



NOTE SULL'AUTRICE

Alice Masini

Laurea in Scienze motorie, sport e salute 2015 Università di Genova
Laurea magistrale in Scienze e tecniche dell'attività motoria preventiva e adattata, 110/110 e Lode 2017 Università di Bologna
Dottoranda in Salute sicurezza e sistemi del verde
Proprietaria del sito www.sportscienzaalute.it



NOTE SULL'AUTORE

Aurelio Trofè

Laurea in Scienze delle attività motorie e sportive 2015 Università di Bologna
Laurea magistrale in Scienze e tecniche dell'attività motoria preventiva e adattata, 110/110 e Lode 2017 Università di Bologna.
Dottorando in Scienze e cultura del benessere e degli stili di vita.



RECUPERO CARDIACO IN UOMINI E DONNE

di Alice Masini, in collaborazione con Aurelio Trofè

INTRODUZIONE

Scopo del presente articolo è indagare possibili differenze di genere qualitativo o quantitativo, per quel che concerne la Frequenza Cardiaca (FC) di recupero, nei momenti immediatamente successivi allo sforzo fisico. Nella prima parte sarà offerta una sintesi dei principali processi alla base della regolazione nervosa della Frequenza Cardiaca, sia a riposo che in corso d'attività fisica; successivamente verranno analizzate alcune fra le principali differenze anatomiche e fisiologiche, che caratterizzano la regolazione del battito cardiaco nei due sessi.

Nella parte centrale si entrerà maggiormente nel cuore dell'argomento, analizzando e quantificando le possibili differenze di genere riscontrate nella cinetica della frequenza di recupero post-esercizio; quest'analisi quantitativa verrà ulteriormente approfondita in maniera qualitativa, stratificando e ponderando i dati per: categoria prestativa, valori di massimo consumo d'ossigeno e intensità dello sforzo fisico.

Successivamente, verrà aggiornato e riassunto il dibattito scientifico sull'argomento, proponendo le ipotesi maggiormente concordate in lette-





ratura, le quali mirano a determinare se e come vi siano influenze genetiche che condizionano e caratterizzano la risposta cardiaca post-esercizio nei due sessi. Nella parte conclusiva infine, ver-

ranno riassunti gli elementi chiave della cinetica cardiaca di recupero, sintetizzando le differenze di genere alla base della peculiare risposta fisiologica nei due sessi.

