



Η Επίδραση της Άσκησης στα Επίπεδα της Β-Ενδορφίνης στο Αίμα

Αθανάσιος Ζ. Τζιαμούρτας¹ & Ιωάννης Γ. Φατούρος²

¹ΤΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

²ΤΕΦΑΑ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Περίληψη

Η β-Ενδορφίνη (β-EN) είναι ένα νευροπεπτίδιο, το οποίο αποτελείται από 31 αμινοξέα, και χαρακτηρίζεται σαν ενδογενές οπιοειδές. Τα οπιοειδή είναι ενδογενή πεπτιδικά τα οποία έχουν σε κάποιο βαθμό ιδιότητες αυτών του όπιου και της μορφίνης. Η β-EN εκκρίνεται σαν μέρος ενός μεγαλύτερου πρόδρομου μορίου, αυτό της προοπιομελανοκορτινής. Έχει βρεθεί πως η έκκριση της β-EN στην κυκλοφορία του αίματος εξαρτάται από την ένταση της άσκησης, και φαίνεται πως υπάρχει ένα συγκεκριμένο ποσοστό έντασης (>60% VO_{2max}) και διάρκειας (>5 λεπτά) πριν εμφανιστούν αυξημένα τα επίπεδα της β-EN στην κυκλοφορία του αίματος. Δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο ποια είναι η απόκριση της β-EN μετά από συστηματική προπόνηση, και κυρίως προπόνηση με αντιστάσεις. Ορισμένες έρευνες που εξέτασαν την αντίδραση της β-EN σε ασθενείς με καρδιολογικά προβλήματα υποδεικνύουν πως η απόκριση της β-EN μπορεί να είναι διαφορετική σε άτομα με προβλήματα υγείας. Περισσότερη έρευνα απαιτείται για να μπορέσουν να απαντηθούν ορισμένα ερωτήματα που σχετίζονται με το ρόλο της β-EN και των οπιοειδών κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Λέξεις κλειδιά: οπιοειδή, προπόνηση, αντιστάσεις, υγεία

The Effects of Exercise on the Levels of Beta-Endorphin in Blood

Athanasios Z. Jamurtas¹, & Ioannis G. Fatouros²

¹Department of Physical Education and Sports Sciences, University of Thessaly, Trikala, Hellas

²Department of Physical Education and Sports Sciences, Democritus University of Thrace, Komotini, Hellas

Abstract

Beta endorphin (β-EN) is a 31-amino acid neuropeptide that is synthesized in the anterior lobe of hypophysis classified as an endogenous opioid. Opioids are defined as endogenous peptides whose properties are to some degree opium- or morphine-like. β-EN is secreted as part of a larger precursor molecule (pro-opiomelanocortin). β-EN release into circulation depends upon the intensity of exercise and it seems that there is a certain percentage of intensity (greater than 60% VO_{2max}) and duration (> 5 minutes) that needs to be exceeded before its levels in the blood appear elevated. The response of β-EN in trained individuals, and in particular weight trained ones, is not clear yet. A few studies that examined the response of β-EN in cardiac patients seem to indicate that β-EN might be altered in individuals with health problems. Further research is needed to elucidate the role β-EN and opioids play during exercise.

Key words: *opioids, training, weight training, health*

Γενική Εισαγωγή

Η β-Ενδορφίνη (β-EN) είναι ένα πεπτιδίο, το οποίο αποτελείται από 31 αμινοξέα ενώ η σύνθεσή της γίνεται στον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης και μπορεί να εκκριθεί στην κυκλοφορία του αίματος από την υπόφυση όπως και από ορισμένες άλλες περιοχές του εγκεφάλου διαμέσου νευρικών ινών. Η β-EN χαρακτηρίζεται σαν ενδογενές οπιοειδές. Οπιοειδή είναι τα ενδογενή πεπτιδία τα οποία έχουν δράση παρόμοια με την μορφίνη. Η β-EN προέρχεται από ένα μεγαλύτερο μόριο, αυτό της προοπιωμελανοκορτινής (POMC). Από το μόριο της POMC, πέραν της β-EN, προέρχονται και άλλες ορμόνες, όπως η κορτικοτροπίνη, η μελανοτροπίνη και η β-λιποτροπίνη (Akil et al., 1984). Η β-EN έχει απομονωθεί από το γαστρεντερικό σωλήνα (Matsumura, Saito & Fujino, 1982), το πάγκρεας (Bruni, Watkins, & Yen, 1979), και τα επινεφρίδια (Gononi et al., 1981). Η απομόνωση της β-EN από τους παραπάνω ιστούς αλλά και η παρουσία υποδοχέων β-EN στους συγκεκριμένους ιστούς υποδεικνύει πως το συγκεκριμένο πεπτιδίο μπορεί να έχει άμεση σχέση με το μεταβολισμό των θρεπτικών ουσιών κατά την διάρκεια της άσκησης. Η β-EN μπορεί να επηρεάζει την έκκριση ή δράση ορμονών εκκρινόμενων από τους προαναφερθέντες ιστούς, ορμόνες οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των θρεπτικών στοιχείων κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Τα επίπεδα της β-EN έχουν μετρηθεί στο αίμα και σε διάφορους άλλους ιστούς μετά από άσκηση. Έχει αναφερθεί από διάφορους ερευνητές (Goldfarb, Hatfield, Armstrong, & Potts, 1990; Goldfarb, Hatfield, Potts, & Armstrong, 1991; Goldfarb & Jamurtas, 1997; De Meirleir et al., 1986; McMurray, Forsythe, Mar, & Hardy, 1987; Rahkila, Hakala, Alen, Salminen, & Laatikainen, 1988) πως η ένταση της άσκησης είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για να μπορέσουν να πραγματοποιηθούν σημαντικές αλλαγές στα επίπεδα της β-EN στο αίμα. Οι προηγούμενες έρευνες έδειξαν πως το κρίσιμο επίπεδο κατά το οποίο εντοπίζονται μεταβολές στα επίπεδα της β-EN προσδιορίζεται γύρω στο 60 % της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}). Ακολούθησαν και άλλες έρευνες (Gabriel, Schwarz, Steffens & Kindermann, 1992; Heitkamp, Schmid, & Scheib, 1996; Viru & Tenzegolskis, 1995; Vissing, Iwamoto, Fuchs, Galbo, & Mitchell, 1994) οι οποίες επιβεβαίωσαν πως υπάρχει ένα συγκεκριμένο επίπεδο έντασης το οποίο πρέπει να ξεπερνιέται έτσι ώστε να αυξάνονται τα επίπεδα της β-EN στο αίμα. Ωστόσο, αυτό το επίπεδο μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον ασκούμενο.

Σχετικές Θεωρίες

Υπάρχουν αρκετές αναφορές στη βιβλιογραφία που σχετίζουν τα ενδογενή οπιοειδή με διάφορες μεταβολικές και καρδιαγγειακές ασθένειες, με τον πόνο, με καταστάσεις ευφορίας κ.ο.κ. Ένας από τους λόγους που οδηγούν στη μεταβολή των ενδογενών οπιοειδών, με κύριο εκφραστή τη β-EN, στις προηγούμενες καταστάσεις είναι και η ανάπτυξη κάποιου είδους στρες στον οργανισμό του ανθρώπου.

