

FISIOLOGI SEPAKBOLA DALAM CUACA PANAS

Gaung Perwira Yustika

Program Studi S1 Keperawatan Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Surabaya
Surabaya-Jawa Timur 60119, Indonesia

Corresponding author: gaung.perwira.yustika-2016@fk.unair.ac.id

Abstrak. Sepakbola dimainkan pada bermacam kondisi lingkungan, tidak terkecuali dengan faktor cuaca yang panas saat berlangsungnya pertandingan, yang bisa menjadi salah satu faktor kunci yang berpengaruh terhadap hasil pertandingan. Contohnya saja kemungkinan besar tim tamu yang bisa menang di negara jazirah Arab didapatkan data menurun 3% setiap kenaikan 1°C temperatur dibandingkan dengan tuan rumah yang secara statistik lebih mudah meraih kemenangan. Skuat tuan rumah telah mengalami aklimatisasi terhadap kondisi lingkungan dan terbiasa dengan bermain di bawah suhu yang panas.

Bermain di tempat yang panas dapat meningkatkan laju keringat dan vasodilatasi perifer untuk membuang kelebihan suhu di dalam tubuh, yang dapat berakibat dehidrasi dan kebutuhan metabolisme tubuh yang sedang memerlukan banyak energi. Pada sepakbola level elit tekanan dari faktor lingkungan menjadi perhatian penting baik untuk praktisi maupun pemegang kebijakan sepakbola. Di zona Uni Eropa, pertandingan sering diadakan di cuaca yang panas (contohnya di Madrid, Spanyol, 30°C). Temperatur yang sering melebihi 30°C (maksimalnya: 35°) contohnya yang terjadi pada Piala Dunia Brazil 2014 dapat membuat para pemain tertekan terhadap kondisi suhu dan mengalami penurunan pada aspek teknis mengumpat sebesar 3%.

Kata kunci: sepakbola, lingkungan, panas.

Abstract. Soccer is a sport play-able in various condition of environment, and one factor that affects this game is in heat situation, that can be one of key factor that change the match outcome. For the example is the big possibility that visiting team outside Arab countries gone to played at Gulf Region decreased winning possibility 3% for a increased 1°C temperature compared to the home team that easier to win under this circumstances. The home team had already acclimatized with the environment condition and often played in the heat temperature.

Played soccer in the heat can increased sweat rate and peripheral vasodilation as a result to released the extra heat from the body, which affected dehydration phase and more metabolism to make more energy. In the elite level, pressure from the enviromental factors attracted the attention of both practitioners and the policy's holders. In the Uni European Zone, match was usually played in the heat (example: at Madrid, Spain, at 30 degree of celcius). Temperature that exceeds 30 degree of celcius (maximum at 35 degree) for the example at the previous world cup 2014 Brazil could made the players got stressed because of the heat and got problems, one of them is decreased 3% of passing accuracy.

Keywords: soccer, environment, heat.

Pendahuluan

Sepakbola adalah olahraga yang dimainkan oleh semua negara di seluruh penjuru dunia. Di Indonesia sepakbola merupakan olahraga paling populer, dibuktikan dengan jumlah kehadiran penonton di seluruh stadion Indonesia klub profesional Liga 1, salah satu jumlah terbanyak di Asia di dalam kompetisi suatu negara. Olahraga ini dimainkan dengan intensitas tinggi, ketahanan, normalnya dimainkan sekitar 90 menit, terdiri dari 2x45 menit ditambah dengan perpanjangan waktu, dengan interval istirahat 15 menit. Dalam permainan performa fisik pemain ditandai dengan jumlah jarak yang dapat ditempuh di dalam satu pertandingan,

total jarak *sprint* dan kemampuan teknis (umpan, tendangan atau umpan silang). Kebutuhan fisik dari pemain, bergantung kepada interaksi kompleks dari sistem kardiovaskuler dan otot yang menopang sistem aerob dan anaerob untuk kebutuhan aktivitas sepakbola (Bangsbo, 2014; Mohr *et al.*, 2005). Kemenangan suatu tim sering dikorelasikan dengan kesuksesan kemampuan fisik dan teknis. Contohnya, *sprint* sering sekali digunakan pemain sepakbola untuk mencetak gol ke gawang lawan. *Sprint* kemudian dipadukan dengan kemampuan teknis menendang (Mohr *et al.*, 2012; Faude *et al.*, 2012).