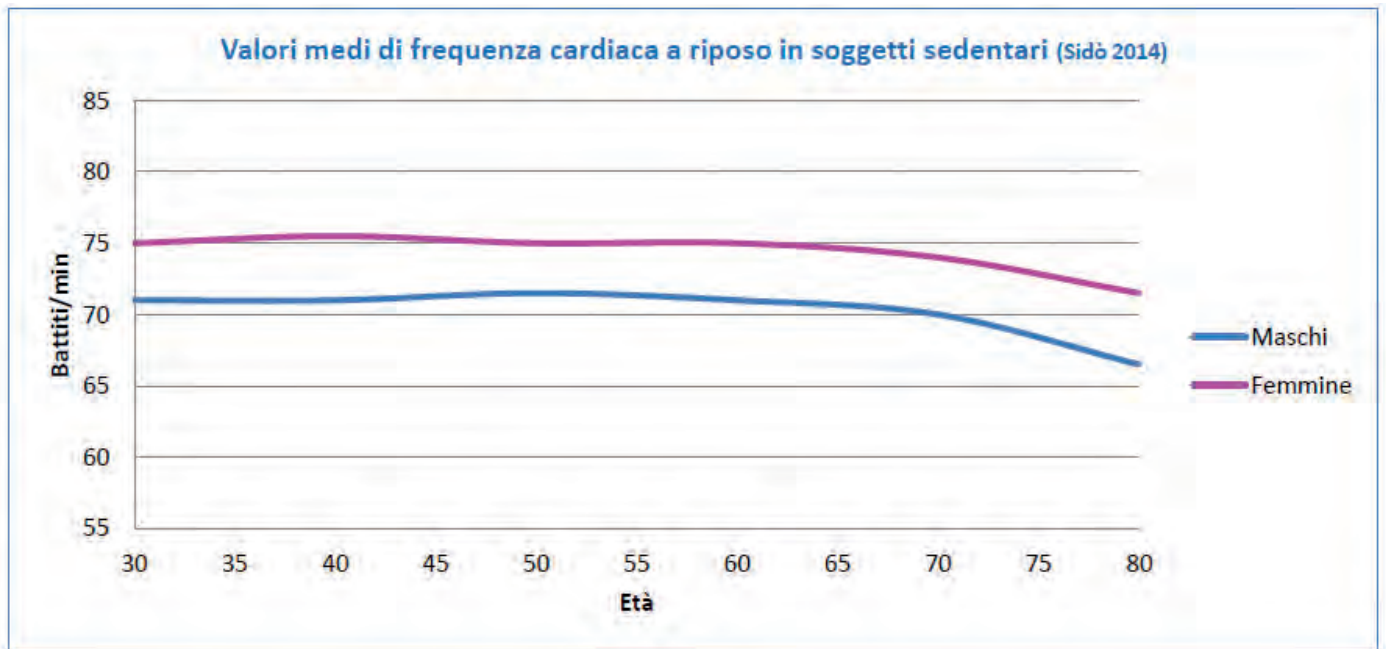


Figura 1: da Nora Sidò et al., 2014

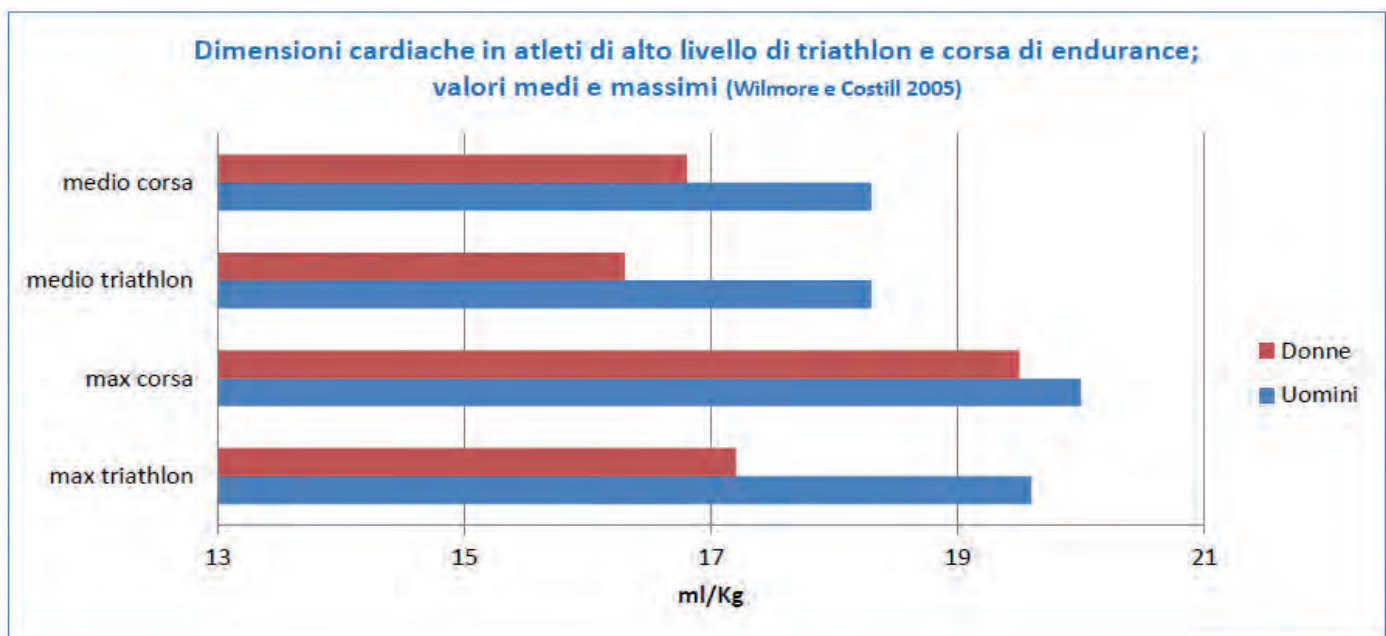


Figura 2: da Wilmore e Costill, 2005

REGOLAZIONE NERVOSA DELLA FREQUENZA CARDIACA

Sebbene delineare gli aspetti che regolano il battito cardiaco non rappresenti lo scopo principale di questo articolo, è qui utile sintetizzare al meglio questi concetti, per facilitare la successiva comprensione delle dinamiche e dei fattori che influiscono sulla Frequenza Cardiaca (FC) di recupero, al termine dello sforzo fisico.

A determinare i valori di Frequenza Cardiaca, è in prima battuta il sistema nervoso autonomo ed in particolare il sistema parasimpatico (o vagale), il quale influenza direttamente il pacemaker cardiaco, controllandone il ritmo di scarica attraverso una minore o maggiore inibizione esercitata dal nervo vago: ad una maggiore inibizione, corrisponderà una frequenza cardiaca minore e viceversa; in corso d'attività fisica, il minore controllo vagale sul pacemaker cardiaco farà sì che il battito aumenti, consentendo al cuore di soddisfare le richieste funzionali dell'organismo con una maggiore gittata cardiaca (GC), che ricordiamo è data dal

prodotto fra frequenza cardiaca e gittata sistolica (GS). ($GC = FC \times GS$). Atri e ventricoli sono innervati dal sistema simpatico (o adrenergico) che attraverso i propri mediatori chimici, adrenalina e nor-adrenalina, incrementa la frequenza (effetto cronotropo) e la forza di contrazione (effetto inotropo) del cuore durante lo sforzo fisico, determinando così un aumento complessivo dei volumi di sangue di gittata sistolica e cardiaca.

L'INCIDENZA DEL FATTORE ANATOMICO

A riposo e in corso d'attività fisica, è riscontrabile nelle donne la tendenza ad avere valori di frequenza cardiaca leggermente superiori a quelli degli uomini: se assumiamo che non vi siano differenze sostanziali nell'attivazione nervosa simpatica o parasimpatica fra uomo e donna, ecco che ad incidere in maniera sostanziale nel determinare questa differenza, siano le minori dimensioni di atri e ventricoli del cuore "femminile".



