ΑΘΛΗΣΗ & ΚΟΙΝΩΝΙΑ
ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΑΘΛΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
Τεύχος 72, Τόμος 2 (2023) 95-104 • Ειδικό Αφιέρωμα στο Ποδόσφαιρο
http://ojs.staff.duth.gr/ojs/index.php/ExSoc

Προπονητική επιβάρυνση και μυϊκοί τραυματισμοί στο ποδόσφαιρο

Γρηγόρης Μπογδάνης
Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προπονητική επιβάρυνση στο ποδόσφαιρο μπορεί να ταξινομηθεί σε «εξωτερική», δηλαδή αποστάσεις που καλύπτονται με διαφορετικές ταχύτητες κίνησης και «εσωτερική», η οποία περιλαμβάνει τις φυσιολογικές και ψυχολογικές αποκρίσεις του οργανισμού στην «εξωτερική» επιβάρυνση, όπως για παράδειγμα η καρδιακή συχνότητα και η αντιλαμβανόμενη κόπωση. Οι μυϊκοί τραυματισμοί συνδέονται με έναν σημαντικό αριθμό παραγόντων οι οποίοι, ανάλογα με τη βαρύτητά τους, μεταβάλλουν την πιθανότητα για να τραυματιστεί ένας παίκτης. Η απότομη αύξηση της προπονητικής επιβάρυνσης αποτελεί παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση μυϊκών τραυματισμών, ενώ η συνεχής καταγραφή και ανάλυση του προπονητικού φορτίου συμβάλλει σημαντικά ώστε να αποφευχθούν. Η κόπωση είναι επίσης σημαντικός παράγοντας που αυξάνει τον κίνδυνο τραυματισμού και έτσι οι παίκτες χρειάζεται να έχουν πολύ καλή φυσική κατάσταση για να μπορέσουν να ανταποκριθούν. Η έντονη προπόνηση, η οποία γίνεται με προγραμματισμό και τηρώντας τις αρχές της προπονητικής (προοδευτικότητα, αποκατάσταση κλπ.) αποτελεί απαραίτητο παράγοντα για την αποφυγή μυϊκών τραυματισμών. Τέλος, η καλή τεχνική τρεξίματος και ειδικότερα η σωστή θέση της λεκάνης, όχι μόνο επηρεάζει την απόδοση αλλά και μειώνει την πιθανότητα μυϊκών τραυματισμών.

Λέξεις κλειδιά: εξωτερική επιβάρυνση, τεχνητή νοημοσύνη, ισοκινητική αξιολόγηση, οπίσθιοι μηριαίοι

Μυϊκοί τραυματισμοί στο ποδόσφαιρο

Οι μυϊκοί τραυματισμοί είναι συχνή αιτία απουσίας από την προπόνηση και τους αγώνες στο επαγγελματικό ποδόσφαιρο (Bengtsson et al., 2018; Hägglund et al., 2016). Λόγω της υψηλής και παρατεταμένης έντασης της προσπάθειας κατά τον αγώνα, η συχνότητα μυϊκών τραυματισμών στην προπόνηση είναι 9 φορές μικρότερη από αυτή του αγώνα (Ekstrand et al., 2016; Hägglund et al., 2016). Τα στατιστικά στοιχεία δείχνουν ότι παρά την πρόοδο της επιστήμης στα πεδία της μυϊκής ενδυνάμωσης, της μέτρησης του προπονητικού φορτίου και της αποκατάστασης, η συχνότητα τραυματισμών παραμένει σταθερή ή έχει αυξηθεί ελαφρά στα τελευταία χρόνια (Bengtsson et al., 2018; Ekstrand et al., 2013). Αρκετά συχνοί εμφανίζονται οι τραυματισμοί στους οπίσθιους μηριαίους και στους προσαγωγούς μυς, λόγω της φόρτισης αυτών των μυών σε έντονες

Διεύθυνση αλληλογραφίας: Γρηγόρης Μπογδάνης
Καθηγητής Προπονητικής
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη, ΤΚ 172 37, Ελλάδα
E-mail: gbogdanis@phed.uoa.gr

μυϊκές προσπάθειες όπως είναι τα sprint, αλλά και λόγω της μεγαλύτερης ευαισθησίας τους στην κόπωση κατά τη διάρκεια της προπόνησης ή του αγώνα (Sole et al., 2011).