Η άσκηση αποτελεί μια μορφή στρες για τον οργανισμό. Όλα τα συστήματα φυσιολογίας του ανθρώπου (π.χ. καρδιαγγειακό, αναπνευστικό, μυϊκό κ.ο.κ.) αυξάνουν τη λειτουργία τους για να μπορέσουν να ανταποκριθούν στις αυξημένες απαιτήσεις για ενέργεια. Η αυξημένη ενεργειακή δαπάνη θεωρείται πως είναι ένας λόγος για την έκκριση της β-EN κατά τη διάρκεια της άσκησης. Στη συγκεκριμένη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας παρατίθενται έρευνες οι οποίες υποστηρίζουν πως από τη στιγμή που θα υπάρξει η ανάπτυξη κάποιας μορφής στρες, εκφρασμένης διαμέσου της έντασης και της διάρκειας της άσκησης, τότε επέρχεται και αυξημένη έκκριση β-EN στην κυκλοφορία του αίματος.

Ανασκόπηση Σχετικών Ερευνών

Είδη Ασκήσεων

Άσκηση με αντιστάσεις. Υπάρχουν λίγες έρευνες οι οποίες έχουν εξετάσει την επίδραση των ασκήσεων με αντιστάσεις στην συγκέντρωση της β-EN στο αίμα. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών δε συμφωνούν απόλυτα μεταξύ τους, κάνοντας δύσκολη την εξαγωγή ολοκληρωμένων συμπερασμάτων. Οι Pierce, Eastman, Tripathi, Olson και Dewey (1993b) ανέφεραν πως δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στα επίπεδα της β-EN στο αίμα έξι προπονημένων ανδρών μετά από άσκηση τριών σετ, των οχτώ επαναλήψεων, έντασης 80% της μίας μέγιστης Επανάληψης (1-ME). Αντίθετα, το συγκεκριμένο ομάδα ερευνητών σε μετέπειτα δημοσιεύσεις έδειξαν πως τα επίπεδα της β-EN μειώθηκαν μετά από ένα παρόμοιο πρόγραμμα άσκησης σε 10 άνδρες και 10 γυναίκες ηλικίας περίπου είκοσι ετών (Pierce et al., 1994). Οι ερευνητές απέδωσαν την μείωση των επιπέδων β-EN είτε σε αυξημένη απομάκρυνση της β-EN από την κυκλοφορία του αίματος ή σε ψυχολογικούς παράγοντες. Δεν είναι ξεκάθαρο γιατί υπάρχουν αυτές οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο ερευνών, αλλά μπορεί να συνδέεται με το γεγονός ότι οι συμμετέχοντες στην αρχική έρευνα ήταν προπονημένα άτομα. Οι Kraemer et al. (1993) ανέφεραν πως

οχτώ καλά προπονημένοι άνδρες παρουσίασαν αυξημένα επίπεδα β-EN στο αίμα, ένα λεπτό μετά το τέλος της άσκησης, μετά από προπόνηση μεγάλου προπονητικού όγκου. Οι ερευνητές υποστήριξαν πως η αναλογία της διάρκειας της άσκησης προς το διάλειμμα, και ο συνολικός προπονητικός όγκος επηρέασαν τα επίπεδα της β-EN. Το ίδιο ερευνητικό γκρουπ σε προηγούμενες έρευνες έδειξε πως τα επίπεδα της β-EN ήταν σημαντικά αυξημένα σε 28 αθλητές της άρσης βαρών μετά από μία μέτριας έως υψηλής έντασης προπόνησης με αντιστάσεις (Kraemer et al., 1992).

Έχει βρεθεί πως η άσκηση με αντιστάσεις επηρεάζει τη συγκέντρωση της β-EN και στις γυναίκες. Η άσκηση με αντιστάσεις αύξησε τα επίπεδα της β-EN από 5 σε 15-20 pmol/L (Walberg-Rankin, Franke, & Gwazdauskas, 1992). Η προπόνηση που έκαναν οι γυναίκες ήταν τρία σέτ με βάρη των 10-12 επαναλήψεων, έντασης γύρω στο 85 % της 1-ME, ενώ ο αριθμός των διαφορετικών ασκήσεων ήταν οχτώ. Η β-EN επέστρεψε στα επίπεδα ηρεμίας μετά από τριάντα λεπτά αποκατάστασης. Φαίνεται πως δεν υπάρχει ένας συγκεκριμένος τρόπος με τον οποίο μεταβάλλεται η συγκέντρωση της β-EN μετά από άσκηση με αντιστάσεις. Τα αποτελέσματα ερευνών τα οποία εξετάζουν την έκκριση της β-EN μετά από άσκηση με αντιστάσεις είναι διαφορετούμενα, και αυτό οφείλεται κατά ένα μέρος στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνταν η επιλογή των συμμετεχόντων στην έρευνα, ενώ κατά ένα άλλο μέρος στην ένταση της άσκησης. Τέλος, ο χρόνος δειγματοληψίας μετά από την άσκηση διέφερε, και αυτός μπορεί να είναι ένας ακόμα παράγοντας ο οποίος επηρέασε τα αποτελέσματα. Είναι βέβαιο πως απαιτούνται μελλοντικές έρευνες που να εντοπίζουν την επίδραση της άσκησης με αντιστάσεις στα επίπεδα της β-EN όταν μεταβάλλεται ο προπονητικός όγκος, ο αριθμός των ασκήσεων, το είδος των ασκήσεων (πολυαρθρικές σε σύγκριση με μονοαρθρικές). Φαίνεται επίσης πως έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες έρευνες που να εξέτασαν την επίδραση των ασκήσεων με αντιστάσεις έχοντας σαν δείγμα γυναίκες και αυτό είναι ακόμα ένα σημείο το οποίο θα πρέπει να προσεχτεί στο μελλοντικό σχεδιασμό ερευνών που σχετίζονται με την έκκριση της β-EN μετά από άσκηση με αντιστάσεις.

Αερόβια άσκηση. Έχει βρεθεί πως η αερόβια άσκηση αυξημένης έντασης και διάρκειας οδηγεί σε αυξημένα επίπεδα β-EN στο αίμα (De Meirleir et al., 1986, Goldfarb, Hatfield, Armstrong, et al., 1990; Goldfarb, Hatfield, Potts, et al., 1991; Kraemer et al., 1989, McMurray, et al., 1987; Schwarz & Kindermann, 1992). Πιο πρόσφατες έρευνες δείχνουν να υποστηρίζουν τα δεδομένα των παλαιότερων ερευνών. Σε μία έρευνα, 16 άνδρες, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 8 ανδρών, εξετάστηκαν μετά από άσκηση στο κυκλοεργόμετρο, έντασης 85

