, Ascensão A, Marques F, Seabra A, Rebelo A, Magalhães J. Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. *Eur J Appl Physiol*, 2013; 113: 2193-2201.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C. and Wisloff, U. (2005) Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, 35, 501-536.
- Taylor, L. & Rollo, I. 2014. Impact Of Altitude And Heat On Football Performance. *Gatorade Sport Science Institute (GSSI) - Sports Science Exchange (SSE)* [Online], 27. Available: <http://www.gssiweb.org/Article/sse-131-impact-of-altitude-and-heat-on-footballperformance>.
- Varley M, Aughey R. Acceleration profiles in elite Australian soccer. *Int J Sports Med*, 2012; 34: 282-287.
- West, J. B., Schoene, R. B. & Milledge, J. S. 2007. *High Altitude Medicine and Physiology*, London, Hodder Arnold.
- Williams, J.H (2012) *The Science behind Soccer Nutrition*. 2nd ed.
- Withers RT, Maricic Z, Wasilewski S, et al. Match analysis of Australian professional soccer players. *J Hum Mov Stud* 1982; 8: 159-76