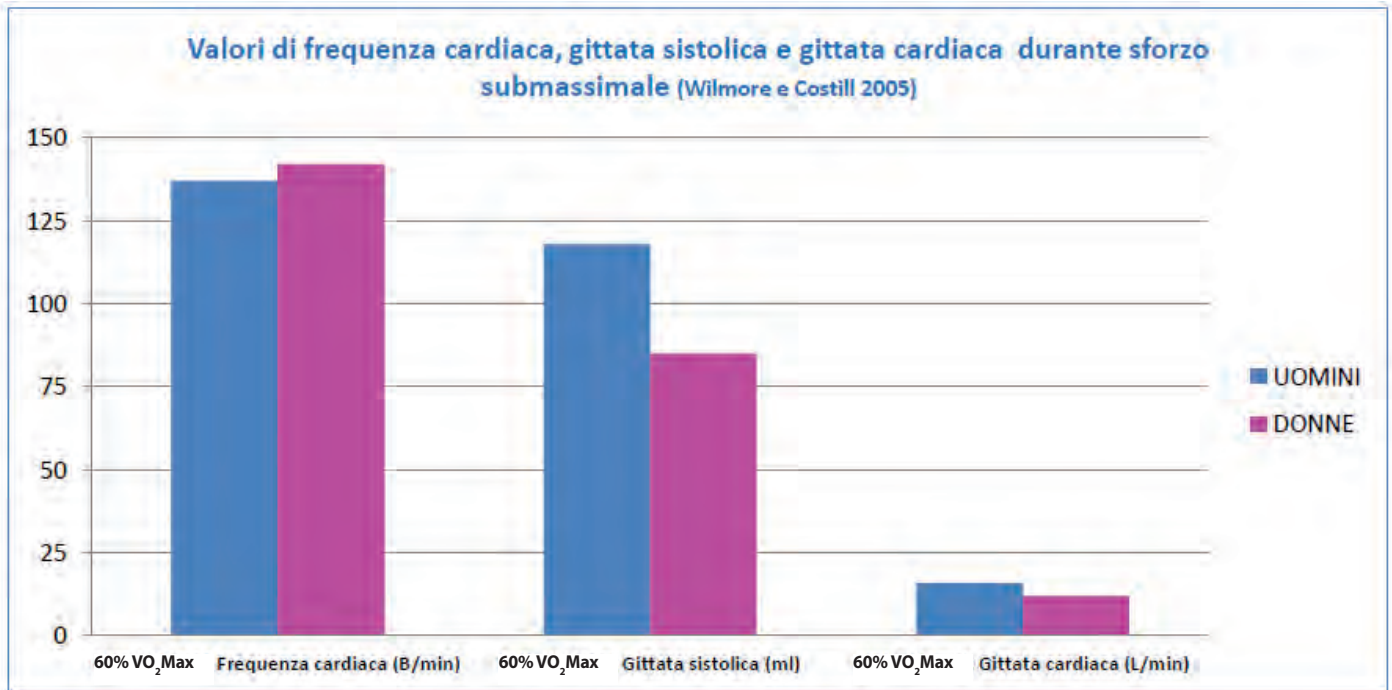


Figura 3: da Wilmore e Costill, 2005

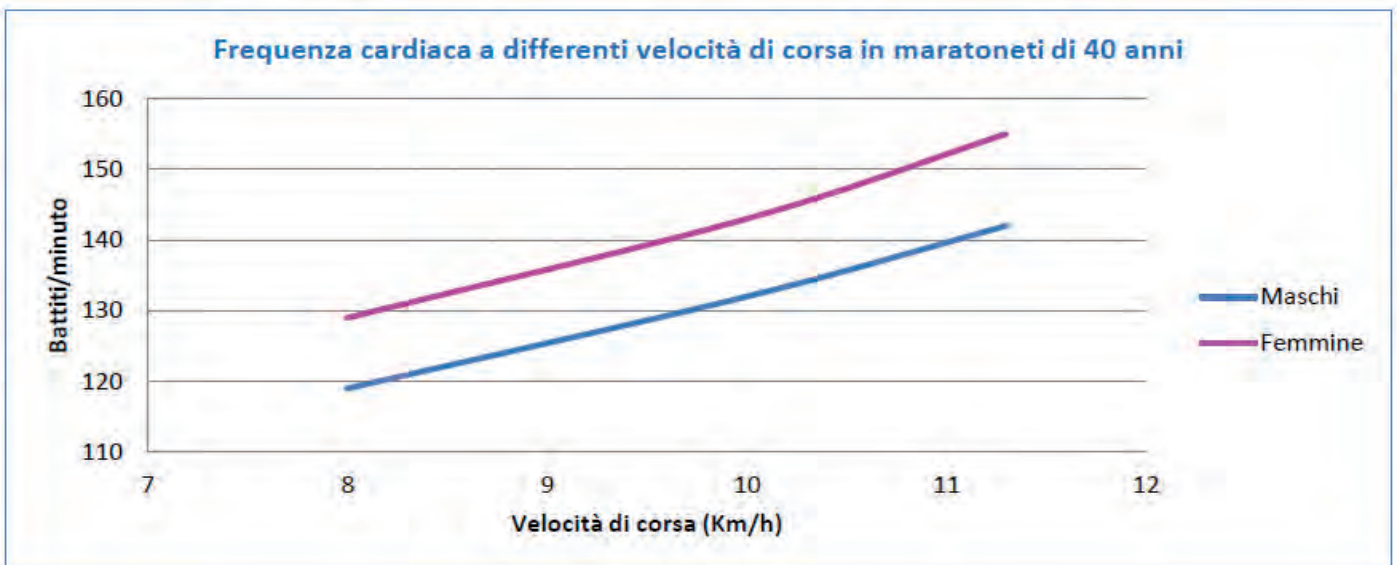


Figura 4: da Loftin et al., 2009

Come accennato in precedenza, la regolazione della Frequenza Cardiaca (FC) è sotto il controllo diretto del sistema nervoso autonomo (simpatico e parasimpatico), ma risponde sia a caratteristiche anatomiche (dimensioni di atri e ventricoli) che a stimoli funzionali, primo fra tutti l'allenamento fisico: analizzando il primo aspetto, le minori dimensioni ventricolari "femminili" determinano volumi di eiezio-

ne sistolica inferiori rispetto agli uomini; ricordando come la gittata cardiaca sia il prodotto fra frequenza cardiaca e gittata sistolica, per riuscire ad avere un'adeguata gittata cardiaca che soddisfi le richieste funzionali dell'organismo, le donne devono far ricorso ad un maggiore incremento della frequenza cardiaca per compensare volumi di gittata sistolica inferiori.

Questo risulta particolarmente vero confrontando uomini e donne di pari categoria prestativa (sedentari con sedentari, sportivi con sportivi, atleti con atleti...) in quanto questa naturale tendenza femminile alla cronotropicità, può essere invertita dal training aerobico di lungo periodo, il quale esplica i suoi effetti non solo aumentando il consumo d'ossigeno massimo e a riposo, ma determina anche un abbassamento del battito basale unito ad un contemporaneo aumento dei volumi sistolici di riposo.

Attuando un confronto fra uomini e donne a parità di massimo consumo di ossigeno ($VO_2\text{max}$) e non a parità di categoria prestati-

va, oppure normalizzando i dati per il consumo d'ossigeno relativo, il delta di frequenza durante l'attività fisica tende ad annullarsi; ciò nonostante, permangono le differenze genetiche di base che caratterizzano la risposta fisica nei due sessi, condizionandone i limiti e le potenzialità prestative assolute.

Lungo tutto il corso dell'articolo, occorrerà tenere sempre a mente che lo stato di allenamento e il livello di fitness atletica, sono i fattori che influenzano maggiormente il sistema nervoso autonomo, in primis quello vagale, nel modificare i valori di frequenza cardiaca a riposo, durante e al termine dello sforzo fisico.