Παράγοντες που συνδέονται με τη συχνότητα μυϊκών τραυματισμών

Μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση ή τη μείωση της πιθανότητας μυϊκού τραυματισμού στο ποδόσφαιρο (Ekstrand et al., 2004, 2016). Διακρίνονται δύο σημαντικές κατηγορίες παραγόντων: (1) παράγοντες που σχετίζονται με τον παίκτη ή «εσωτερικοί παράγοντες» όπως είναι τα ανατομικά χαρακτηριστικά και η μορφολογία των μυών και των τενόντων, η δύναμη και ισχύς των μυών, οι μυϊκές ανισορροπίες, η ευλυγισία και οι προηγούμενοι τραυματισμοί και (2) παράγοντες που σχετίζονται με την προπονητική επιβάρυνση (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Παράγοντες που συνδέονται με την πιθανότητα τραυματισμών (τροποποιημένο από (Ekstrand et al., 2016; Hägglund et al., 2013)

Εσωτερικοί παράγοντες (σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του παίκτη)	Εξωτερικοί παράγοντες (σχετίζονται με το προπονητικό φορτίο και την αποκατάσταση)
• Προηγούμενοι τραυματισμοί	• Προπονητικό φορτίο
• Ανατομικά χαρακτηριστικά της μυοτενόντιας μονάδας	• Επιβαρύνσεις που δέχεται ο παίκτης παιχνίδια (play time, match congestion)
• Επίπεδο δύναμης/ισχύος και μυϊκές ανισορροπίες μεταξύ των δύο ποδιών ή μεταξύ καμπτήρων και εκτεινόντων μυών	• Χρόνος και βαθμός αποκατάστασης μεταξύ των παιχνιδιών
• Διατασιμότητα των μυών (ευλυγισία)	• Αθροιζόμενη κόπωση

Μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους που συμβάλλει στην αυξημένη πιθανότητα μυϊκών τραυματισμών είναι το ιστορικό των τραυματισμών ενός αθλητή, δηλαδή ο αριθμός και η σοβαρότητά τους (Bengtsson et al., 2013; Shalaj et al., 2020). Η σημαντικότητα του ιστορικού των μυϊκών τραυματισμών υπονοεί ότι μετά από έναν τραυματισμό οι παίκτες θα πρέπει αφενός να μην επανέρχονται στην πλήρη δράση πρόωρα και αφετέρου να επιστρέφουν έχοντας το ενδεδειγμένο επίπεδο δύναμης, ευλυγισίας και φυσικής κατάστασης, ακολουθώντας ένα πρόγραμμα που θα τους επανεντάσσει σταδιακά σε όλα τα είδη επιβαρύνσεων που θα αντιμετωπίσουν στην προπόνηση και στον αγώνα (Hallén & Ekstrand, 2014; Raastad & Hallén, 2000).

