

## Nelle discipline di endurance e ultra endurance le donne possono raggiungere le performance degli uomini?

Luca Agnello\*, Gianluca Vernillo\*\*, Maria Francesca Piacentini\*\*\*, Antonio La Torre\*\*

\* Dipartimento di Scienze Mediche di Base e Applicate, Università "G. d'Annunzio" Chieti - Pescara.

\*\* Dipartimento di Scienza dello Sport, Nutrizione e Salute, Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Milano

\*\*\* Dipartimento di Scienze del Movimento Umano e dello Sport Università degli Studi di Roma "Foro Italico"

Il confronto fra i risultati degli uomini e delle donne nelle discipline di endurance ed ultra endurance e le differenze nelle capacità prestantive dei due sessi sono oggetto da tempo di notevoli riflessioni da parte sia del mondo scientifico sia dei tecnici. Questo ha creato un acceso dibattito riguardante la possibilità o meno, per le donne, di riuscire un giorno a eguagliare se non addirittura di ottenere prestazioni di endurance migliori di quelle degli uomini. A favore delle donne si deve ricordare che se da una parte esistono prove di una pratica femminile delle attività fisiche e sportive fin dal 1900, dall'altra le donne ebbero un accesso e conseguentemente un ruolo assai limitato quando nacque lo sport moderno. La messa ai margini della donna nel moderno movimento sportivo era anche la diretta conseguenza di un'organizzazione legata anche ad antichi costumi sociali. La piena partecipazione della figura femminile in discipline atletiche è iniziata solo intorno al 1960, rispetto agli uomini che iniziarono ancor prima dell'inizio del XX secolo (Sparling et al., 1993). Pertanto, solo negli ultimi due o tre decenni, le ragazze e le donne hanno avuto l'opportunità di allenarsi e di gareggiare. Negli Stati Uniti solo nel 1972 alle donne fu permesso di partecipare alla maratona (Cheuvront et al., 2005) e poco dopo anche alle gare di ultramaratona (Noakes, 1992; Sparling et al., 1993). Successivamente nelle stesse discipline le donne hanno avuto un rapido miglio-



2009		WR	WR	Differenza %
100		9.58	10.49	9,50
200		19.19	21.34	11,20
400		43.18	47.6	10,24
800		1:41.11	1:53.28	12,04
1500		3:26.00	3:50.46	11,87
3000 siepi		7:53.63	8:58.81	13,76
5000		12:37.35	14:11.15	12,39
10000		26:17.53	29:31.78	12,31
Maratona		2:03:59	2:15:25	9,22
20 km marcia		1:16:43	1:25:41	11,69
50 km	Road	2:43:38	3:08:39	15,29
	Track	2:48:06	3:18:52	18,30
100 km	Road	6:13:33	6:33:11	5,26
	Track	6:10:20	7:00:27	13,53
100 miles	Road	11:46:37	13:47:41	17,13
	Track	11:28:03	14:25:45	25,83
	Indoor	12:56:13	14:43:40	13,84
6 ore	Road	92,188	82,838	10,14
	Track	97,200	83,200	14,40
	Indoor	93,247	80,600	13,56
12 ore	Road	162,543	144,840	10,89
	Track	162,400	147,600	9,11
	Indoor	140,844	135,318	3,92
24 ore	Road	290,221	243,657	16,04
	Track	303,506	250,106	17,59
	Indoor	275,576	237,861	13,69
48 ore	Road	420,000	360,109	14,26
	Track	473,495	382,777	19,16
	Indoor	426,178	372,451	12,61
6 giorni	Road	1028,370	821,862	20,08
	Track	1038,851	883,631	14,94
	Indoor	1034,200	771,600	25,39

*Tabella 1 - Record del mondo maschile e femminile delle discipline che vanno dai 100 m fino alla 6 giorni di corsa con la relativa differenza percentuale. Dalla 6 ore fino alla 6 giorni i dati sono in km*

mento nelle performance con un susseguirsi di record che, ad esempio nella maratona, è continuato ben dopo il 1984, anno di introduzione della maratona femminile alle olimpiadi (Cheuvront et al., 2005; Sparling et al., 1998). Tuttavia, le donne non ostante questo rapido miglioramento di performance non hanno eguagliato le performance degli uomini, i quali hanno continuato a detenere i record del mondo assoluti dai 100 m alla 6 giorni di corsa (Tabella 1).