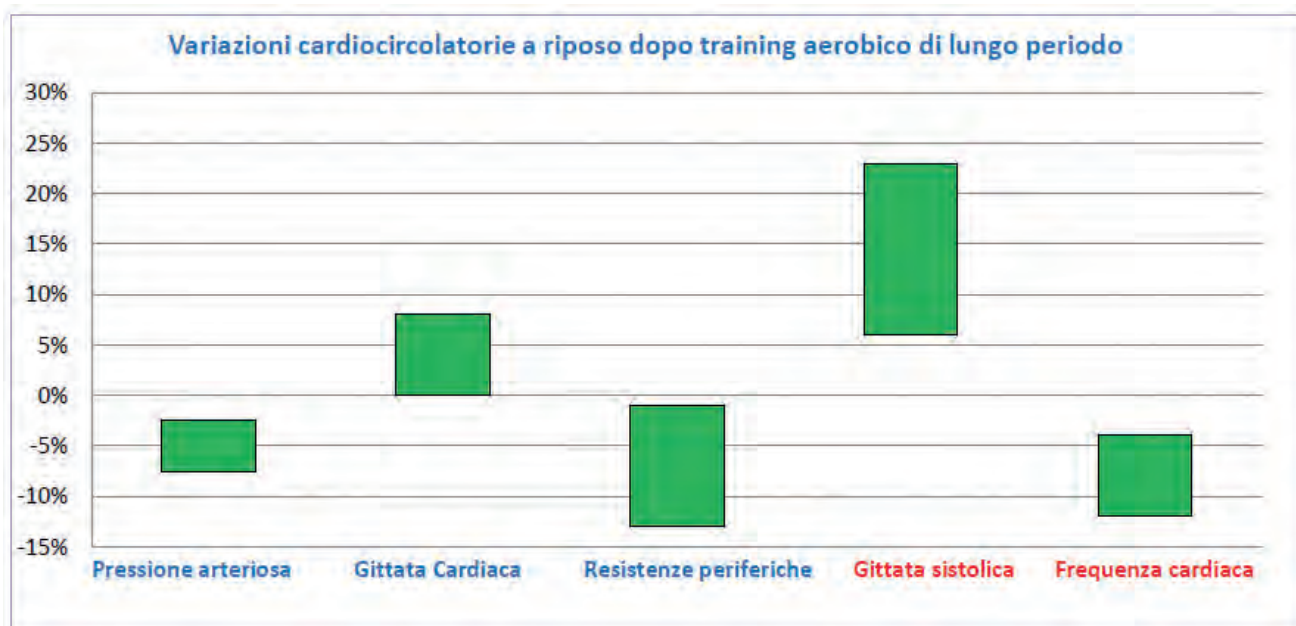


Figura 5: da Cornellissen e Fagard, 2005

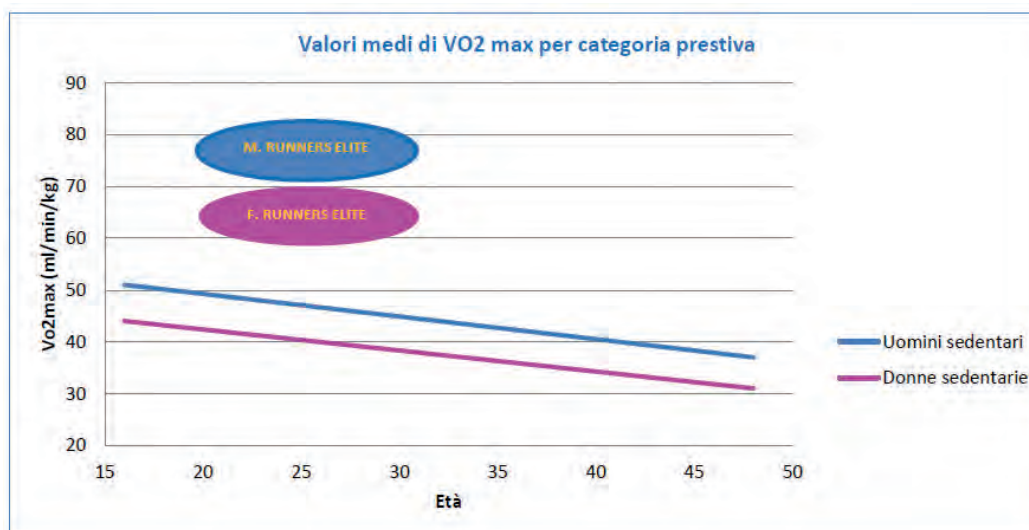


Figura 6: da Robinson, 1938 - Astrand, 1960 - Costill e Winrow, 1970 - Pollok, 1977

REGOLAZIONE DELLA FREQUENZA IN CORSO D'ATTIVITÀ MOTORIA

Durante le fasi di sforzo fisico, la frequenza cardiaca deve naturalmente e obbligatoriamente aumentare, per consentire al cuore di eiettare volumi di gittata cardiaca sufficienti a rispondere alle richieste funzionali dell'organismo; in queste fasi pertanto, l'attivazione del sistema simpatico adrenergico è massima (intensità-dipendente), mentre risulta minima l'influenza del sistema parasimpatico; al termine dello sforzo fisico invece, si assiste a una forte riattivazione del tono vagale sul pacemaker cardiaco, che porta ad un immediato abbassamento dei valori di frequenza cardiaca. Occorre sottolineare che al di là di questa semplificazione didattica, utile ai fini della comprensione generale dell'argomento, il sistema nervoso autonomo lavora sempre in maniera sinergica ed integrata, attraverso un controllo del ritmo cardiaco battito per battito, regolando finemente la frequenza in funzione e in risposta agli stimoli dati; la risposta complessiva pertanto, risulta essere il perfetto bilanciamento fra l'ampiezza della stimolazione nervosa data dai due sistemi, la sensibilità dei recettori post-sinaptici e le moli di mediatori chimici liberati, che ricordiamo essere: acetilcolina per il sistema parasimpatico, adrenalina e noradrenalina per il sistema simpatico.

INTENSITÀ DELLO SFORZO E ATTIVAZIONE ADRENERGICA

Prima di procedere oltre, è necessario analizzare un ulteriore fattore chiave, ovvero gli effetti che l'intensità dello sforzo fisico esercita sul sistema adrenergico; ciò si rende necessario per riuscire a comprendere successivamente se e come l'accumulo di catecolamine possa o meno influenzare i valori della frequenza cardiaca FC di recupero al termine dello sforzo fisico.

L'attivazione del sistema simpatico, e di riflesso la quantità di catecolamine circolanti, è direttamente proporzionale all'intensità dello sforzo fisico e questa proporzionalità ci suggerisce che in seguito ad un esercizio particolarmente intenso, l'immediata riattivazione del tono vagale può essere contrastata (mascherata) dall'intensa attivazione adrenergica, traducendosi in un più lento decremento dei valori di frequenza cardiaca.