και 100 % του αναερόβιου κατώφλιου (AK) του κάθε συμμετέχοντα. Στην περίπτωση της άσκησης στο 100 % του AK η διάρκεια της άσκησης έφτασε μέχρι το σημείο της εξάντλησης και ήταν η ίδια όπως και όταν η ένταση της άσκησης ήταν στο 85% του AK (Gabriel et al., 1992). Η β-EN βρέθηκε να αυξάνεται μόνο στην περίπτωση του 100% του AK, από 13 σε 42 pmol/L. Η άσκηση στο ποδήλατο με ένταση 85% της VO_{2max} βρέθηκε να αυξάνει τα επίπεδα της β-EN από περίπου 10 pmol/L στην ηρεμία σε 30 pmol/L στο τέλος της άσκησης (Engfred et al., 1994). Σε μία άλλη έρευνα πάρθηκαν δείγματα αίματος από 16 προπονημένους μαραθωνοδρόμους πριν, αφού είχαν περάσει 60 λεπτά, και 120 λεπτά κατά τη διάρκεια της κούρσας, στο τέλος του αγώνα και κατά την διάρκεια της αποκατάστασης (Heitkamp, Schmid, & Scheib, 1996). Τα επίπεδα β-EN αυξήθηκαν μετά από 60 λεπτά άσκησης, και συνέχισαν να αυξάνονται στα 120 λεπτά και στο τέλος της άσκησης. Τα επίπεδα της β-EN αυξήθηκαν κατά 7 φορές και έφτασαν περίπου τα 40 pmol/L στο τέλος του μαραθωνίου. Αυτά τα αποτελέσματα συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα των Goldfarb et al. (1990), οι οποίοι υποδεικνύουν πως η διάρκεια της άσκησης οδηγεί σε αύξηση των επιπέδων της β-EN στο αίμα.

Η απόκριση της β-EN κατά τη διάρκεια της άσκησης στην οποία συμμετείχαν γυναίκες φαίνεται πως είναι ίδια με αυτή των ανδρών. Σε είκοσι επτά γυναίκες που έτρεξαν στον διάδρομο με δύο διαφορετικές εντάσεις (60 και 90 % της VO_{2max}) βρέθηκε πως είχαν αυξημένα επίπεδα β-EN μόνο όταν η ένταση της άσκησης ήταν στο ανώτερο επίπεδο (Rahkila & Laatikainen, 1992). Οχτώ γυναίκες που ήταν προπονημένες στον αερόβιο χορό αύξησαν τα επίπεδα β-EN από 8,6 pg/ml σε 12,0 pg./ml μετά από ένα 45-λεπτο χορού (Pierce, Eastman, Tripathi, Olson, & Dewey, 1993a). Πιο πρόσφατα, οι Goldfarb et al (1998) εξέτασαν την επίδραση δύο διαφορετικών εντάσεων (60% VO_{2max} και 80% VO_{2max}) στα επίπεδα της β-EN χρησιμοποιώντας για δείγμα τόσο άνδρες όσο και γυναίκες. Τα επίπεδα της β-EN αυξήθηκαν μόνο στην περίπτωση που η ένταση της άσκησης ήταν 80% VO_{2max} , ενώ η διαφορά στην απόκριση μεταξύ των ανδρών και των γυναικών δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Φαίνεται πως τα επίπεδα της β-EN μετά από αερόβια άσκηση επηρεάζονται από την ένταση της άσκησης.

Άσκηση αυξανόμενης έντασης. Η άσκηση αυξανόμενης έντασης έχει δείξει πως η συγκέντρωση της β-EN αυξάνεται όταν η ένταση της άσκησης ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο κατώφλι (De Meirleir et al., 1986, Goldfarb et al., 1987; de Vries et al., 2000). Οι Heitkamp et al. (1996) εξέτασαν τα επίπεδα της β-EN μετά από ένα τεστ στον διάδρομο αυξανόμενης έντασης το οποίο διήρκεσε περίπου 30 λεπτά. Τα επίπεδα της β-EN αυξήθηκαν από 10 pmol/L πριν

από την άσκηση σε 30 pmol/L στο τέλος της άσκησης. Παρόμοια αποτελέσματα πάρθηκαν και μετά από άσκηση αυξανόμενης έντασης στο κυκλοεργόμετρο (de Vries et al., 2000). Ωστόσο, η ένταση της άσκησης έπρεπε να ξεπεράσει το κατώφλι του 80 % $\text{VO}_{2\text{max}}$ πριν τα επίπεδα της β-EN παρουσιαστούν σημαντικά αυξημένα στο αίμα. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (De Meirleir et al., 1986; Goldfarb et al., 1987). Δεν είναι ξεκάθαρο ακόμα τι είναι αυτό το οποίο προκαλεί ή ποιοι είναι οι παράγοντες που κατά την διάρκεια της άσκησης οδηγούν στην έκκριση της β-EN. Πιθανόν μεταβολικοί παράγοντες, όπως η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος και τα επίπεδα της γλυκόζης και των λιπαρών οξέων στο αίμα να επηρεάζουν τα επίπεδα της β-EN κατά τη διάρκεια της άσκησης. Υπάρχουν αρκετές αναφορές στη βιβλιογραφία που υποδεικνύουν μια πιθανή σχέση της β-EN με το μεταβολισμό των υδατανθράκων και τις ορμόνες που επηρεάζουν αυτόν κατά τη διάρκεια της άσκησης (Jamurtas et al., 2000; 2001, Fatouros et al., 1997; Angelopoulos, 2001).

Ειδικό Πληθυσμό

Προπονημένα άτομα. Δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο ποια είναι η επίδραση της συστηματικής προπόνησης στην κατάσταση της β-EN, τόσο σε επίπεδο ηρεμίας όσο και μετά από άσκηση. Έχει βρεθεί πως η συστηματική προπόνηση επιφέρει μείωση των επιπέδων της β-EN στην ηρεμία (Lobstein & Ismail, 1989; Walker & Bazzare, 1986; Lobstein & Rasmussen, 1991) ή οι μεταβολές των επιπέδων που επέρχονται δεν είναι στατιστικά σημαντικές (de Diego-Acosta et al., 2001; Goldfarb et al., 1991; Howlett et al., 1984; Pierce et al., 1993b). Ωστόσο σε μερικές από αυτές τις έρευνες δεν υπήρχε ομάδα ελέγχου έτσι ώστε να μπορέσουν να γίνουν περισσότερο αξιόπιστες οι συγκρίσεις και οι επιδράσεις της συστηματικής προπόνησης. Η ασυμφωνία που υπάρχει στην βιβλιογραφία οφείλεται εν μέρει στο είδος της προπόνησης, στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να μετρηθεί η β-EN και στο είδος της οξείας άσκησης που χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια της έρευνας. Οι περισσότερες έρευνες εξέτασαν προπονημένα άτομα και τα συγκρίναν με απροπόνητα άτομα (Carr et al., 1981; Farrell, Kjaer, Bach, & Galbo, 1987; Goldfarb et al., 1991; Mougín et al., 1988; Rahkila, Hakala, Alen, Salminen, & Laatikainen, 1988) αλλά πολύ λίγες έρευνες προπόνησαν τους συμμετέχοντες (Howlett et al., 1984; Lobstein & Ismail, 1989; Walker & Bazzare, 1986; Lobstein & Rasmussen, 1991). Η ένταση της προπόνησης και η επιλογή των συμμετεχόντων ήταν διαφορετικές στις προηγούμενες έρευνες. Οι μέθοδοι μέτρησης της β-EN δεν ήταν ελεγχόμενες και μετρούσαν τόσο την συγκέντρωση της β-EN όσο και της β-λιποτροπίνης. Τέλος, η διαπίστωση της

αλλαγής της συγκέντρωσης της β-EN μπορεί να οφείλεται στην διαφορετική σχετική ένταση της άσκησης. Τα επίπεδα της β-EN, τόσο στην ηρεμία όσο και κατά την διάρκεια της άσκησης, βρέθηκαν να είναι τα ίδια σε προπονημένα άτομα όταν η ένταση της άσκησης που χρησιμοποιήθηκε εκφράστηκε με σχετικό τρόπο (Goldfarb et al., 1991).