Negli anni '80 e '90 si era cercato di spiegare questa differenza di performance dimostrando che l'uomo possedeva delle capacità fisiologiche maggiori e di conseguenza prestazioni di endurance superiori rispetto alla donna (Costill et al., 1977-1979; Cureton et al., 1980; Hutchinson et al., 1991; Wells et al., 1983). Mediamente gli atleti hanno meno grasso corporeo, una maggiore capacità aerobica, un miglior sistema cardiovascolare (maggiore dimensione del cuore, del ventricolo sinistro e della gittata cardiaca) consentendo così una maggiore capacità di lavoro in confronto alle atlete donna (Durnin et al., 1974; Costill et al., 1979; Cureton et al., 1980; Wells et al., 1983; Pate et al., 1985; Hutchinson et al., 1991; Noakes, 1992). Gran parte dei dati esistenti relativi alle differenze fisiologiche nelle discipline di endurance si sono concentrati principalmente sulle differenze dei fattori cardiovascolari, metabolici e muscolari (Costill et al., 1977-1979; Sparling, 1980; Glantz, 1981; Wells et al., 1981), soprattutto in eventi che non hanno mai superato i 25 km (Wells et al., 1983;



Pate et al., 1985; Costill et al., 1987). Una revisione della letteratura dimostra che, confrontando le prestazioni maschili e femminili, le donne d'élite sono costantemente dal 7 al 19% più lente dei loro colleghi maschi su tutte le distanze di gara (Noakes, 1992; Coast et al., 2004). Tuttavia, altri studi hanno sostenuto che questo rapido miglioramento nelle performance femminili un giorno le porterà a prestazioni simili o superiori a quelle maschili (Whipp et al., 1992). Naturalmente, è errato presupporre che i record del mondo di corsa avrebbero continuato a migliorare allo stesso ritmo e che quindi le donne avrebbero eguagliato, se non addirittura superato, gli uomini. Dati recenti hanno suggerito che la differenza di performance tra i sessi dovrebbe scomparire con l'aumento della distanza in particolare nelle gare superiori ai 42 km (Speechly et al., 1996; Bam et al., 1997; Coast et al., 2004; Hoffman et al., 2008). Purtroppo questi studi sono limitati dalla numerosità del campione analizzato e le analisi sono state fatte su una distanza massima di 161 km.

Quindi lo scopo del nostro lavoro è stato quello di valutare se realmente le performance delle donne nelle discipline di endurance e ultra endurance sono realmente simili o addirittura superiori rispetto a quelle degli uomini.

## Metodo di ricerca

I dati utilizzati in questo studio sono stati ottenuti da due banche dati pubbliche: (i) In-

ternational Association of Athletics Federations (IAAF) web site, <http://iaaf.org>; (ii) International Association of Ultra Runners (IAUR) web site <http://www.iau.org.tw>.

In questo studio sono state analizzate 823 performance maschili e femminile nelle specialità di mezzofondo prolungato, fondo e ultramaratona (ovvero gare superiori a 42,195 km) del World Rankings 2008: 10 km, 15 km, 20 km, 21,092 km, 25 km, 30 km, 42,195 km, 50 km, 100 km, la 6, 12, 24, 48 ore ed infine la 6 giorni di corsa. Per tutte le competizioni si sono analizzate le prime 30 prestazioni sia maschili che femminili, tranne che per la 6 giorni dove le performance femminili sono state solamente 17.

È bene precisare che con il termine di ultramaratona si identificano gare di atletica leggera con una distanza superiore a 42,195 km. Le distanze più comuni sono la 50 e 100 miglia e la 50 e 100 km di corsa. Un secondo criterio per definire gare di ultramaratona, che prescinde dalla lunghezza del percorso di gara, è il tempo impie-

gato a percorrere la distanza, che generalmente comprende gare dalle doppia maratona, alla 6, 12, 24 e 48 ore fino alla 3 e 6 giorni definite anche multiday races.