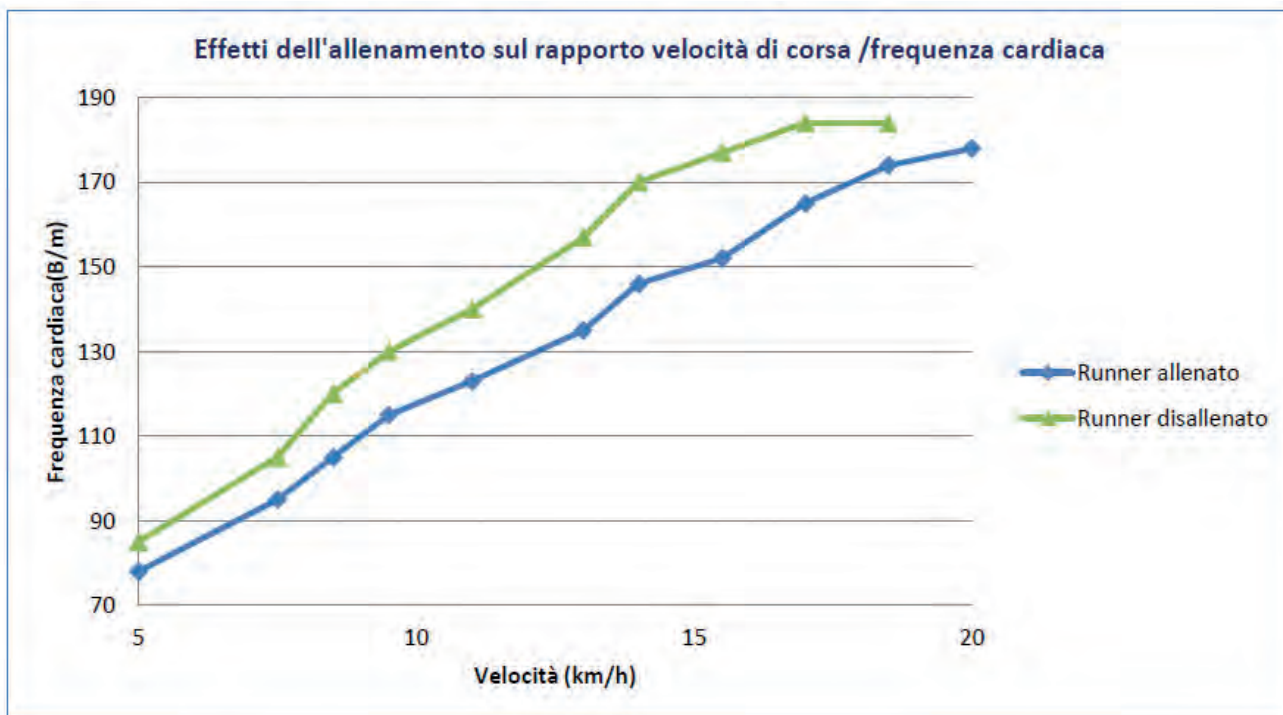


Figura 7: da Midgley et al., 2007

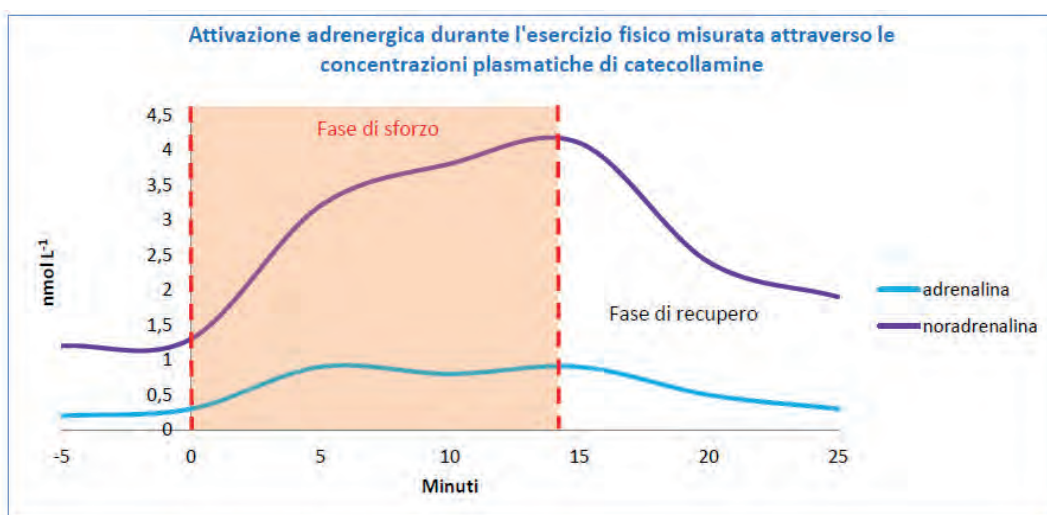


Figura 8: da Rostrup et al., 1998

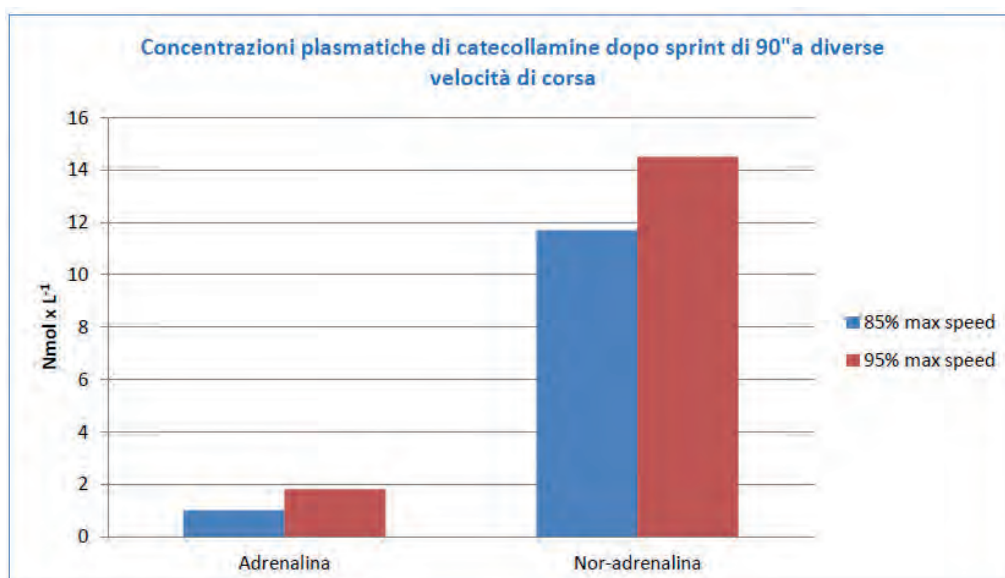


Figura 9: da Strobel et al., 1998

FREQUENZA CARDIACA DI RECUPERO NELLA MEDESIMA CATEGORIA PRESTATIVA

Entrando nello specifico dell'argomento, cominceremo quest'analisi indagando se a parità di categoria prestativa, vi siano o meno differenze di genere per quel che concerne il decremento nei valori di frequenza cardiaca al termine dello sforzo fisico. La prima classe

prestativa oggetto di studio, è quella degli adulti sedentari, i cui valori di massimo consumo d'ossigeno rientrano nella media della categoria d'appartenenza; confrontando i soggetti presenti in questo gruppo, si è registrato negli uomini un più rapido decremento dei valori di frequenza di circa 4 battiti/min.

Categoria prestativa	Età	Sesso	VO ₂ max
Sedentari	48	M	43 ml/min/kg
Sedentari	47	F	33 ml/min/kg

Tabella tratta da: The influence of sex on the relationship between heart rate recovery and other cardiovascular risk factors in apparently healthy subjects. Arena et al., 2010

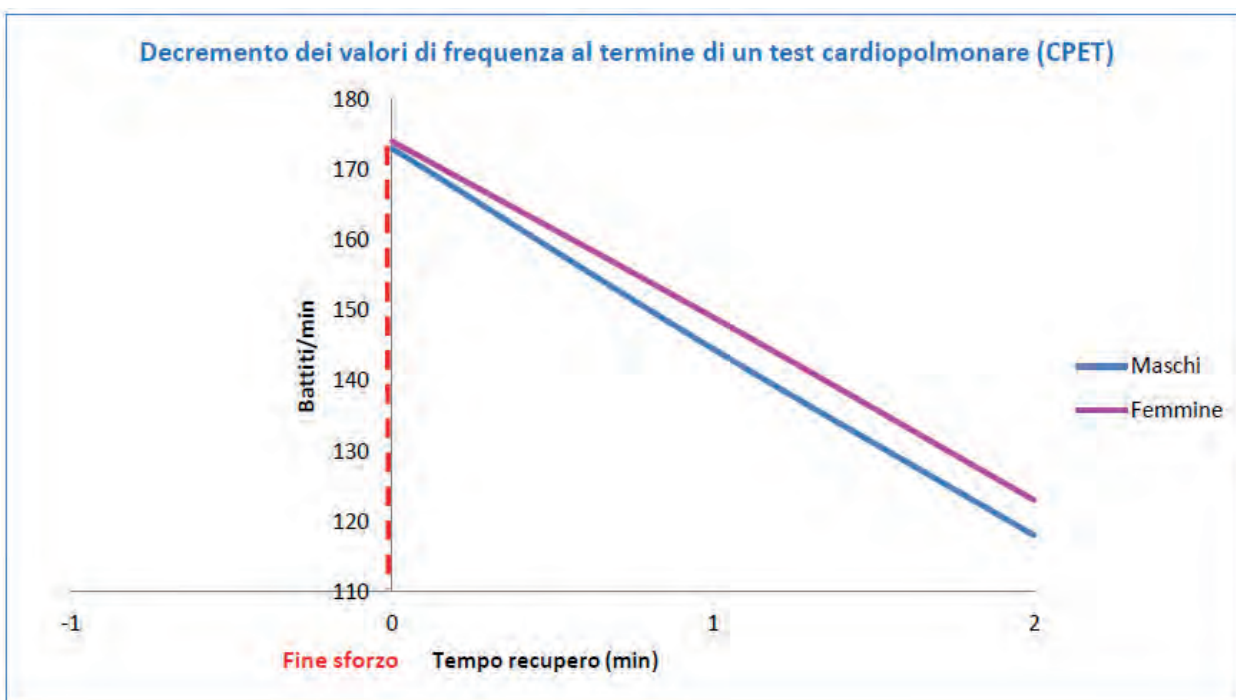


Figura 10: da Arena et al., 2010

La seconda categoria analizzata è quella degli atleti, ed anche in questa classe si osservano differenze di genere a favore degli uomini nei

valori di frequenza cardiaca FC successivi allo sforzo: lo scarto nella frequenza di recupero è più ampio, circa 14 batt/min nel primo minuto.