Οι Lobstein and Rasmussen (1991) εξέτασαν την επίδραση ενός 8-μηνου προπονητικού προγράμματος στα επίπεδα της β-EN, σε 10 μεσήλικα άτομα και τη συγκρίναν με 6 άτομα τα οποία δεν έκαναν προπόνηση. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν πως τα επίπεδα της β-EN στην ηρεμία μειώθηκαν από 49 σε 32 ng/L στο προπονημένο γκρουπ, ενώ δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στα επίπεδα των απροπόνητων ατόμων. Μία άλλη αναφορά στην βιβλιογραφία έρευνας που προπόνησε συμμετέχοντες είναι μία έρευνα που χρησιμοποίησε επίμυες (Perhonen, Takala, Huttunen, & Leppaluoto, 1995). Οι Επίμυες προπονήθηκαν δύο φορές την ημέρα για 5 ημέρες την εβδομάδα σε ένα κυλιόμενο διάδρομο για 10, 21, ή 56 ημέρες κάτω από κανονική ή μειωμένη ατμοσφαιρική πίεση. Τα επίπεδα της β-EN στην ηρεμία δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά σε καμία από τις ερευνητικές συνθήκες. Επίσης, βρέθηκε πως το τρέξιμο ως την εξάντληση οδήγησε σε υψηλότερα επίπεδα β-EN σε μία ομάδα προπονημένων επιμυών συγκριτικά με τα επίπεδα β-EN απροπόνητων επιμυών που έτρεξαν ως την εξάντληση (Debruille et al., 1999).

Υπάρχει ακόμα μία έρευνα η οποία σύγκρινε προπονημένα άτομα (n=12) με απροπόνητα άτομα (n=11) (Virtu & Tendzegolskis, 1995). Βρέθηκε πως η απόκριση της β-EN υπήρξε αυξημένη μόνο όταν ξεπέρασε ένα επίπεδο έντασης (>57 % $\text{VO}_{2\text{max}}$), τόσο στα προπονημένα όσο και στα απροπόνητα άτομα. Άσκηση χαμηλότερης έντασης (49 % $\text{VO}_{2\text{max}}$) δε μετέβαλε σημαντικά τα επίπεδα της β-EN. Ωστόσο, οι συγγραφείς του άρθρου ανέφεραν πως τα επίπεδα της γ- και α-ενδορφίνης (δύο επιπλέον κλάσματα ενδορφινών) και οι λόγοι των συγκεκριμένων μορίων προς την β-EN ήταν σημαντικά υψηλότερα στα προπονημένα άτομα. Αυτά τα αποτελέσματα υποδεικνύουν πως η αερόβια προπόνηση μπορεί να αλλάζει το μεταβολισμό των ενδορφινών στα προπονημένα άτομα.

Πολύ λίγες έρευνες εξέτασαν τα επίπεδα της β-EN σε άτομα που έκαναν συστηματική προπόνηση με βάρη (Fry et al., 1997; Kraemer et al., 1992; Walberg-Rankin, Franke, & Gwazdauskas, 1992). Δεν είναι ακόμα γνωστό εάν η προπόνηση με αντιστάσεις μεταβάλλει τον μεταβολισμό της β-EN. Οι προηγούμενα αναφερθείσες έρευνες εξέτασαν τους συμμετέχοντες μετά από μία συνεδρία κατά την οποία υποβλήθηκαν σε μέγιστη δοκιμασία ικανότητας να σηκώνουν βάρη. Τα αποτελέσματα έδειξαν διαφορετικά αποτελέσματα, αφού σε ορισμέ-

νες περιπτώσεις τα επίπεδα της β-EN παρουσιάστηκαν αμετάβλητα (Fry et al., 1997; Walberg-Rankin et al., 1992) ενώ σε άλλες υπήρξαν σημαντικές μεταβολές (Kraemer et al., 1992). Μελλοντικές έρευνες πρέπει να εξετάσουν ποια είναι η επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις στα επίπεδα της β-EN όταν η ένταση της άσκησης στην προπόνηση και ο συνολικός προπονητικός όγκος είναι συγκεκριμένος. Είναι σίγουρο πως απαιτούνται περισσότερες έρευνες σχετικά με τον ρόλο που έχει η προπόνηση με αντιστάσεις στην συγκέντρωση της β-EN.

Άτομα με προβλήματα υγείας. Υπάρχουν αρκετές έρευνες οι οποίες εξέτασαν την απόκριση της β-EN κατά τη διάρκεια της άσκησης σε διάφορες ασθένειες, όπως ο σακχαρώδης διαβήτης (Wanke et al., 1996), διάφορες καρδιαγγειακές ασθένειες (Hikita et al., 1993), και πιο πρόσφατα σκλήρυνση κατά πλάκας (Heesen et al., 2003). Φαίνεται πως ο τρόπος απόκρισης της β-EN σε ορισμένες παθήσεις είναι διαφορετικός απ' αυτόν που παρατηρείται στα φυσιολογικά άτομα.

Διάφορες έρευνες εξέτασαν τα επίπεδα της β-EN σε άτομα τα οποία έπασχαν από σακχαρώδη διαβήτη. Οχτώ άτομα τα οποία έπασχαν από ινσουλινο-εξαρτώμενο διαβήτη εξετάστηκαν κάτω από φυσιολογικά επίπεδα γλυκόζης και επίπεδα υπεργλυκαιμίας και συγκρίθηκαν με 8 υγιή άτομα (Wanke et al., 1996). Στα άτομα τα οποία έπασχαν από διαβήτη έγινε έγχυση ινσουλίνης και/ή γλυκόζης για να διατηρηθεί η γλυκόζη, είτε μέσα στα φυσιολογικά επίπεδα είτε ή να υπάρξει υπεργλυκαιμία για τουλάχιστον 60 λεπτά. Οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε μια μέγιστη δοκιμασία στο εργοποδήλατο. Τα επίπεδα της β-EN στην ηρεμία ήταν μικρότερα στα διαβητικά άτομα συγκριτικά με τα υγιή άτομα, ανεξάρτητα από τα επίπεδα γλυκόζης. Όταν αυξήθηκε η ένταση της άσκησης παρατηρήθηκε μία αύξηση στην συγκέντρωση της β-EN στα υγιή άτομα μόνο στο τέλος της άσκησης (81 ng/L). Αντίθετα, τα διαβητικά άτομα δεν παρουσίασαν σημαντικές μεταβολές στα επίπεδα της β-EN (39 και 30 ng/L κάτω από φυσιολογικά επίπεδα γλυκόζης και κατάσταση υπεργλυκαιμίας, αντίστοιχα). Τα επίπεδα της β-EN μετά την άσκηση ήταν σημαντικά μικρότερα σε άτομα με διαβήτη και σιωπηλή ισχαιμία του μυοκαρδίου (ΣΙΜ) συγκριτικά με μη διαβητικά άτομα τα οποία είχαν ΣΙΜ (Hikita et al., 1993). Φαίνεται πως η έκκριση β-EN είναι μικρότερη στα διαβητικά άτομα. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας συμφωνούν με προηγούμενα αποτελέσματα ερευνών σε ζώα οι οποίες έδειξαν πως τα επίπεδα της β-EN παρουσιάζονται μικρότερα σε ζώα που πάσχουν από διαβήτη (Forman, Estilow, Lewis, & Vasilenko, 1986; Forman, Estilow, Mead, and Vasilenko 1988; Timmers, Voyles, Zalenski, Wilkins, & Recant, 1986). Επιπρόσθετα, έχει αναφερθεί πως η αντίδραση των