L'analisi della regressione ha permesso di determinare la relazione tra il tempo di percorrenza sia con le velocità di corsa che con le differenze percentuali tra i due sessi. Il coefficiente di correlazione di Pearson ha permesso di relazionare la differenza di velocità tra i sessi. La media dei tempi delle performance è stata convertita nella media delle velocità di corsa. Il t-test per dati non appaiati è stato utilizzato per comparare le performance maschili e femminili di ogni gara. La significatività statistica è stata accettata per un  $p < 0.05$ .

## Risultati della ricerca

Il decremento nella velocità di corsa (y) comparato alla distanza percorsa (x) è altamente correlato,  $r = 0.97$  e  $r = 0.96$ , rispettivamente per gli uomini e le donne (figura 1). Una diffe-

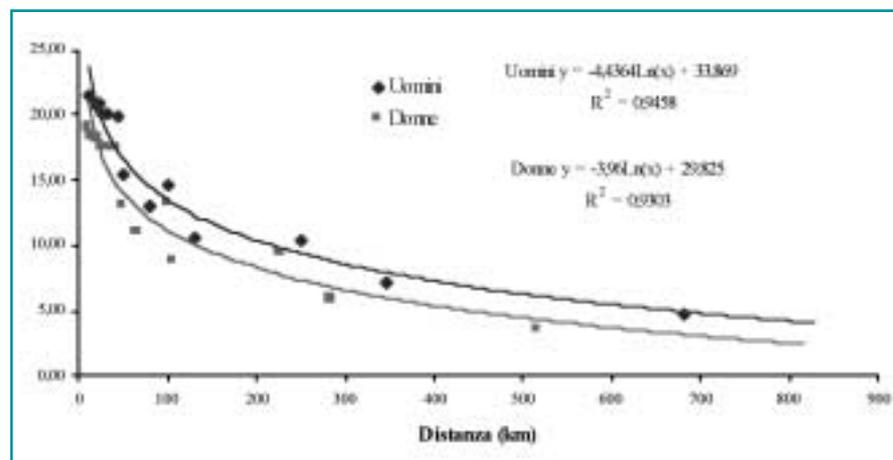


Figura 1 - Decremento nelle velocità di corsa (km/h) rispetto alle varie distanze di gara (km) tra uomini e donne

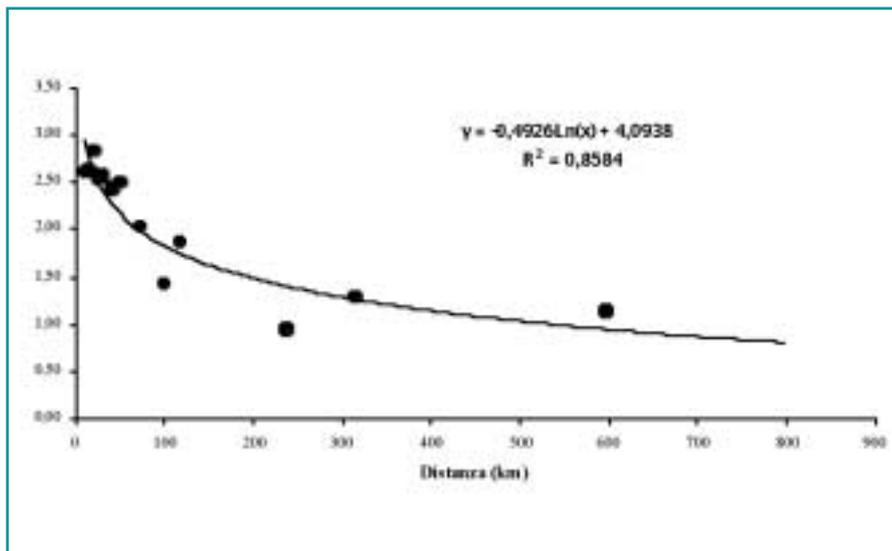


Figura 2 - Differenza della velocità di corsa (km/h) con l'incremento della distanza media percorsa (km)

renza statisticamente significativa ( $p < 0.05$ ) è stata osservata comparando la differenza della velocità di corsa (tra gli uomini e le donne) con la distanza percorsa (da 10 km a 6 giorni).