Categoria prestativa	Sesso	Età	VO ₂ max
Atleta	Maschio	31,5	56 ml/min/kg
Atleta	Femmina	28,5	50 ml/min/kg

Tabella tratta da: Influence of sex, athletic performance and age differences on the acute cardiovascular and thermoregulatory response to incremental test in endurance runners. Pinillos et al., 2016

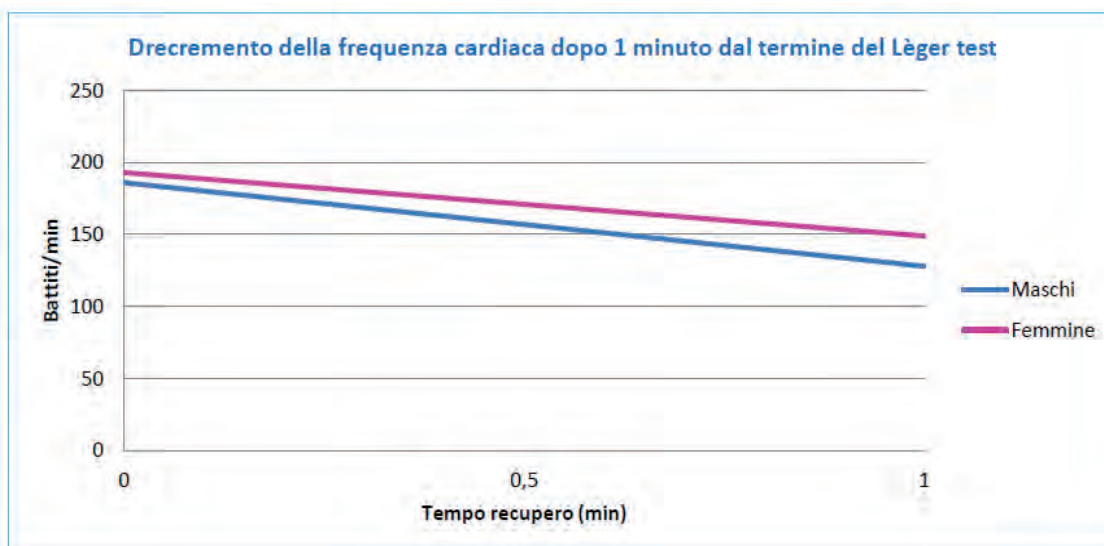


Figura 11: da Pinillos et al., 2016

Abbiamo visto come a parità di categoria prestativa, gli uomini registrino (a livello assoluto) un più rapido decadimento nei valori di frequenza cardiaca immediatamente successivi all'esercizio: questi dati sembrano suggerire che nel sesso maschile vi sia una più ampia e forte riattivazione vagale al termine dello sforzo fisico, che consenta ai valori di Frequenza Cardiaca di calare più velocemente rispetto alle donne.

VALORI DI FREQUENZA DI RECUPERO PER MEDESIMO LIVELLO DI VO₂MAX

Continuiamo la nostra analisi indagando se vi siano o meno differenze di genere, in categorie di soggetti che presentano VO₂max simili, o quando i dati delle ricerche effettuate su categorie prestative omogenee, vengono relazionati e tarati secondo il consumo di ossigeno relativo..

In questo primo studio, in cui i valori di VO₂max erano simili per entrambi i sessi, non solo si sono annullate le differenze di FC di recupero, osservate negli studi precedenti, ma si nota un'inversione dello scarto in favore delle donne di circa 6 battiti/min.

Nei due successivi lavori che citeremo (Kappus et al. 2015; Mendonca et al. 2017), i dati relativi alla frequenza cardiaca FC di recupero sono stati aggiustati per il massimo consumo di ossigeno relativo; come vedremo, se nella prima ricerca (Kappus et al. 2015) le differenze di genere vengono notevolmente ridotte (seppur permanga uno scarto minimo in favore degli uomini nel primo minuto di recupero) nel secondo studio (Mendonca et al. 2017) le differenze quantitative fra uomini e donne vengono annullate o invertite.

Sesso	Età	VO ₂ max
Maschio	30	51,5 ml/min/kg
Femmina	28	50 ml/min/kg

Tabella tratta da: Genome and hormones: gender differences in cardiovascular regulation during recovery from exercise. Carter et al., 2001