διαβητικών ατόμων σε δοκιμασία πόνου ήταν μικρότερη (Morley, Mooradian, Levine, & Morley, 1984; Solerte et al., 1988) και μπορεί να υποθέσει κανείς πως η συγκεκριμένη αντίδραση των διαβητικών ατόμων να οφείλεται στα χαμηλότερα επίπεδα της β-EN, που όπως αναφέρθηκε έχει και ιδιότητες ενδογενούς οπιοειδούς. Η απόκριση της β-EN κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι μικρότερη στους διαβητικούς και γι' αυτό πιθανώς να παρουσιάζουν και μεγαλύτερα επίπεδα πόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ωστόσο, δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο εάν υπάρχει κάποιος άλλος παράγοντας ή μηχανισμός που να οδηγεί σε διαφορετικό τρόπο έκκρισης β-EN σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη.

Άτομα με καρδιαγγειακά προβλήματα μπορεί να παρουσιάζουν διαφορετικό τρόπο έκκρισης της β-EN με την άσκηση (Letizia et al., 1996; Perna et al., 1994; Wallbridge et al., 1994). Μεσήλικες άνδρες για τους οποίους υπήρχε η υποψία προβλημάτων στεφανιαίας νόσου συγκρίθηκαν με άτομα στα οποία υπήρχε ήδη η διάγνωση της νόσου (Letizia et al., 1996). Ένα τεστ μέγιστης δοκιμασίας στο κυκλοεργόμετρο, είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης της β-EN στο τέλος της άσκησης και κατά την διάρκεια της αποκατάστασης στους συμμετέχοντες για τους οποίους υπήρχε η υποψία προβλημάτων στεφανιαίας νόσου. Τα άτομα τα οποία είχαν στεφανιαία νόσο και αρνητικά τεστ κόπωσης (n=9) παρουσίασαν μία αύξηση στην συγκέντρωση της β-EN ενώ τα άτομα τα οποία είχαν θετικά τεστ δεν παρουσίασαν αύξηση. Οι Perna et al. (1994) εξέτασαν την αντίδραση της β-EN στην διάρκεια της ηρεμίας και μετά από άσκηση σε άτομα τα οποία είχαν ανεπάρκεια της αριστερής κοιλίας. Τα αποτελέσματα τους συγκρίθηκαν με υγιή άτομα της ίδιας ηλικίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως τα άτομα τα οποία είχαν ανεπάρκεια της αριστερής κοιλίας παρουσίαζαν αυξημένη συγκέντρωση β-EN στην ηρεμία (3.5 pmol/L) συγκριτικά με τα υγιή άτομα (1.8 pmol/L). Οι τιμές β-EN που πάρθηκαν μετά το τέλος της άσκησης ήταν περίπου ίδιες και στις δύο ομάδες. Αντίθετα, άτομα τα οποία έπασχαν από συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια παρουσίασαν χαμηλότερα επίπεδα β-EN, τόσο στην ηρεμία όσο και μετά από μια δοκιμασία άσκησης αυξανόμενης έντασης (Perna, Modoni, Valle, Stanislao, & Loperfido, 1997). Γυναίκες με επιβεβαιωμένα καρδιακά προβλήματα παρουσίασαν μικρή ανεκτικότητα κατά την διάρκεια της άσκησης όταν είχαν χαμηλές τιμές β-EN (Karpov et al., 1991). Ωστόσο, αυτό που δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο είναι εάν οι χαμηλές τιμές της β-EN οφείλονται στα καρδιακά προβλήματα ή στην χαμηλή ένταση της άσκησης.

Έχουν εξεταστεί πολλά άτομα με ΣΙΜ, σε πολλές έρευνες, για να διαπιστωθεί εάν η β-EN έχει κάποια σχέση με την ανοχή στην άσκηση. Έχει πα-

ρατηρηθεί πως τα επίπεδα της β-EN στην ηρεμία σε άτομα με ΣΙΜ παρουσιάζονται αυξημένα, (Wu, 1992) ή είναι τα ίδια (Kurita et al., 1992; Marchant et al., 1994), συγκριτικά με υγιή άτομα ή άτομα που παρουσιάζουν στηθάγχη. Τα επίπεδα της β-EN μετά από άσκηση έχουν βρεθεί να είναι αυξημένα (Hikita et al., 1993; 1998; Miller et al., 1993; Wu, 1992) ή τα ίδια (Huang & Zhu, 1991, Kurita et al., 1992; Marchant et al., 1994; Sena et al., 1992) με αυτά της ομάδας ελέγχου ή της ομάδας που παρουσίαζε συμπτώματα στηθάγχης. Όταν πραγματοποιήθηκε έγχυση ναλοξόνης (μιας ουσίας που αποκλείει τους υποδοχείς της β-EN) σε άτομα με ΣΙΜ, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα επίπεδα πόνου ή ισχαιμίας παρ' όλο που τα επίπεδα της β-EN παρουσιάστηκαν υψηλότερα (Marchant et al., 1994). Ένας πιθανός παράγοντας που έχει προταθεί για να εξηγήσει τα αυξημένα επίπεδα της β-EN στα άτομα με ΣΙΜ είναι η κατάθλιψη (Light et al., 1991). Είναι πιθανόν τα άτομα που έχουν ΣΙΜ να παρουσιάζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση β-EN, η οποία με την σειρά της να προλαμβάνει τον πόνο παρά την ισχαιμία του μυοκαρδίου. Ωστόσο, υπάρχουν και έρευνες οι οποίες έδειξαν πως τα αυξημένα επίπεδα της β-EN μεταβάλλουν το κατώφλι του πόνου περιφερειακά, όχι όμως και το κατώφλι για την εμφάνιση στηθάγχης, σε ασθενείς οι οποίοι παρουσιάζουν ελεγχόμενη κατάσταση στηθάγχης (Jarmukli, Ahn, Iranesh, & Russell, 1999). Η επιβεβαίωση των μεταβολών που επέρχονται στα επίπεδα της β-EN σε άτομα με ΣΙΜ και ο τρόπος πρόκλησης αυτών των μεταβολών θα βοηθήσουν κατά πολύ την ιατρική κοινότητα να αντιμετωπίσει με επιτυχία αυτή την κατάσταση.