La figura 2 mostra il decremento nella differenza, tra gli uomini e le donne, della velocità media in relazione alla distanza media percorsa. È presente un'elevata correlazione tra le due variabili analizzate ( $r = 0.92$ ). Inoltre, la tabella 2 mostra il decremento di velocità registrato dalla 10 km alla 6 giorni. Negli uomini vi è un decremento di 16.94 km/h con una diminu-

Gara	Uomini		Donne		Uomini-donne	
	Velocità km/h	Decremento di Velocità %	Velocità km/h	Decremento di Velocità %	Differenza di Velocità km/h	%
10 km	21,65	0,00	19,03	0,00	2,62	12,09
15 km	21,09	2,58	18,46	3,00	2,63	12,47
20 km	20,77	4,05	18,16	4,57	2,61	12,57
21,097 km	21,08	2,62	18,25	4,10	2,83	13,43
25 km	20,18	6,78	17,63	7,36	2,55	12,64
30 km	20,13	7,01	17,56	7,72	2,57	12,77
42,195 km	19,98	7,70	17,54	7,83	2,44	12,21
50 km	15,51	28,35	13,01	31,63	2,50	16,12
100 km	14,69	32,14	13,26	30,32	1,43	9,73
6 ore	13,11	39,44	11,07	41,83	2,04	15,56
12 ore	10,70	50,57	8,83	53,60	1,87	17,48
24 ore	10,38	52,05	9,44	50,39	0,94	9,06
48 ore	7,19	66,79	5,91	68,94	1,28	17,80
6 giorni	4,71	78,24	3,58	81,19	1,13	23,99

Tabella 2 - Decremento di velocità dalla 10 km alla 6 giorni di corsa (km/h e in percentuale), includendo le migliori 30 prestazioni maschili e femminili per ogni distanza (6 giorni 17 prestazioni femminili). Inoltre sono indicate, per ogni gara, anche le differenze tra uomini e donne (km/h e in percentuale).



zione del 78.2%, mentre nelle donne vi è un decremento di 15.45 km/h con una diminuzione dell'81.2%. Inoltre sono indicate, per ogni gara, anche le differenze in km/h e in percentuale tra i sessi. Da questo confronto è emerso che gli uomini sono più veloci delle donne in tutte le competizioni analizzate con una differenza media ( $\pm$ DS) del 14.1% ( $\pm$ 3.8%).

## Conclusioni

Quest'analisi evidenzia come vi sia una differenza significativa nelle performances in tutte le gare di mezzofondo prolungato, fondo ed ultramaratona, tra gli uomini e le donne. Di conseguenza sembrerebbe che, ad oggi, le donne non siano in grado di eguagliare e sorpassare le performances maschili in tutte le distanze analizzate.

Questo contrasta con quanto suggerito da alcuni studi in cui la differenza di performance tra i sessi diminuisce, fino a scomparire, con l'aumento della distanza di gara, in particolare per distanze superiori ai 42 km (Speechly et al., 1996; Bam et al., 1997; Coast et al., 2004; Hoffman et al., 2008). Questi studi hanno evidenziato un possibile raggiungimento e sorpasso delle donne nei confronti degli uomini probabilmente spiegato dal fatto che esse riescano: (i) ad effettuare una performance aerobica ad una più alta percentuale della massima potenza aerobica (Speechly et al., 1996; Riddell et al., 2003), (ii) ad ossidare una maggiore quantità relativa di carboidrati esogeni (Riddell et al., 2003), (iii) ad utilizzare con maggiore capacità il metabolismo lipidico (Tarnopolsky et al., 1990; Ruby et al., 1994; Perreault et al.,

2004; Venables et al., 2005; Zehnder et al., 2005; Tarnopolsky, 2008), (iv) ad avere maggiore resistenza al dolore (Van Aaken et al., 1976; Wise, 2002), ed alla fatica muscolare (Fulco et al., 1999; Clark et al., 2003) e (v) ad affrontare discipline di endurance con una preparazione psicologica più elevata (Black et al., 1979; Scott et al., 1981; Maughan et al., 1983; Morgan, 1985; Koltyn et al., 1990; Noakes, 1992) (Figura 3).