Λόγω του ότι ένας μεγάλος αριθμός μυϊκών τραυματισμών αφορά τους οπίσθιους μηριαίους και ιδιαίτερα τον δικέφαλο μηριαίο μυ, ορισμένες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην εξέταση της μορφολογίας των μυών και των τενόντων. Συγκεκριμένα, φαίνεται ότι μια δυσανάλογα μικρή εγγύς απονεύρωση της μακράς κεφαλής του δικέφαλου μηριαίου μυός αποτελεί παράγοντα κινδύνου για τραυματισμό των οπισθίων μηριαίων, διότι αυτό συμβάλλει στη «συγκέντρωση» μηχανικής τάσης στον περιβάλλοντα μυϊκό ιστό (Evangelidis et al., 2015). Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει η συμβολή του ημιτενοντώδους στην κατανομή της μηχανικής τάσης στους οπίσθιους μηριαίους, όπου οι ίνες του ημιτενοντώδους που εκφύονται από την εγγύς περιοχή της μακράς κεφαλής του δικεφάλου μυός, την έλκουν προς τα έσω μεταβάλλοντας την τάση σε συγκεκριμένα σημεία του δικεφάλου τα οποία με τον τρόπο αυτό δέχονται δυσανάλογα υψηλή τάση (Evangelidis et al., 2021). Όπως είναι εμφανές, οι ανατομικοί παράγοντες δεν είναι δυνατόν να μεταβληθούν σημαντικά με την προπόνηση, καθιστώντας κάποιους παίκτες πιο ευάλωτους σε τραυματισμούς σε σύγκριση με άλλους. Σημαντική είναι όμως η παρατήρηση ότι το μήκος των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του δικέφαλου βραχιονίου μειώνεται μετά από τραυματισμό, και προτείνεται να γίνεται μέτρηση και αξιολόγηση του μήκους του μυός μετά τον τραυματισμό (Kellis & Sahinis, 2022). Επειδή δε το μήκος των μυϊκών δεματίων μπορεί να αυξηθεί με την προπόνηση στατικών διατάσεων (Donti et al., 2019; Gaspari et al., 2019; Panidi et al., 2021), αλλά και με προπόνηση που περιλαμβάνει ασκήσεις με έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις όπως είναι η άσκηση Nordic, η οποία μπορεί να επιφέρει αύξηση στο μήκος των μυϊκών δεματίων στο περιφερικό τμήμα της μακράς

κεφαλής του δικεφάλου μηριαίου μυός κατά 21%. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η προπόνηση με sprints υπερτερεί όλων των μεθόδων προπόνησης (ακόμα και της άσκησης Nordic) ως προς την προστασία από μυϊκούς τραυματισμούς των οπισθίων μηριαίων (Mendiguchia et al., 2020)

Το επίπεδο μυϊκής δύναμης καθώς και οι μυϊκές ανισορροπίες μεταξύ αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών (στην περίπτωση της άρθρωσης του γονάτου μεταξύ τετρακεφάλου και οπισθίων μηριαίων μυών) αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την πιθανότητα τραυματισμών. Μελέτες δείχνουν ότι αθλητές με χαμηλή δύναμη στους οπίσθιους μηριαίους (χαμηλότερη από 2.4 Nm/kg) ή/και αναλογία δύναμης μεταξύ οπισθίων μηριαίων και τετρακεφάλου μικρότερη από 50.5% (αξιολόγηση σε γωνιακή ταχύτητα 607s) διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο τραυματισμού (Lee et al., 2018). Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι όσο αυξάνεται η γωνιακή ταχύτητα, τόσο υψηλότερη είναι η αναλογία δύναμης οπισθίων μηριαίων και τετρακεφάλου, δηλαδή τόσο δυνατότεροι θα πρέπει να είναι οι οπίσθιοι μηριαίοι (Hewett et al., 2008; Kellis et al., 2019, 2022). Επίσης, πολλοί χρησιμοποιούν τη «λειτουργική αναλογία» οπισθίων μηριαίων και τετρακεφάλου, δηλαδή τη μέγιστη ροπή των οπισθίων μηριαίων σε έκκεντρη σύσπαση δια τη σύγκεντρη ροπή του τετρακεφάλου σε σύγκεντρη σύσπαση, συνήθως στις 3 0 και 240 o/s, αντίστοιχα (Coombs & Garbutt, 2002; Kellis et al., 2022). Επιπλέον, η δύναμη των μυών του κορμού («πυρήνα»-εοΓε) είναι σημαντική για τη μείωση της πιθανότητας τραυματισμών όπως η ρήξη του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου, αφού σταθεροποιεί τον κορμό και τροποποιεί θετικά τον κινητικό έλεγχο στις γρήγορες αλλαγές κατεύθυνσης (Jeong et al., 2021). Παρόλα αυτά, η χαμηλότερη δύναμη διαφόρων μυϊκών ομάδων και οι μυϊκές ανισορροπίες αποτελούν μέρος της εξήγησης για την αυξημένη πιθανότητα τραυματισμών και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη συνδυαστικά με τους άλλους παράγοντες.