Τελευταία υπάρχουν ορισμένες αναφορές στη βιβλιογραφία οι οποίες συνδέουν το ανοσοποιητικό σύστημα με την β-EN και το σύστημα οπιοειδών. Για παράδειγμα, βρέθηκε πως η συστηματική άσκηση αυξάνει τα επίπεδα της β-EN στον εγκέφαλο και παράλληλα αυξάνεται η κυτταροτοξικότητα (Jonsdottir, Hellstrand, Thoren, & Hoffmann, 2000). Ακόμα υπάρχουν ενδείξεις πως η β-EN στο πλάσμα παρουσιάζει θετική συσχέτιση με την ιντερλευκίνη-6 ($r=0.94$) (Vassilakopoulos, Zakynthinos, & Roussos, 1999). Η λήψη ακετυλοσαλικυλικού οξέος μπορεί να αμβλύνει την απόκριση της β-EN κατά τη διάρκεια της άσκησης (Di Luigi, Guidetti, Romanelli, Baldari, & Conte, 2001). Τέλος, έχει βρεθεί πως η απόκριση της β-EN μετά από μια δοκιμασία άσκησης σε άτομα με σκλήρυνση κατά πλάκας ήταν η ίδια με αυτή των υγιών ατόμων (Heesen et al., 2003).

Σχόλια και Συζήτηση

Η β-EN είναι ένα ενδογενές οπιούχο το οποίο

συνδέεται με πολλές φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού. Από τη συγκεκριμένη ανασκόπηση φαίνεται πως σε περιπτώσεις στρες, όπως είναι η άσκηση, ο εγκέφαλος δραστηριοποιείται και εκκρίνει αυτό το πεπτιδίο. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο η ένταση της άσκησης να ξεπερνάει ένα ποσοστό της 1-RM ή της VO_{2max} . Το ποσοστό αυτό πρέπει να είναι τέτοιο που να προσεγγίζει το αναερόβιο κατώφλι. Πολύ πιθανόν ένας από τους μηχανισμούς έκκρισης της β-EN να συνδέεται με το μεταβολισμό των υδατανθράκων και πιο συγκεκριμένα με την αναερόβια διάσπαση της γλυκόζης. Όσον αφορά το θέμα της επίδρασης που έχει η συστηματική προπόνηση στα επίπεδα της β-EN, τόσο στην ηρεμία όσο και μετά από άσκηση, τα πράγματα δεν είναι απόλυτα ξεκαθαρισμένα. Καλύτερος ερευνητικός σχεδιασμός των πειραμάτων θα μπορούσε να απαντήσει με πιο ξεκάθαρο τρόπο την προαναφερθείσα ερώτηση. Τέλος, σχετικά με τα επίπεδα της β-EN σε άτομα τα οποία πάσχουν από ορισμένες ασθένειες, φαίνεται πως η έκκριση της β-EN είναι μειωμένη σε άτομα τα οποία πάσχουν από σακχαρώδη διαβήτη, κάτι που ενισχύει την άποψη ότι ένας από τους μηχανισμούς έκκρισης της β-EN μπορεί να σχετίζεται με το μεταβολισμό των θρεπτικών στοιχείων. Πολύ μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν πρόσφατες έρευνες οι οποίες συνδέουν το σύστημα των ενδογενών οπιούχων με το ανοσοποιητικό σύστημα. Οποσδήποτε, αυτός είναι ένας τομέας έρευνας ο οποίος θα τραβήξει το ενδιαφέρον των ερευνητών τα μελλοντικά χρόνια.

Προτάσεις για Μελλοντικές Έρευνες

Σύμφωνα με την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας φαίνεται πως υπάρχει μια έλλειψη ερευνητικών εργασιών που σχετίζονται με την επίδραση της άσκησης με αντιστάσεις στα επίπεδα της β-EN. Επίσης, δεν είναι ακόμα γνωστό πως αντιδρά ο οργανισμός ενός υγιούς ατόμου στην έκκριση της β-EN από τη στιγμή που θα συμμετάσχει σε ένα προπονητικό πρόγραμμα. Ακόμα, θα πρέπει να συνεχιστούν οι έρευνες που γίνονται σε πληθυσμούς με διάφορα μεταβολικά προβλήματα ή προβλήματα του καρδιαγγειακού συστήματος για να διαπιστωθεί εάν υπάρχει κάποιος ρόλος της β-EN στην παθολογία αυτών των προβλημάτων. Είναι επίσης αναγκαίο να εστιαστεί η προσοχή και στους πιθανούς μηχανισμούς που επιφέρουν μεταβολές στα επίπεδα της β-EN κατά τη διάρκεια της άσκησης. Τέλος, για να απαντηθούν όλα τα παραπάνω ερωτήματα θα πρέπει να υπάρξει ο κατάλληλος πειραματικός σχεδιασμός των ερευνών με τη συμμετοχή ομάδων ελέγχου και τον κατάλληλο αριθμό συμμετεχόντων σε αυτές.

Σημασία για τη Φυσική Αγωγή

Η συγκεκριμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφέρεται στην επίδραση της άσκησης στα επίπεδα της β-ενδορφίνης. Η γνώση των συγκεκριμένων πληροφοριών δίνει τη δυνατότητα στον αναγνώστη να κατανοήσει την επίδραση που έχει ένα είδος στρες, όπως αυτό της άσκησης, στο ανατομοφυσιολογικό σύστημα του ανθρώπου που εμπλέκεται στην έκκριση ενδογενών οπιοειδών. Περαιτέρω διερεύνηση της σημασίας της αυξημένης έκκρισης β-ενδορφίνης κατά τη διάρκεια της άσκησης θα δώσει σημαντικές πληροφορίες στα άτομα που ασχολούνται με τον τομέα της εργοφυσιολογίας και βιοχημείας της άσκησης.