Riteniamo che una possibile spiegazione per questa mancato aggancio da parte delle performance femminili, possa risiedere nel fatto che durante esercizi prolungati e ad intensità elevata l'attività muscolare va incontro alla fatica, diminuendo la capacità del sistema neuromuscolare di produrre forza. Molti studi hanno riportato come risultato la perdita di forza muscolare negli estensori del gi-



Figura 3 - Alcuni fattori fisiologici nelle discipline di endurance che favoriscono e che sfavoriscono le donne rispetto agli uomini

nocchio dopo esercizi di endurance come la corsa. Tra i più significativi è possibile citare i lavori di Millet et al. (2002-2003); Nicol et al. (1991); Place et al. (2004), i quali hanno visto che dopo esercizi di corsa di durata da due a otto ore si otteneva una diminuzione dal 19 al 39% della massima contrazione volontaria (MVC) negli estensori del ginocchio. Inoltre, nelle discipline di ultraendurance Millet et al. (2002) hanno mostrato un cambiamento delle funzioni neuromuscolari dopo 65 km di corsa (ultramaratona) con una diminuzione della massima attivazione volontaria dei muscoli estensori del ginocchio. Probabilmente uno degli aspetti che sembrerebbe spiegare le differenze tra uomini e donne è dunque legata agli aspetti di forza, ed in particolare alla fase eccentrica. Se consideriamo che il gesto tecnico della corsa si presenta come un gesto ciclico in cui vi è un susseguirsi di fasi di ammortizzazione (fase eccentrica) e di spinta (fase concentrica) (il classico ciclo di stiramento-accorciamento) e che diversi studi hanno dimostrato come le donne subiscano una più alta perdita di forza dopo un esercizio a carattere eccentrico, probabilmente dovuta ad una diminuzione del meccanismo contrattile del muscolo (Lepers et al., 2000; Sayers, 2001; Hubal et al., 2007; Sewright et al., 2008); questi differenti aspetti considerati insieme potrebbero spiegare come le donne, durante prestazioni dal mezzofondo prolungato all'ultramaratona, abbiano un calo nelle performance significativamente più importanti degli uomini soprat-

tutto a causa di una perdita maggiore dei parametri di forza, ed in particolare di quella eccentrica.

Da questi studi riguardanti i fattori neuromuscolari e la perdita di forza si è iniziato a riflettere se l'introduzione di sessioni di forza nel programma di allenamento delle discipline di endurance e ultra endurance, potesse agevolare gli atleti, in particolare modo in quelle specialità come la corsa di media, lunga e lunghissima distanza, dove l'aspetto neuromuscolare ricopre un ruolo molto importante. Molti studi confermano che l'introduzione della forza nelle discipline di endurance ha un'influenza positiva sull'economia di corsa (RE), sul tempo di esaurimento, sulle caratteristiche neuromuscolari e sulla potenza anaerobica permettendo un miglioramento delle performance nelle discipline di endurance (Johnston et al., 1997; Paavolainen et al., 1999; Spurrs et al., 2003; Turner et al., 2003; Saunders et al., 2006; Mikkola et al., 2007a-b). Dunque, se le donne sono più soggette a esprimere livelli di forza decisamente più bassi rispetto all'uomo e a perdere maggiormente forza al termine di contrazioni eccentriche, sarebbe plausibile pensare che nelle discipline di endurance e ultra endurance, le differenze in termini prestativi possano essere attribuite sia ai livelli di forza inferiori, sia ai danni provocati dall'azione muscolare della corsa stessa. Probabilmente questa diminuzione di forza è uno tra i fattori più importanti che limitano le prestazioni di endurance e ultra endurance nelle donne.



## Bibliografia

1. Bam J., Noakes T.D., Juritz J., Dennis S.C., Could women outrun men in ultramarathon races?, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29(2), 1997, 244-7.
2. Black, J., Chester G.B., and Starmer G.A., The painlessness of the long-distance runner. *Med. J. Aust.*, 1, 1979, 522-523.
3. Chevront S.N., Carter R.III, DeRuisseau K.C., Moffatt R.J., Running performance differences between men and women: an update, *Sports Med.*, 35, 2005, 1017-24.
4. Clark B.C., Manini T.M., The´ D.J., Doldo N.A., Ploutz-Snyder L.L., Gender differences in skeletal muscle fatigability are related to contraction type and EMG spectral compression, *J Appl Physiol.*, 94, 2003, 2263-72.
5. Coast J.R., Blevins J.S., Wilson B.A., Do gender differences in running performance disappear with distance? *Can. J. Appl. Physiol.*, 29,2004,139-45.