Μέτρηση και αξιολόγηση του προπονητικού φορτίου και η σχέση του με τους μυϊκούς τραυματισμούς

Το προπονητικό φορτίο και η μυϊκή κόπωση μπορούν να αυξήσουν την πιθανότητα μυϊκών τραυματισμών. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια ενός ποδοσφαιρικού αγώνα μειώνεται η έκκεντρη δύναμη των οπισθίων μηριαίων σε υψηλές ταχύτητες, χωρίς αντίστοιχη μείωση της δύναμης του τετρακεφάλου (Coratella et al., 2015). Επίσης, στην ίδια μελέτη φάνηκε ότι η μηκο-δυναμική σχέση των οπισθίων μηριαίων αλλάζει με την κόπωση, με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη μείωση της ροπής όταν το γόνατο είναι σε έκταση και οι οπίσθιοι μηριαίοι λειτουργούν σε μεγάλο μήκος. Τον σημαντικό ρόλο της κόπωσης στους μυϊκούς τραυματισμούς επιβεβαιώνουν και στατιστικά στοιχεία τα οποία δείχνουν ότι το 26% των μυϊκών τραυματισμών συμβαίνουν στα τελευταία 15 λεπτά του αγώνα, όταν το μυϊκό σύστημα είναι σε κατάσταση κόπωσης (Hawkins et al., 2001).

Η συστηματική καταγραφή και ανάλυση του προπονητικού φορτίου αποτελεί μια καθιερωμένη πρακτική στο σύγχρονο ποδόσφαιρο για τον έλεγχο και την διαχείριση της επιβάρυνσης, αλλά και για την πρόληψη τραυματισμών (Gabbett & Mulvey, 2008; Murray et al., 2018). Η χρήση των συστημάτων GPS, τα οποία περιέχουν επιταχυνσιόμερο και γυροσκόπιο, επιτρέπουν την καταγραφή μεγάλου αριθμού σημαντικών παραμέτρων «εξωτερικού φορτίου», όπως είναι η συνολική απόσταση, το τρέξιμο υψηλής έντασης (ταχύτητες πάνω από 19.8 km/h ή 5.5 m/s) και sprint (ταχύτητες πάνω από 25.2 km/h ή 7 m/s),.ο αριθμός και η απόσταση που διανύεται με επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις, καθώς και η επιβάρυνση που δέχεται το κάθε πόδι (Bradley et al., 2009, 2010; Dellal et al., 2010).

Το «εσωτερικό φορτίο», δηλαδή οι αποκρίσεις του οργανισμού στην εφαρμογή ενός «εξωτερικού φορτίου», αποτελεί εξίσου σημαντική παράμετρο προσδιορισμού της προπονητικής επιβάρυνσης. Δείκτες «εσωτερικού φορτίου» είναι η καρδιακή συχνότητα, η οποία μπορεί να εκφραστεί ως χρόνος σε διάφορες «ζώνες» έντασης (π.χ. > 80% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας), η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα και η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης (rating of perceived exertion ή RPE) (Akubat et al., 2014; Sparks et al., 2017).

Σύμφωνα με την παραπάνω λογική, η διαχείριση του προπονητικού φορτίου είναι σημαντική, διότι αυτή καθορίζει το επίπεδο φόρτισης των ιστών (μυοτενόντιο σύνολο, οστά κλπ) και των οργανικών συστημάτων (π.χ. ορμονικό σύστημα, μεταβολισμός), ώστε να προφυλάσσονται οι αθλητές.