Βιβλιογραφία

- Akil, H., Watson, S. J., Young, E., Lewis, M.E., Khachaturian, H., & Walker, J.M. (1984). Endogenous opioids: biology and function. *Annual Review of Neuroscience*, 7, 223-255.
- Angelopoulos, T. J. (2001). Beta-endorphin immunoreactivity during high-intensity exercise with and without opiate blockade. *European Journal of Applied Physiology*, 86(1), 92-96.
- Bruni, J., Watkins, W., & Yen, S. (1979). β-endorphin in the human pancreas. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 49, 649-651.
- Carr, D. B., Bullen, B. A., Skrinar, G. S., Arnold, M. A., Rosenblatt, M., Beitins, I. Z., et al. (1981). Physical conditioning facilitates the exercise-induced secretion of β-endorphin and β-lipotropin in women. *New England Journal of Medicine*, 305, 560-563.
- Debrulle, C., Luyckx, M., Ballester, L., Brunet, C., Odou, P., Dine, T., et al. (1999). Serum opioid activity after physical exercise in rats. *Physiological Research*, 48(2), 129-133.
- de Diego-Acosta, A. M., Garcia, J. C., Fernandez-Pastor, V. J., Peran, S., Ruiz, M., & Guirado, F. (2001). Influence of fitness on the integrated neuroendocrine response to aerobic exercise until exhaustion. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 57(4), 313-320.
- Di Luigi, L., Guidetti, L., Romanelli, F., Baldari, C., & Conte, D. (2001). Acetylsalicylic acid inhibits the pituitary response to exercise-related stress in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(12), 2029-2035.
- Engfred, K., Kjaer, M., Secher, N. H., Friedman, D. B., Hanel, B., Nielsen, O. J., et al. (1994). Hypoxia and training-induced adaptation of hormonal responses to exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 68(4), 303-309.
- Farrell, P. A., Kjaer, M., Bach, F. W., Galbo, H. (1987). Beta-endorphin and adrenocorticotropin response to supramaximal treadmill exercise in trained and untrained males. *Acta Physiologica Scandinavica*, 130, 619-625.
- Fatouros, I. G., Goldfarb, A. H., Jamurtas, A. Z., Angelopoulos, T. J., & Gao, J. (1997). Beta-endorphin infusion alters pancreatic hormone and glucose levels during exercise in rats. *European Journal of Applied Physiology*, 7, 203-208.
- Forman, L. J., Estilow, S., Lewis, M., & Vasilenko, P. (1986). Streptozocin diabetes alters immunoreactive β-endorphin levels and pain perception after 8 weeks in female rats. *Diabetes*, 35, 1309-1313.
- Forman, L. J., Estilow, S., Mead, J., & Vasilenko, P. (1988). Eight weeks of streptozocin-induced diabetes influences the effects of cold stress on immunoreactive beta-endorphin levels in female rats. *Hormone Metabolism Research*, 10, 555-558.
- Fry, A.C., Bonner, E., Lewis, D. L., Johnson, R. L., Stone, M. H., & Kraemer, W. J. (1997). The effects of gamma-oryzanol supplementation during resistance exercise training. *International Journal of Sport Nutrition*, 7(4), 318-329.
- Gabriel H, Schwarz L, Steffens G, Kindermann W. (1992). Immunoregulatory hormones, circulating leucocyte and lymphocyte subpopulations before and after endurance exercise of different intensities. *International Journal of Sport Medicine* 13 (5): 359-66.
- Goldfarb, A. H., Jamurtas, A. Z., Kamimori, G. H., Hegde, S., Otterstetter, R., & Brown, D. A. (1998). Gender effect on beta-endorphin response to exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(12), 1672-1676.
- Goldfarb, A. H., Hatfield, B. D., Sforzo, G. A., & Flynn, M. G. (1987). Serum beta-endorphin levels during a graded exercise test to exhaustion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19 (2), 78-82.
- Goldfarb, A. H., Hatfield, B. D., Armstrong, D., & Potts, J. (1990). Plasma beta-endorphin concentration: response to intensity and duration of exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 241-244.
- Goldfarb, A. H., Hatfield, B. D., Potts, J., & Armstrong D. (1991). Beta-endorphin time course response to intensity of exercise: effect of training status. *International Journal of Sport*

- Medicine* 12(3), 264-268.
- Govoni, S., Hanbauer, I., Hexum, T. D., Yang, H. Y. T., Kelly, G.D., & Costa, E. (1981). In vivo characterization of the mechanisms that secrete enkephalin-like peptides stored in dog adrenal medulla. *Neuropharmacology*, 20, 639-645.
- Heesen, C., Gold, S. M., Hartmann, S., Mladek, M., Reer, R., Braumann, K. M., et al. (2003). Endocrine and cytokine responses to standardized physical stress in multiple sclerosis. *Brain, Behavior and Immunity*, 17, 473-482.
- Heitkamp, H. Ch., Schmid, K., & Scheib, K. (1996). Beta-endorphin and adrenocorticotrophic hormone production during marathon and incremental exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 66(3), 269-274.
- Hikita, H., Etsuda, H., Takase, B., Satomura, K., Kurita, A., & Nakamura, H. (1998). Extent of ischemic stimulus and plasma beta-endorphin levels in silent myocardial ischemia. *American Heart Journal*, 135, 813-818.
- Hikita, H., Kurita, A., Takase, B., Nagayoshi, H., Uehata, A., Nishioka, T., et al. (1993). Usefulness of plasma beta-endorphin level, pain threshold and autonomic function in assessing silent myocardial ischemia in patients with and without diabetes mellitus. *American Journal of Cardiology* 72(2), 140-143.
- Howlett, T. A., Tomlin, S., Ngahfoong, L., Rees, L. H., Bullen, B. A., Skrinar, G. S., et al. (1984). Release of beta-endorphin and met-enkephalin during exercise in women: response to training. *British Medical Journal*, 288, 1950-1952.
- Huang, L., & Zhu, S. (1991). The role of beta-endorphin and pain perception in silent myocardial ischemia. *Chung Hua Hsin Hsueh Kuan Ping Tsa Chic*, 19(1), 3-6.
- Jarmukli, N. F., Ahn, J., Iranesh, A., & Russell, D. C. (1999). Effect of raised plasma beta endorphin concentrations on peripheral pain and angina thresholds in patients with stable angina. *Heart*, 82(2), 204-209.
- Jamurtas, A. Z., Goldfarb, A. H., Chung, S. C., Hegde, S., & Marino, C. (2000). β -endorphin infusion during exercise alters plasma glucose without affecting the levels of circulating catecholamines and FFA's in rats. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(9), 1570-1575.
- Jamurtas, A. Z., Goldfarb, A. H., Chung, S. C., Hegde, S., Marino, C., & Fatouros, I. G. (2001). Beta-endorphin infusion during exercise in rats does not alter hepatic and muscle glycogen. *Journal of Sports Science*, 19, 1-5.
- Jonsdottir, I. H., Hellstrand, K., Thoren, P., & Hoffmann, P. (2000). Enhancement of natural immunity seen after voluntary exercise in rats. Role of central opioid receptors. *Life Sciences*, 66(13), 1231-1239.
- Karpov, R. S., Mordovin, V. F., Fedorov, A. Iu., Lishmanov, Iu. B., Triss, S. V., & Khruleva, T. G. (1991). Diagnostic usefulness of ECG changes in response to exercise in women with various forms of ischemic disease. *Kardiologiia*, 31(9), 21-25.
- Kraemer, W. J., Dziados, J. E., Marchitelli, L. J., Gordon, S. E., Harman, E. A., Mello, R., et al. (1993). Effect of different heavy-resistance exercise protocols on plasma beta-endorphin concentrations. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 450-459.
- Kraemer, W. J., Fleck, S. J., Callister, R., Shealy, M., Dudley, G. A., Maresh, C. M., et al. (1989). Training responses of plasma beta-endorphin, adrenocorticotropin and cortisol. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 146-153.
- Kraemer, W. J., Fry, A. C., Warren, B. J., Stone, M. H., Fleck, S. J., Kearney, J. T., et al. (1992). Acute hormonal responses in elite junior weightlifters. *International Journal of Sports Medicine*, 13(2), 103-109.
- Kurita, A., Takase, B., Uehata, A., Sugahara, H., Nishioka, T., Maruyama, T., et al. (1992). Difference in plasma beta-endorphin and bradykinin levels between patients with painless or with painful myocardial ischemia. *American Heart Journal*, 23(2), 304-309.
- Letizia, C., Barilla, F., Cerci, S., De Ciocchis, A., Scuro, L., Mastroianni, M. A., et al. (1996). Beta-endorphin pro-opiomelanocortin correlates peptides response in suspected and confirmed ischemic heart disease during exercise. *Acta Cardiologica*, 51(1), 27-36.
- Light, K. C., Herbst, M. C., Bragdon, E. E., Hinderliter, A. L., Koch, G. G., Davis, M. R., et al. (1991). Depression and type A behavior pattern in patients with coronary artery disease: relationship to painful versus silent myocardial ischemia and beta-endorphin responses during exercise. *Psychosomatic Medicine*, 53(6), 669-683.
- Lobstein, D. B., & Ismail, A. H. (1989). Decreases in plasma beta-endorphin/lipotropin after endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, 161-166.
- Lobstein, D. D., & Rasmussen, C. L. (1991). Decreases in resting plasma beta-endorphin and depression scores after endurance training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31(4), 543-545.
- Marchant, B., Umachandran, V., Wilkinson, P., Medbak, S., Kopelman, P. G., & Timmis, A. D. (1994). Reexamination of the role of endogenous opiates in silent myocardial ischemia. *Journal of the American College of Cardiology*,