6. Costill D.L., Fink W.J., Getchell L.H., Ivy J.L., and Witzmann F.A., Lipid metabolism in skeletal muscle of endurance trained males and females, *J. Appl. Physiol.*, 47, 1979, 787-791.
7. Costill, D. L., Fink W. J., Flynn M., Kirwan J., Muscle fibre composition and enzyme activities in elite female distance runners, *Int. J. Sports Med.*, 8, 1987, 103-106.
8. Costill, D.L., Coyle E., Dalsky G., Evans W., Fink W., and Hoopes D., Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise, *J. Appl. Physiol.*, 43, 1977, 695-699.
9. Cureton K.J., Sparling P.B., Distance running performance and metabolic responses to running in men and women with excess weight experimentally equated, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 12, 1980, 288-294.
10. Durnin, J.V., Womersley G. A. and J., Body fat assessed from the total body density and its estimation from skin-fold thickness: measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years, *Br. J. Nutr.*, 32, 1974, 77-97,
11. Fulco C.S., Rock P.B., Muza S.R., Lammi E., Cymerman A., Butterfield G., Moore L.G., Braun B., Lewis S.F., Slower fatigue and faster recovery of the adductor pollicis muscle in women matched for strength with men, *Acta Physiol. Scand.*, 167, 1999, 233-9.
12. Glantz, S.A. *Primer of Biostatistics*. New York: McGraw-Hill, 1981, pp. 63-93.
13. Hoffman M.D., Ultramarathon Trail Running Comparison of Performance-Matched Men and Women, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40(9), 2008, 1681-1686.
14. Hubal M.J., Rubinstein S.R., Clarkson P.M., Mechanisms of variability in strength loss after muscle-lengthening sections, *Med Sci Sports Exerc.*, 39 (3), 2007, 461-8.
15. Hutchinson, P.L., Cureton K.J., Outz H., and Wilson G., Relationship of cardiac size to maximal oxygen uptake and body size in men and women, *Int. J. Sports Med.*, 12, 1991, 369-373.
16. Johnston R. E., Quinn T. J., Kertzner R., Vroman N. B., Strength training in female distance runners - Impact on running economy, *J. Strength Cond. Res.*, 11, 1997, 224-229.
17. Koltyn K.F., O`Conner P.J., Morgan W.P., Perception of effort in female and male competitive swimmers, *Int. J. Sports Med.*, 12, 1990, 427-9.
18. Lepers R., Hausswirth C., Maffiuletti N., Brisswalter J., Van Hoecke J. Evidence of neuromuscular fatigue after prolonged cycling exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32, 2000, 1880-1886.
19. Maughan R.J., and Leiper J.B., Aerobic capacity and fractional utilisation of aerobic capacity in elite and non-elite male and female marathon runners, *Eur. J. Appl. Physiol.* 52, 1983, 80-87.
20. Mikkola J., Rusko H., Nummela A., Paavolainen L., Häkkinen K., Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes, *J. Strength. Cond. Res.*, 21, 2007a, 2, 613-20.
21. Mikkola J., Rusko H., Nummela A., Pollari T., Häkkinen K., Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners, *Int. J. Sports Med.*, 28, 2007b, 7, 602-11.
22. Millet G.Y., Lepers R., Maffiuletti N.A., Babault N., Martin V., Lattier G., Alterations of neuromuscular function after an ultramarathon, *J. Appl. Physiol.*, 92, 2002, 486-492.
23. Millet G.Y., Martin V., Lattier G., Ballay Y., Mechanisms contributing to knee extensor strength loss after prolonged running exercise, *J. Appl. Physiol.* 94, 2003, 193-198.
24. Morgan W.P., Affective beneficence of vigorous physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17, 1985, 94-100,
25. Nicol C., Komi P.V., Marconnet P., Fatigue effects on marathon running on neuromuscular performance, I: changes in muscle force and stiffness characteristics, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 1, 1991, 10-17.
26. Noakes T. D. *Lore of Running*. 3rd Ed., Cape Town, Oxford University Press, 1992, 606-615.
27. Paavolainen L., Hakkinen K., Hamalainen I., Nummela A., Rusko H., Explosive strength-training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power, *J. Appl. Physiol.*, 86, 1999, 1527-1533.
28. Pate R.R., Barnes C., Miller W., A physiological comparison of performance-matched