Sepakbola seringkali dihadapkan kepada faktor-faktor lingkungan, yang berdampak kepada jalannya pertandingan (Lago-Penas 2012; Paul *et al.* 2015). Faktor-faktor lingkungan yang dimaksud seperti ketinggian (Aughey *et al.* 2013; Garvican *et al.* 2014; Nassis 2013; Bohner *et al.* 2015) dan suhu (Mohr *et al.* 2010; Carling *et al.* 2011; Nassis *et al.* 2015) telah ditemukan memiliki efek terhadap performa pemain dikarenakan keterbatasan kemampuan fisiologis dan kesukaran menampilkan performa terbaik pada keadaan lingkungan yang asing bagi tubuhnya (Waldron & Highton 2014). Pada artikel ini pembahasan akan dikhususkan kepada faktor lingkungan yang mempengaruhi yaitu suhu yang tinggi di dalam sebuah pertandingan.

Pada sepakbola level elit tekanan dari faktor lingkungan menjadi perhatian penting baik untuk praktisi maupun pemegang kebijakan sepakbola (Taylor, 2014). Di zona Uni Eropa, pertandingan sering diadakan di cuaca yang panas (contohnya di Madrid, Spain, 30°C—Taylor, 2014). Temperatur yang sering melebihi 30°C (maksimalnya: 35°) pada Piala Dunia Brazil 2014 membuat para pemain stres (Nassis *et al.*, 2015). Sayangnya dengan keuntungan menjadi tuan rumah, dukungan lingkungan kampung halaman dan pendukung setia, tuan rumah tetap gagal menjadi juara di tanah sendiri dikandaskan oleh Jerman 7-1 di partai semifinal, yang mana sebenarnya sebelumnya negara Eropa belum pernah sama sekali menjuarai *World Cup* di Amerika Selatan, salah satunya dikarenakan cuaca panas ini. Namun aklimatisasi tim Jerman cukup baik dengan datang lebih awal ke Brazil sehingga pemain dengan mudah beradaptasi dengan cuaca panas.

Di dalam pertandingan sepakbola baik kompetitif maupun non kompetitif, penelitian melaporkan reduksi dari jarak total yang dapat ditempuh oleh pemain di intensitas tinggi (2.6-57%) dalam suhu yang panas (Mohr *et al.*, 2003; Mohr *et al.*, 2004; Grantham *et al.*, 2010; Mohr *et al.*, 2012; Mohr & Krstrup, 2013) kekurangan oksigen (McSharry,

2007; Garvican *et al.*, 2013; Nassis, 2013) dan faktor lingkungan lainnya (3.1-20%).

Dikarenakan faktor-faktor lingkungan yang dapat merubah jalannya pertandingan dan kepentingan kemenangan dan harga diri bangsa, memahami efek dari faktor-faktor tersebut menjadi penting untuk para pihak yang terkait khususnya dalam rangka memenangkan suatu pertandingan profesional, dalam hal ini pemain, pelatih, tim medis, maupun ilmuwan olahraga. Pada artikel *review* ini akan dibahas terkait dampak yang dapat ditimbulkan faktor lingkungan berupa suhu yang panas dapat mempengaruhi keadaan pemain serta merubah jalannya pertandingan sepakbola yang bersumber dari literatur yang *up to date*.

Pembahasan

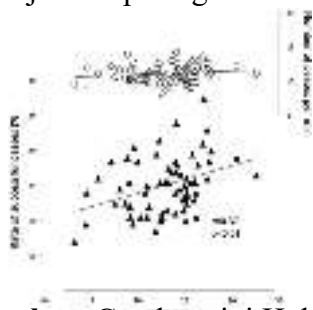
Faktor Cuaca panas di sepakbola

Sepakbola dimainkan pada bermacam kondisi lingkungan, dengan faktor cuaca yang panas saat berlangsungnya pertandingan menjadi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap hasil pertandingan. Contohnya saja kemungkinan tim tamu yang bisa menang di negara jazirah Arab (*Gulf Region*) didapatkan data menurun 3% setiap kenaikan 1°C temperatur dibandingkan dengan tuan rumah yang secara statistik lebih mudah meraih kemenangan (Brocherie *et al.* 2015). Skuat tuan rumah telah terbiasa dengan kondisi bermain di bawah suhu yang panas. Bermain di tempat yang panas dapat meningkatkan laju keringan dan vasodilatasi perifer untuk membuang kelebihan suhu di dalam tubuh, yang dapat berakibat dehidrasi dan kebutuhan metabolisme tubuh yang sedang memerlukan banyak energi (Corbett *et al.* 2014; Racinais *et al.* 2015). Kebutuhan yang segera ini dapat dilatih dengan cara aklimatisasi panas, dengan mekanisme peningkatan volume plasma dan laju keringat untuk memfasilitasi pendinginan suhu inti tubuh dan denyut jantung (Périard *et al.* 2015). Aklimatisasi salah satunya dapat dilakukan dengan cara datang lebih awal ke kondisi lingkungan cuaca panas itu berada atau tempat lain dengan kondisi yang serupa. Hal ini sudah dilakukan beberapa negara di dunia dan

membuktikan hasil adaptasi pemain yang dirasa lebih cepat.