- 23(3), 645-651.
- Matsumura, M., Saito, S., & Fujino, M. (1982). Effects of solution of low pH and taurocholate on release of beta-Endorphin-like immunoreactivity from human duodenal mucosa in vitro. *Regulatory Peptides*, 3, 173-181.
- McMurray, R. G., Forsythe, W. A., Mar, M. H., & Hardy, C. J. (1987). Exercise intensity-related responses of β -endorphin and catecholamines. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, 570-574.
- de Meirleir, K., Naaktgeboren, N., Van Steirteghem A., Gorus, F., Olbrecht, J., & Block, P. (1986). Beta-endorphin and ACTH levels in peripheral blood during and after aerobic and anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 5, 5-8.
- Metzger, J. M., & Stein, E. A. (1984). Beta-endorphin and sprint training. *Life Sciences*, 34, 1541-1547.
- Miller, P. F., Light, K. C., Bragdon, E. E., Ballenger, M. N., Herbst, M. C., Maixner, W., et al. (1993). Beta-endorphin response to exercise and mental stress in ischemic heart disease. *Journal of American Psychosomatic Research*, 37(5), 455-465.
- Morley, G. K., Mooradian, A. D., Levine, A. S., & Morley, J. E. (1984). Mechanism of pain in diabetic peripheral neuropathy. *American Journal of Medicine*, 77, 79-82.
- Mougin, C., Henriot, M. T., Baulay, A., Haton, D., Berthelay, S., & Gaillard, R. C. (1988). Plasma levels of beta-endorphin, prolactin and gonadotropins in male athletes after an international Nordic ski race. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 425-429.
- Perhonen, M., Takala, T., Huttunen, P., & Lepaluoto, J. (1995). Stress hormones after prolonged physical training in normo- and hypobaric conditions in rats. *International Journal of Sports Medicine*, 16(2), 73-7.
- Perna, G. P., Modoni, S., Valle, G., Stanislao, M., de Luca, G., Fanelli, R., Loperfido, F. (1994). Plasma levels of basal beta-endorphin and after effort in patients with severe left ventricular dysfunction and heart failure. *Journal of Italian Cardiology*, 24(9), 1077-1085.
- Perna, G. P., Modoni, S., Valle, G., Stanislao, M., & Loperfido, F. (1997). Plasma beta-endorphin response to exercise in patients with congestive heart failure. *Chest*, 111(1), 19-22.
- Pierce, E. F., Eastman, N. W., McGowen, R. W., Tripathi, H., Dewey, W. L., & Olson, K. G. (1994). Resistance exercise decreases beta-endorphin immunoreactivity. *British Journal of Sports Medicine*, 28(3), 164-166.
- Pierce, E. F., Eastman, N. W., Tripathi, H. T., Olson, K. G., & Dewey, W. L. (1993a). Beta-endorphin response to endurance exercise: relationship to exercise dependence. *Perceptual and Motor Skills*, 77(3), 767-770.
- Pierce, E. F., Eastman, N. W., Tripathi, H. T., Olson, K. G., & Dewey, W. L. (1993b). Plasma beta-endorphin immunoreactivity: responses to resistance exercise. *Journal of Sports Sciences*, 11, 499-502.
- Rahkila, P., Hakala, E., Alen, M., Salminen, K., & Laatikainen, T. (1988). Beta-endorphin and corticotropin release is dependent on a threshold intensity of running exercise in male endurance athletes. *Life Sciences*, 43, 551-558.
- Rahkila, P., & Laatikainen, T. (1992). Effect of oral contraceptives on plasma beta-endorphin and corticotropin at rest and during exercise. *Gynecological Endocrinology*, 6(3), 163-166.
- Schwarz, L., & Kindermann, W. (1992). Changes in beta-endorphin level and response to aerobic and anaerobic exercise. *Sports Medicine*, 13(1), 25-36.
- Sena, A. C., Maixner, W., Ballenger, M. N., Herbst, M. C., Koch, G., & Sheps, D. S. (1992). The relationship between plasma beta-endorphin, opioid receptor activity, and silent myocardial ischemia. *The Clinical Journal of Pain*, 8(4), 307-316.
- Solerte, S. B., Fioravanti, M., Petraglia, F., Facchinetti, F., Patti, A. L., Schifino, N., et al. (1988). Plasma β -endorphin, free fatty acids and blood lipid changes in type 2 (non-insulin dependent) diabetic patients. *Journal of Endocrinological Investigation*, 11, 417-428.
- Timmers, K., Voyles, N. R., Zalenski, C., Wilkins, S., & Recant, L. (1986). Altered β -endorphin, met- and leu-enkephalins, and enkephalin-containing peptides in pancreas and pituitary of genetically obese diabetic (db/db) mice during development of diabetic syndrome. *Diabetes*, 35, 1143-1151.
- Vassilakopoulos, T., Zakyntinos, S., & Roussos, C. (1999). Strenuous resistive breathing induces proinflammatory cytokines and stimulates the HPA axis in humans. *American Journal of Physiology*, 277, R1013-1019.
- Viru, A., & Tenzegolskis, Z. (1995). Plasma endorphin species during dynamic exercise in humans. *Clinical Physiology*, 15(1), 73-79.
- Vissing, J., Iwamoto, G. A., Fuchs, I. E., Galbo, H., & Mitchell, J. H. (1994). Reflex control of glucoregulatory exercise responses by group III and IV muscle afferents. *American Journal of Physiology*, 266(3), R824-830.
- de Vries, W. R., Bernards, N. T., de Rooij, M. H., & Koppeschaar, H. P. (2000). Dynamic exercise discloses different time-related responses in

- stress hormones. *Psychosomatic Medicine*, 62(6), 866-872.
- Walberg-Rankin, J., Franke, W. D., & Gwazdauskas, F. C. (1992). Response of beta-endorphin and estradiol to resistance exercise in females during energy balance and energy restriction. *International Journal of Sports Medicine* 13(7), 542-547.
- Walker, E. M., & Bazzare, T. L. (1986). Relationship of fasting plasma insulin and β -endorphin levels to weight loss and meal feeding in normal and overweight females before and after a 12 week exercise program. *Exercise Physiology*, 2, 11-23.
- Wallbridge, D. R., MacIntyre, H. E., Gray, C. E., Denvir, M. A., Oldroyd, K. G., Rae, A. P., et al. (1994). Increase in plasma beta-endorphin precedes vasodepressor syncope. *British Heart Journal*, 71(6), 597-599.
- Wanke, T., Auinger, M., Formanek, D., Merkle, M., Lahrmann, H., Ogris, E., et al. (1996). Defective endogenous opioid response to exercise in type I diabetic patients. *Metabolism*, 45(2), 137-142.
- Wu, L. (1992). Assessment of plasma catecholamine and beta-endorphin contents in patients with silent myocardial ischemia and angina pectoris. *Chung Hua Hsin Hsueh Kuan Ping Tsa Chic*, 20(2), 90-92.