Η διερεύνηση των παραγόντων που συνδέονται με μυϊκούς τραυματισμούς και ο ρόλος του προπονητικού φορτίου στον προσδιορισμό των πιθανοτήτων τραυματισμού διερευνώνται τα τελευταία χρόνια και με μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης (López-Valenciano et al., 2018; Martins et al., 2022). Στα μοντέλα αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί μεταβλητές όπως το επίπεδο δεικτών της φυσικής κατάστασης (π.χ. δύναμη, αερόβια ικανότητα) αλλά και παράμετροι του προπονητικού φορτίου με τη μορφή δεδομένων εξωτερικής επιβάρυνσης από GPS με σχετικά ικανοποιητικά αποτελέσματα (Jaspers et al., 2018; Rossi et al., 2018). Για παράδειγμα έχει υποστηριχθεί ότι το κατακόρυφο άλμα με το ένα πόδι είναι μια μεταβλητή που μπορεί να προβλέψει τους μυϊκούς τραυματισμούς σε ποδοσφαιριστές (Oliver et al., 2020), ενώ ο σημαντικός ρόλος του προπονητικού φορτίου στην πρόκληση τραυματισμών παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Την τελευταία δεκαετία, μοντέλα πρόβλεψης με βάση παραμέτρους εσωτερικού φορτίου (π.χ. RPE) ή εξωτερικού φορτίου (π.χ. απόσταση που καλύπτεται με γρήγορο τρέξιμο και sprint δείχνουν ότι μπορούν να προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες για την πρόβλεψη, και συνεπώς την αποφυγή μυϊκών τραυματισμών (Gabbett, 2010; Gabbett et al., 2014; Gabbett & Jenkins, 2011). Για τη διαχρονική παρακολούθηση της επιβάρυνσης, υπολογισμός της «οξείας» και «χρόνιας» επιβάρυνσης, δηλαδή της επιβάρυνσης της τελευταίας εβδομάδας σε σύγκριση με τη μέση επιβάρυνση των τελευταίων τεσσάρων εβδομάδων (acute-to-chronic load ratio), μπορεί να προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες για τη διακύμανση του προπονητικού φορτίου (Murray et al., 2017). Με τον τρόπο αυτό αναγνωρίζονται έγκαιρα οι απότομες αυξήσεις (“spikes”) του προπονητικού φορτίου και μπορεί να προληφθούν τραυματισμοί (Drew et al., 2017; Malone et al., 2017b; Windtet al., 2017).

Η πιθανότητα τραυματισμού μειώνεται όσο ο παίκτης γυμνάζεται με προοδευτικά αυξανόμενα φορτία, τα οποία όμως είναι προσαρμοσμένα στις δυνατότητές του (Larruskain et al., 2022). Οι αθλητές οι οποίοι προπονούνται συστηματικά και το μυοσκελετικό τους σύστημα προσαρμόζεται σε υψηλό προπονητικό φορτίο, εμφανίζουν χαμηλότερη πιθανότητα μυϊκού τραυματισμού (Cross et al., 2015; Gabbett, 2016; Orchard et al., 2012). Συνεπώς διαφαίνεται ότι το υψηλό προπονητικό φορτίο δεν αυξάνει από μόνο του την πιθανότητα τραυματισμών, αλλά αντίθετα την μειώνει εάν αυτό γίνεται προοδευτικά, μακροχρόνια και σύμφωνα με τις αρχές του περιοδισμού της προπόνησης (Malone et al., 2017a). Στην αντίθετη πλευρά, η «υπο-προπόνηση», δηλαδή το μειωμένο προπονητικό φορτίο που διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα, αυξάνει την πιθανότητα τραυματισμών όταν ο αθλητής κληθεί να αγωνιστεί σε υψηλή ένταση (Gabbett et al., 2016).

Τα μοντέλα πρόβλεψης τραυματισμών με τη χρήση παραμέτρων εξωτερικής επιβάρυνσης μέσω μονάδων GPS βρίσκονται σε συνεχή εξέλιξη (Claudino et al., 2019; Rossi et al., 2018), αλλά χρειάζεται προσοχή στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων και χρειάζονται αρκετά δεδομένα για να μπορέσουν να δώσουν ικανοποιητικές προβλέψεις για αυξημένη πιθανότητα τραυματισμών. Φαίνεται ότι στα επόμενα χρόνια η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης με επιλεγμένο αριθμό και τύπο δεδομένων θα μπορέσει να προστατεύσει τους αθλητές από τραυματισμούς που οφείλονται στο προπονητικό φορτίο.