- female and male distance runners, *Res. Q. Exerc. Sport*, 56, 1985, 245-250.
- Perreault L., Lavelly J.M., Kittelson J.M., Horton T.J. Gender differences in lipoprotein lipase activity after acute exercise, *Obese Res.*, 12 (2), 2004, 241-9.
29. Place N., Lepers R., Deley G., Millet G.Y., Time course of neuromuscular alterations during prolonged running exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.* 36, 2004, 8, 1347-1356,
  30. Riddell M.C., Partington S.L., Stupka N., Armstrong D., Rennie C., Tarnopolsky M.A., Substrate utilization during exercise performed with and without glucose ingestion in female and male endurance trained athletes, *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, 13 (4), 2003, 407-21.
  31. Ruby B.C, Roberg R.A., Gender differences in substrate utilization during exercise. *Sports Med.*, 17, 1994, 393-410.
  32. Saunders P.U., Telford R.D., Pyne D.B., Peltola E.M., Cunningham R.B., Gore C.J., Hawley J.A., Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners, *J. Strength. Cond. Res.*, 20, 2006, 4, 947-54.
  33. Sayers S.P., Clarkson P.M., Force recovery after eccentric exercise in males and females, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 84, 2001, 122-26.
  34. Scott, V. and Gusbers K. Pain perception in competitive swimmers, *Br. Med. J.*, 283, 1981, 91-93.
  35. Sewright K.A., Hubal M.J., Kearns A., Holbrook M.T., Clarkson P.M., Sex differences in response to maximal eccentric exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40(2), 2008, 242-51.
  36. Sparling P.B., O'Donnell E.M., Snow T.K., The gender difference in distance running performance has plateaued: an analysis of world rankings from 1980 to 1996, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30(12), 1998, 1725-9.
  37. Sparling, P.B., A meta-analysis of studies comparing maximal oxygen uptake in men and women, *Res. Q. Exerc. Sport*, 51, 1980, 542-552.
  38. Sparling, P.B., Nieman D.C., and O'Conner P.J., Selected scientific aspects of marathon racing: an update on fluid replacement, immune function, psychological factors and the gender difference, *Sports Med.*, 15, 1993, 116-132.
  39. Speechly D.P., Taylor S.R., Rogers G.G., Differences in ultraendurance exercise in performance-matched male and female runners. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28(3), 1996, 359-65.
  40. Spurrs R.W., Murphy A.J., Watsford M.L., The effect of plyometric training on distance running performance, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 89, 2003, 1-7.
  41. Tarnopolsky L. J., MacDougall J. D, Atkinson S. A., Tarnopolsky M. A., and Sutton J. R., Gender differences in substrate for endurance exercise, *J. Appl. Physiol.*, 68, 1990, 302-308.
  42. Tarnopolsky M.A., Sex differences in exercise metabolism and the role of 17-beta estradiol, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40 (4), 2008, 648-54.
  43. Turner A.M., Owings M., Schwane J.A., Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training, *J. Strength. Cond. Res.*, 17, 2003, 60-7.
  44. Van Aaken E. Van Aaken Method. Mountain View (CA): World Publications; 1976. p. 81.
  45. Venables M.C., Achten J., Jeukendrup A.E., Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study., *J. Appl. Physiol.*, 98, 2005, 160-7.
  46. Wells C.L., Plowman S.A., Sexual differences in athletic performance: biological or behavioural, *Physician Sport-smed.*, 11, 1983, 52-63.
  47. Wells, C. L., Hecht L. H, Krahenbuhl G. S., Physical characteristics and oxygen utilisation of male and female marathon runners, *Res. Q.*, 52, 1981, 281-285.
  48. Whipp B.J., Ward S.A., Will women soon outrun men?, *Nature*, 1992, 355-25.
  49. Wise E.A., Price D.D., Myers C.D., Heft M.W., Robinson M.E., Gender role expectations of pain: relationship to experimental pain perception, *Pain.*, 96 (3), 2002, 335-42.
  50. Zehnder M., Ith M., Kreis R., Saris W., Boutellier U., Boesch C., Gender-specific usage of intramyocellular lipids and glycogen during exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37 (9), 2005, 1517-24.