Bagaimanapun masih harus dilakukan banyak studi lebih lanjut terkait apakah hasil pertandingan benar-benar dapat dipengaruhi oleh temperatur cuaca panas. Penelitian mengobservasi penurunan performa lari dalam pertandingan yang temperatur lingkungannya diatas 21°C (Carling *et al.* 2011), dengan didapatkan data para gelandang Liga 1 Prancis (*France Ligue One*) mengalami penurunan juga terkait total jarak yang dapat ditempuh dalam 1 pertandingan sebesar 4% di temperatur ini. Penelitian yang lain menunjukkan, jarak tempuh dan kecepatan berlari mengalami penurunan 7% dan 26% ketika bermain di bawah suhu yang panas (43°C) dibandingkan dengan variabel kontrol (21°C) pada pemain sepakbola level elit Skandinavia (Mohr *et al.* 2012).

Tebukti bahwa cuaca yang panas dapat mempengaruhi aspek teknis dibuktikan pada penurunan (-2.4%, $P < 0.001$) pada total persentase dari jarak yang ditempuh pemain sepakbola antara temperatur 41°C dibandingkan dengan 35°C (Özgönen *et al.* 2010). Di Piala Dunia terakhir di Brazil (Nassis *et al.* 2015) mencatat penurunan kecepatan dari para pemain di pertandingan di bawah tekanan temperatur yang tinggi (8.5%, $P = 0.020$), penurunan aksi kecepatan ini bukan satu-satunya variabel yang dipengaruhi oleh panasnya suhu, terdapat ketepatan umpan juga menurun (3%), diukur dengan alat *wet bulb globe temperatur* dibandingkan dengan pertandingan yang dijalankan di temperatur biasa seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar. Gambara ini Hubungan antara *wet-bulb globe temperature* (WBGT) dengan indikator

keberhasilan umpan pada saat pertandingan Piala Dunia 2014 (George *et al.*, 2017).

Performa pemain sepakbola terbukti berpengaruh terhadap kenyamanan suhu yang dialami pemain, begitupula dengan pola pergerakan dari para pemain (Edwards & Noakes 2009; Waldron & Highton 2014; Périard *et al.* 2015; Schulze *et al.* 2015), para pemain secara tidak sadar merubah pola pergerakannya untuk menjaga kemampuan teknis permainan (Nassis *et al.* 2015). Dalam hal ini pemain bergerak lebih efisien untuk menghemat energi yang lebih banyak keluar akibat termoregulasi.

Link and Weber (2015) menjabarkan data serupa bahwa para pemain di level paling tinggi Jerman ketika bermain di bawah cuaca yang panas, tereduksi total jarak yang dapat ditempuh per pertandingan. Analisis lebih lanjut dan spesifik disarankan melingkupi data teknis pemain, status hidrasi dan temperatur inti untuk dapat menyajikan efek fisiologis mendetail terkait performa pemain di bawah cuaca yang panas.

Sepakbola kompetitif sering diadakan pada lingkungan yang panas, Piala Dunia yang menjadi supremasi tertinggi sepakbola di dunia selanjutnya akan dilangsungkan di Qatar pada tahun 2022. Kontroversi pun muncul di kalangan sepakbola dunia bahwa Piala Dunia pada libur musim panas 2022 di Qatar akan membahayakan jiwa dan kesehatan pemain. Kemungkinan dikarenakan letak geografis dan lingkungan negara Arab ini sepakbola akan dimainkan di temperatur yang ekstrim (30-45°C) yang akan kemudian menjadi tantangan tersendiri untuk para pemain terbaik dunia berkompetisi di bawah kebutuhan fisik yang tinggi pada kompetisi paling elit di dunia tersebut.