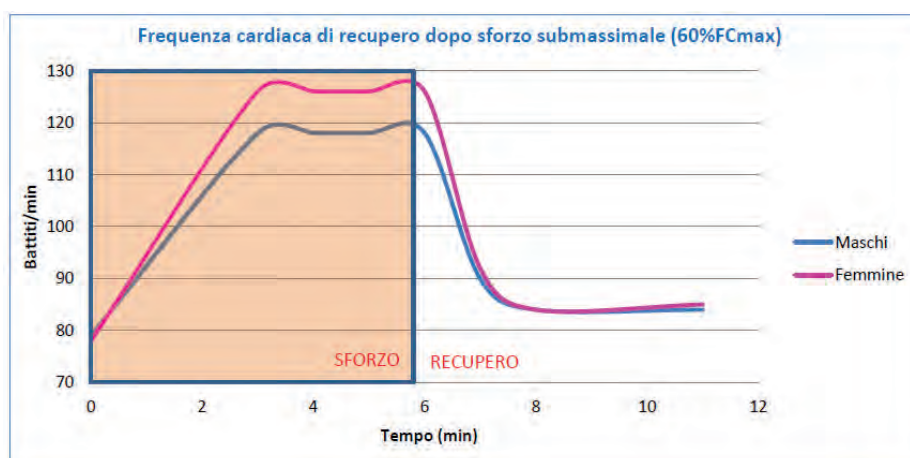


Figura 12: da Carter et al., 2001

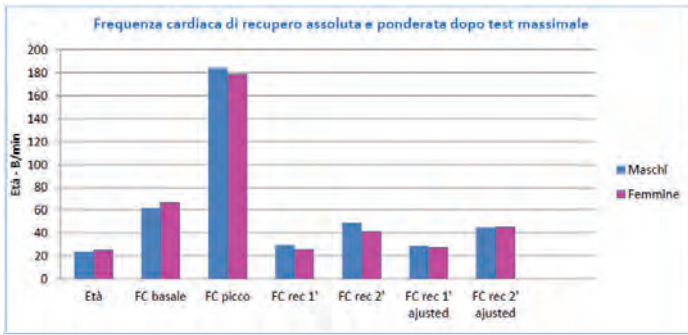


Figura 13: da Kappus et al., 2015

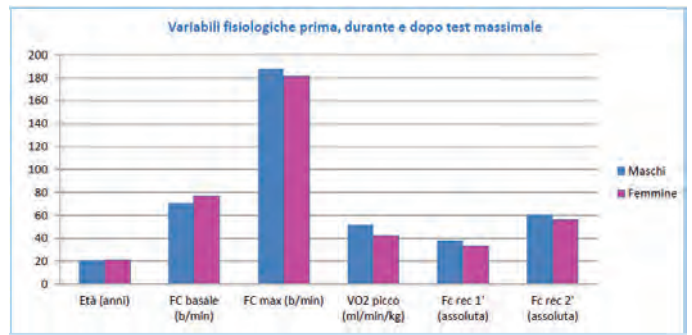


Figura 14: da De Mendonca et al., 2017

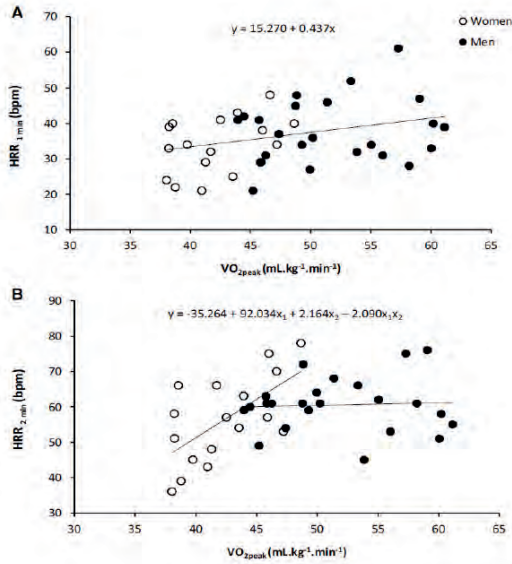


Figura 15: da De Mendonca et al., 2007

Dai dati appena analizzati, sembrerebbe che quando si rapporta la FC di recupero ai valori di massimo consumo di ossigeno $VO_2\max$, le differenze assolute riscontrate in favore degli uomini, si assottiglino fino ad annullarsi o addirittura invertirsi. Ma è davvero il massimo consumo di ossigeno e non il sesso, a essere il vero fattore influenzante la cinetica della Frequenza Cardiaca di recupero? Il livello di allenamento e di fitness atletica è davvero capace di essere l'elemento chiave capace di annullare le differenze di genere?

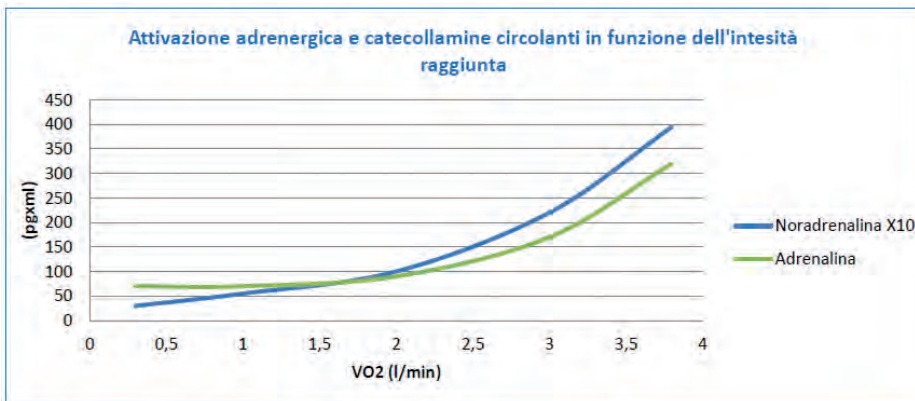
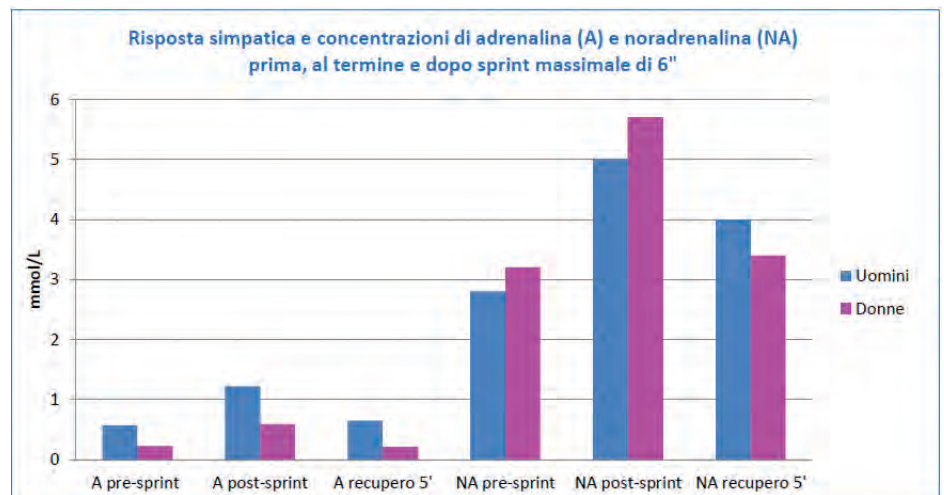


Figura 16: da Messonier et al., 2013

Figura 17: da Botocazou et al., 2007



STATO E DIBATTITO DELLA RICERCA

Ad oggi, non è ancora del tutto chiaro se in funzione del genere via sia o meno una primaria o prevalente attivazione di una branca nervosa, o di tutto il sistema autonomo, che determini in relazione al sesso una differente meccanica cardiaca a riposo, in corso d'attività e negli attimi successivi allo sforzo fisico. Il dibattito scientifico per quel che concerne il ritmo cardiaco in funzione del genere è ancora in auge e recentemente, grazie alle numerose evidenze degli studi di ricerca sull'argomento, è stata posta in discussione quella che in passato rappresentava la linea di pensiero maggiormente concordata in letteratura, ovvero che vi fosse negli uomini una maggiore attivazione vagale che determinasse i più bassi valori di frequenza cardiaca basale e di recupero. Come abbiamo visto, la critica più fondata e solida a questa tesi è che nel confronto fra uomini e donne, non si tenesse conto degli specifici valori $VO_2\text{max}$ ma solamente della categoria prestativa: rapportando infatti la frequenza di recupero al massimo consumo d'ossigeno, le differenze tra uomini e donne tendevano a scomparire. E' altresì vero che a parità di livello atletico, in virtù delle caratteristiche anatomiche e genetiche più orientate verso la performance assoluta (maggiori dimensioni atriali e ventricolari --> maggiore gittata cardiaca --> maggiore $VO_2\text{max}$...) gli uomini riescono potenzialmente a sostenere intensità di sforzo massimali per un tempo superiore rispetto alle donne, accumulando nel circolo ematico un quantitativo maggiore di catecolamine. Poiché le catecolamine circolanti sono direttamente proporzionali all'intensità dell'esercizio, il maggiore accumulo dello

stesse nel sesso maschile, può verosimilmente mascherare la reale riattivazione vagale al termine dello sforzo fisico, traducendosi in valori frequenza di recupero simili o inferiori alle donne, ma che in realtà non rispecchiano la vera ampiezza dell'attività parasimpatica.