Fisiologis pemain di cuaca panas

Kapasitas olahraga yang menurun dibawah lingkungan cuaca yang panas ditandai dengan peningkatan temperatur tinggi inti tubuh yang diakibatkan mekanisme metabolisme produksi panas akibat produksi ATP tubuh, dilakukan oleh otot rangka yang aktif bergerak melakukan *sliding*

filaments, yang harus diimbangi dengan mekanisme pembuangan panas seperti evaporasi, konveksi dan radiasi tubuh (Nybo *et al.*, 2014). Mekanisme yang jelas terkait tekanan suhu yang panas untuk mereduksi performa permainan memang masih belum diketahui secara mendetail, dengan intrik peran antara respon saraf perifer dan faktor sentral (otak) untuk kebutuhan dasar latihan, intensitas dan durasi permainan (Nybo *et al.*, 2014).

Sebagai contoh, studi terdahulu mengatakan temperatur suhu inti yang kritis ($\sim 38.6^{\circ}\text{C}$) dikaitkan erat terhadap kelelahan berat. Adalah sebuah bukti yang jelas temperatur inti tubuh memegang peranan krusial dalam perkembangan status kelelahan, namun temperatur otot, temperatur kulit dan faktor lain memegang peranan penting juga. Para atlet yang terlatih dapat mentoleransi temperatur inti (39.2°C dan 40.3°C) dibandingkan dengan individu yang kurang berlatih, dan hal ini juga berdampak terhadap waktu onset kelelahan yang lebih lama pada olahraga yang konstan dan membutuhkan ketahanan seperti sepakbola (Grantham *et al.*, 2010).

Temperatur otot yang tinggi pada otot kuadrisep dan peningkatan temperatur inti dilaporkan meningkat ketika sepakbola dimainkan di lingkungan yang panas (Mohr *et al.*, 2012). Kelelahan yang dialami pemain sepakbola disebabkan multi faktor dan salah satunya terkait dengan lingkungan yang panas (Sawka *et al.*, 2011; Sawka *et al.*, 2012).

Pentingnya mengetahui lingkungan yang panas dalam bermain sepakbola sendiri sangat penting, dikarenakan cuaca yang panas dapat mengancam jiwa sang pemain. Terdapat banyak faktor yang dapat menjadi resiko terjadinya masalah kesehatan yang diakibatkan lingkungan panas pada pemain sepakbola seperti yang dijabarkan pada tabel di bawah ini.

Tabel. Tabel ini Faktor resiko terjadinya masalah kesehatan akibat lingkungan panas (Gruindstein *et al.*, 2012)

Internal	Eksternal	Pemain sepakbola yang terdampak
umur (15 tahun atau 65 tahun)	level aktivitas	Pemain muda atau pemain sangat tua
konsumsi alkohol	memakai baju yang terlalu tebal	hakim garis/pemain amatir
masalah medis komorbid: sistem pernapasan, jantung-pembuluh darah dan masalah perdarahan	Kekurangan cairan	Pemain yang sedang meningkatkan level permainannya dengan giat berlatih
Dehidrasi	Temperatur	Gelandang/full back (butuh berlari)
Riwayat kesehatan terhadap panas	Kelembapan	Pemain yang punya riwayat kram
Kurang tidur	Obat-obatan	Players dengan riwayat penyakit akibat kepanasan
Obat-obatan suplemen atau	Alkohol	Players yang sedang menjalani diet menguruskan / menambah berat badan
Obesitas	agen adrenergik Alpha-	Pemain dengan masalah kesehatan komorbiditas

Pada lingkungan yang panas, intensitas maksimal latihan menjadi terbatas diakibatkan keterbatasan sistem kardiovaskular yang harus secara sinergis memfasilitasi ketersediaan oksigen untuk otot rangka di lain sisi juga harus menjaga keluaran sistem termoregulasi (Nybo *et al.*, 2014). Bagaimanapun, intensitas tetap yang submaksimal dibatasi oleh kelelahan sentral (sebuah kemampuan untuk menjaga aktivasi otot saat

kontraksi yang berkelanjutan), hal ini dimediasi oleh aktivitas *neurotransmitter* dopamin, peningkatan temperatur tubuh (kulit, inti dan otot) dan pertubasi metabolik didalam otot rangka (Nybo *et al.*, 2014).