CONCLUSIONI

Sebbene il dibattito scientifico sull'argomento non si sia del tutto esaurito, anzi sia nel suo pieno sviluppo, le maggiori evidenze presenti al momento in letteratura, concordano nel ritenere attendibile l'ipotesi secondo cui vi sia nell'uomo una più ampia attivazione e riattivazione vagale, che determinerebbe sia un più rapido decadimento nei valori di Frequenza Cardiaca al termine dello sforzo fisico, sia un battito cardiaco inferiore (più lento) alle donne nelle fasi di riposo. Questa maggiore ampiezza della stimolazione parasimpatica sul pacemaker cardiaco, sarebbe negli uomini tanto più forte nei momenti immediatamente successivi allo sforzo fisico (entro il primo minuto) per poi tendere verso valori simili al sesso femminile.

Ma più in generale, più che la singola branca parasimpatica, vi sarebbe nell'uomo una più potente risposta nervosa agli stimoli di tutto il sistema autonomo: questa più ampia risposta sarebbe di natura esclusivamente quantitativa e non qualitativa (funzionalità).

Ricordando come a determinare la risposta nervosa complessiva non sia una singola branca, ma l'integrazione e la coordinazione di entrambi i sistemi, ovvero il bilancio fra la potenza di scarica afferente-efferente, la sensibilità dei recettori postsinaptici e le moli di mediatori chimici liberati, l'intreccio di tutti questi fattori

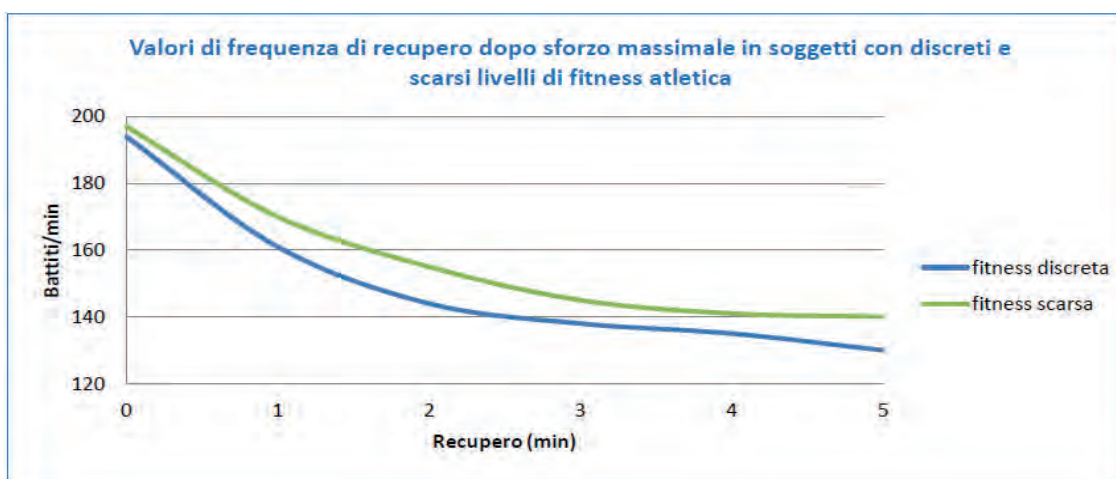


Figura 18: da De Araújo et al., 2017

determinerebbe nell'uomo, una maggiore risposta simpatica e parasimpatica in relazione e in funzione degli stimoli dati e ricevuti. Se ancora non è stata data una risposta definitiva all'ampiezza della regolazione nervosa del battito in funzione del sesso, è stata invece ormai dimostrata l'importanza del livello di fitness atletica e dello stato di allenamento, nell'influenzare i valori di FC a riposo e al termine dello sforzo fisico.

Concludendo, è possibile affermare che, sebbene alla luce degli ultimi studi sull'argomento, le evidenze riscontrate suggeriscono uno scenario favorevole alla rivisitazione di alcuni concetti assunti, al momento in cui questo articolo è scritto e in attesa di ulteriori sviluppi scientifici

futuri, si può confermare che esistano differenze di genere per quel che concerne la regolazione della FC a riposo e nelle fasi successive allo sforzo fisico (frequenza cardiaca di recupero). In virtù di una più ampia risposta nervosa di tutto il sistema autonomo, si assiste negli uomini ad una maggiore riattivazione vagale al termine dell'esercizio, che determina un più rapido decadimento nei valori di frequenza cardiaca, specie negli attimi di recupero immediatamente successivi allo sforzo fisico.

Inoltre, la risposta adrenergica all'attività fisica risulta superiore nell'uomo rispetto alla donna, portando ad un maggior quantitativo di catecholamine liberate e accumulate in circolo, specie quando gli sforzi fisici sono vicini alla soglia massimale.

BIBLIOGRAFIA

1. Arena R et al. The influence of sex on the relationship between heart rate recovery and other cardiovascular risk factors in apparently healthy subjects *Scand J Med Sci Sports* 2010 20:291-297
2. Astrand I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand Suppl.* 1960;49(169):1-92.
3. Botaczou M. et al. Sex effect on catecholamine responses to sprint exercise in adolescent and adults *Pediatr Exerc Sci.* 2007 May;19(2):132-44
4. Carter R et al. Gender differences in cardiovascular regulation during recovery from exercise. *J Appl Physiol* 2001 Oct; 91(4):1902-7.
5. Cornelissen VA, Fagard RH. Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure regulating mechanisms and cardiovascular risk factors. *Hypertension* 2005; 46: 667-675
6. Costill, D. L., Winrow, E. A comparison of two middle-aged marathon runners. *Res. Quart.* 41 135-139 (1970)
7. De Araujo JA et al. Aerobic fitness influences rest and heart rate recovery on young men regardless of body mass index *Sport Sciences for Health* April 2017, Volume 13, Issue 1, pp 217-223
8. De Mendonca GV et al. Sexual dimorphism in heart rate recovery from peak exercise *Eur J Appl Physiol.* 2017 Jul;117(7):1373-1381.
9. Kappus RM et al. Sex differences in autonomic function following maximal exercise *Biol Sex Differ.* 2015 Dec 1;6:28.
10. Loftin M et al. Gender comparison of physiologic and perceptual responses in recreational marathon runners *Int J Sports Physiol Perform.* 2009 4(3):307-16
11. Messonier LA et al. Lactate kinetics at the lactate threshold in trained and untrained man *J Appl Physiol* 2013 Jun;114(11):1593-602
12. Midgley AW et al. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance *Sports Med.* 2007;37(10):857-80
13. Pinillos FG. et al. Influence of sex, athletic performance and age differences on the acute cardiovascular and thermoregulatory response to incremental test in endurance runners 2016 *Science&Sport* 2016; 31: 123-129
14. Pollock, M. I. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: Cardiorespiratory aspects. *N.W. Acad. Sci* 301, 310-322 (1977)
15. Robinson S. Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiologie* October 1938, Volume 10, Issue 3, pp 251-323
16. Rostrup M. et al. Arterial and venous plasma catecholamines during submaximal steady-state exercise *Clin Physiol.* 1998 Mar;18(2):109-15.
17. Strobel G et al. Effect of repeated bouts of short-term exercise on plasma free and sulphoconjugated catecholamines in humans 1998 Dec;79(1):82-7
18. Sydò Norà et al. Relationship between exercise heart rate and age in men vs women. *Mayo Clin Proc.* 2014 Dec;89(12):1664-72.
19. Wilmore e Costill, *Fisiologia dell'esercizio fisico e dello sport.* 2005 Calzetti & Mariucci Editori