Ketika bermain sepakbola di temperatur yang tinggi, aktivitas intensitas tinggi seorang pemain akan mengalami penurunan, dibarengi dengan peningkatan rata-rata denyut jantung dan laktat dalam darah mengindikasikan adanya kebutuhan fisiologis untuk peningkatan performa seorang pemain sepakbola (Bangsbo, 2014) dapat dirasionalkan bahwa kombinasi faktor yang berhubungan dengan latihan maksimal dan submaksimal sehingga pemain lelah menyebabkan reduksi jarak yang dapat dikover dan peningkatan petubasi metabolisme (Mohr *et al.*, 2003; Mohr *et al.*, 2004; Mohr *et al.*, 2005; Mohr *et al.*, 2010; Mohr *et al.*, 2012; Mohr & Krstrup, 2013).

Hal yang menarik ketika ditemukan data bahwa penggunaan glikogen (gula yang tersimpan dalam otot dan hati) yang meningkat ketika berada dalam suhu yang panas, ditambah lagi dengan ditemukan fakta bahwa onset kelelahan yang lebih cepat dihubungkan dengan keadaan hipertermia. Secara spesifik lagi suhu lingkungan yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi laktat dalam darah dan peningkatan temperatur inti tubuh yang tinggi ($\sim 0.4^{\circ}\text{C}$) (Aldous *et al.*, 2014). Untuk menyiasati permainan 2x45 yang cukup lama durasinya dan untuk menghindari dehidrasi, dalam hal ini pemain dapat dengan cepat segera mengkonsumsi cairan yang cukup ketika sedang berada dalam jeda pertandingan (bola out, saat pemain cedera, istirahat babak dan momen-momen tertentu ketika pertandingan sedang berhenti).

Simpulan

Faktor lingkungan yang tergolong ekstrim sering terjadi pada pertandingan sepakbola, salah satunya adalah panas yang menyengat. Kondisi ini ternyata memiliki dampak terhadap performa teknis dalam permainan sepakbola terbukti adanya penemuan reduksi kemampuan lari dan

keakuratan umpan pada pemain sepakbola profesional. Pencegahan terhadap masalah kesehatan yang akan dialami pemain sepakbola menjadi penting. Hal ini dikarenakan cuaca yang panas dapat mengancam jiwa pemain sejalan dengan regulasi yang telah ditetapkan FIFA. FIFA telah membantu dengan memberikan hak regulasi *water-break* yang diberikan kepada wasit yang memimpin pertandingan saat dirasa lingkungan pertandingan terlalu panas dan lembab, berhenti sejenak untuk minum agar para pemain tidak terkena dehidrasi berat. Tentunya persiapan akan asupan nutrisi yang cocok dibutuhkan para pemain pada kondisi ini terutama hidrasi saat pertandingan berlangsung, selain juga aklimatisasi terhadap cuaca ekstrim. Penelitian lanjutan dibutuhkan untuk mengetahui bagaimana untuk mengatasi kondisi ekstrim pada cuaca yang panas ini dari segi nutrisi dan juga pola latihan sehingga performa pemain dapat lebih terjaga.

Daftar Pustaka

1. Aldous, J. W., Christmas, B. C., Beel, L., Akubat, I., Dascombe, B. and L. Taylor, L. (2014). Hot environment mediated decrements in soccer-specific capacity utilising a non-motorised treadmill soccer-specific simulation (ispt). In: 4th World Conference on Science and Soccer (WCSS), Portland, USA.
2. Aughey, R. J., Hammond, K., Varley, M. C., Schmidt, W. F., Bourdon, P. C., Buchheit, M., Simpson, B., Garvican-Lewis, L. A., Kley, M., Soria, R., Sargent, C., Roach, G. D., Claros, J. C. J., Wachsmuth, N. and C.J. Gore (2013). Soccer activity profile of altitude versus sea-level natives during acclimatisation to 3600 m (isa3600). *British Journal of Sports Medicine*, 47, i107-i113.
3. Bangsbo. J. Physiological Demands of Football. (2014) Sports Science Exchange Article #125. www.gssiweb.org.
4. Brocherie F, Girard O, Farooq A, Millet GP. 2015. Influence of weather, rank, and home advantage on football outcomes in the Gulf region. *Med Sci Sports Exerc*. 47:401–410.
5. Carling C, Dupont G, Le Gall F. 2011. The effect of a cold environment on physical activity profiles in elite soccer match-play. *Int J Sports Med*. 32:542–545.

6. Corbett J, Neal RA, Lunt HC, Tipton MJ. 2014. Adaptation to heat and exercise performance under cooler conditions: a new hot topic. *Sports Med.* 44:1323–1331.
7. Edwards AM, Noakes TD. 2009. Dehydration. *Sports Med.* 39:1–13. Folgado H
8. Faude, O., Koch, T. & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*, 30, 625-31.
9. Garvican, L. A., Hammond, K., Varley, M. C., Gore, C. J., Billaut, F. & Aughey, R. J. (2013). Lower running performance and exacerbated fatigue in soccer played at 1600 m. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
10. George P Nassis, Joao Brito, Jiri Dvorak, Hakim Chalabi, Sebastien Racinais. (2017). The association of environmental heat stress with performance: analysis of the 2014 FIFA World Cup Brazil. Downloaded from <http://bjsm.bmj.com/> on April 13, 2017 - Published by group.bmj.com
11. Grantham, J., Cheung, S. S., Connes, P., Febbraio, M. A., Gaoua, N., González-Alonso, J., Hue, O., Johnson, J. M., Maughan, R. J., Meeusen, R., Nybo, L., Racinais, S., Shirreffs, S. M. & Dvorak, J. (2010). Current knowledge on playing football in hot environments. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 161-167.
12. Grundstein A, Ramseyer C, Zhao F, et al. A retrospective analysis of American football hyperthermia deaths in the United States. *Int. J. Biometeorol.* 2012; 56:11Y20
13. Lago-Penas C. 2012. The role of situational variables in analysing physical performance in soccer. *J Hum Kinet.* 35:89–95.
14. Link D, Weber H. 2015. Effect of ambient temperature on pacing in soccer depends on skill level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Ahead of Print. 1–17.
15. McSharry, P. E. (2007). Altitude and athletic performance: Statistical analysis using football results. *British Medical Journal*, 335, 1278-1281.
16. Mohr, M. & Krstrup, P. (2013). Heat stress impairs repeated jump ability after competitive elite soccer games. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 683-689.
17. Mohr, M., Krstrup, P. & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21, 519-28.
18. Mohr, M., Krstrup, P. & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23, 593-599.
19. Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J. & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches – beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14, 156-162.
20. Mohr, M., Mujika, I., Santisteban, J., Randers, M. B., Bischoff, R., Solano, R., Hewitt, A., Zubillaga, A., Peltola, E. & Krstrup, P. (2010). Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: A multi-experimental approach. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 125-132.
21. Mohr, M., Nybo, L., Grantham, J. & Racinais, S. (2012). Physiological responses and physical performance during football in the heat. *PLoS One*, 7, e39202.
22. Nassis, G. P. (2013). Effect of altitude on football performance: Analysis of the 2010 fifa world cup data. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27, 703-707.
23. Nassis GP, Brito J, Dvorak J, Chalabi H, Racinais S. 2015. The association of environmental heat stress with performance: analysis of the 2014 FIFA World Cup Brazil. *Br J Sports Med.* 49:609–613.
24. Nybo, L., Rasmussen, P. & Sawka, M. N. (2014). Performance in the heat—physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Comprehensive Physiology*, 4, 657-689.
25. Özgünen KT, Kurdak SS, Maughan RJ, Zeren Ç, Korkmaz S, Yazıcı Z,... Dvorak J. 2010. Effect of hot environmental conditions on physical activity patterns and temperature response of football players. *Scand J Med Sci Sports.* 20:140–147.

26. Paul D, Bradley PS, Nassis GP. 2015. Factors affecting match running performance of elite soccer players: shedding some light on the complexity. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10:516-519.
27. Périard J, Racinais S, Sawka M. 2015. Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: applications for competitive athletes and sports. *Scand J Med Sci Sports*. 25:20–38.
28. Racinais S, Alonso J-M, Coutts AJ, Flouris AD, Girard O, González-Alonso J, . . . Mitchell N. 2015. Consensus recommendations on training and competing in the heat. *Scand J Med Sci Sports*. 25:6–19
29. Sawka, M. N., Cheuvront, S. N. and R.W. Kenefick (2012). High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Experimental Physiology*, 97, 327-332.
30. Sawka, M. N., Leon, L. R., Montain, S. J. and L.A. Sonna (2011). Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Comprehensive Physiology*, 1, 1883-1928.
31. Schulze E, Daanen H, Levels K, Casadio JR, Plews DJ, Kilding AE, . . . Schulze E. 2015. Effect of thermal state and thermal comfort on cycling performance in the heat. *Int J Sports Physiol Perform*. 10:655–663.
32. Taylor, N., A, S (2014). Human heat adaptation. *Comprehensive Physiology*, 4, 325-365.
33. Waldron M, Highton J. 2014. Fatigue and pacing in high-intensity inter-mittent team sport: an update. *Sports Med*. 44:1645–1658.