Τέλος, η τεχνική τρεξίματος και η θέση μελών του σώματος κατά τη διάρκεια γρήγορου τρεξίματος και sprint είναι σημαντική παράμετρος που μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει την πιθανότητα τραυματισμών. Για παράδειγμα, η θέση της λεκάνης κατά το sprint είναι καθοριστική, αφού επηρεάζει την τάση που εφαρμόζεται στους οπίσθιους μηριαίους και την μηχανική των κινήσεων των κάτω άκρων (Mendiguchia et al., 2022; Schuermans et al., 2017).

Βιβλιογραφία

Akubat, I., Barrett, S., & Abt, G. (2014). Integrating the Internal and External Training Loads in Soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance,* 9(3), 457-462. https://doi.org/10.! 123/ijspp.2012-0347

Asian-Clemente, J., Requena, B., Owen, A., & Santalla, A. (2022). External Workload Compared Between Competitive and Non-Competitive Matches for Professional Male Soccer Players. *Journal of Human Kinetics,* 53(1), 175-184. https://doi.org/10.2478/HUKIN-2022-0057

Bengtsson, H., Ekstrand, J., & Hägglund, M. (2013). Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: An 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine,* 47(12), 743-747. https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092383

Bengtsson, H., Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2018). Muscle injury rate in professional football is higher in matches played within 5 days since the previous match: A 14-year prospective study with more than 130 000 match observations. *British Journal of Sports Medicine,* 52(17), 1116-1122. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097399

Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of Strength and Conditioning Research, 2-1(9),* 2343-2351. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeblb3

Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krustrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences, 27(2),* 159-168. https://doi.org/10.1080/02640410802512775

Casamichana, D., Martin-Garcia, A., Diaz, A. G., Bradley, P. S., & Castellano, J. (2022). Accumulative weekly load in a professional football team: with special reference to match playing time and game position. *Biology of Sport, 39(1),* 115-124. https://doi.Org/10.5114/biolsport.2021.102924

Chena, M., Morcillo-Losa, J. A., Rodriguez-Hernández, M. L., Asin-Izquierdo, I., Pastora-Linares, B., & Carlos Zapardiel, J. (2022). Workloads of Different Soccer-Specific Drills in Professional Players. *Journal of Human Kinetics,* 5-/(l), 13 5-147. https://doi.org/10.2478/hukin-2022-000075

Claudino, J. G., Capanema, D. de O., de Souza, T. V., Serrão, J. C., Machado Pereira, A. C., & Nassis, G. P. (2019). Current Approaches to the Use of Artificial Intelligence for Injury Risk Assessment and Performance Prediction in Team Sports: a Systematic Review. *Sports Medicine - Open,* 5(1). https://doi.org/10.1186/S40798-019-0202-3

Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science & Medicine, 1(3),* 56-62. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24701125/

Coratella, G., Bellin, G., Beato, M., & Schena, F. (2015). Fatigue affects peak joint torque angle in hamstrings but not in quadriceps. *Journal of Sports Sciences,* 33(12), 1276-1282. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.986185

Cross, K. M., Saliba, S. A., Conaway, M., Gurka, K. K., & Hertel, J. (2015). Days to return to participation after a hamstrings strain among American collegiate soccer players. *Journal of Athletic Training, 50(7),* 733-741. https://doi.Org/10.4085/1052-6050-50.2.12

Dellal, A., Keller, D., Carling, C., Chaouachi, A., Wong, D. P., & Chamari, K. (2010). Physiologic Effects of Directional Changes in Intermittent Exercise in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 2-1(12),* 3219-3226. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b94a63

Donti, O., Panidis, I., Terzis, G., & Bogdanis, G. C. (2019). Gastrocnemius Medialis Architectural Properties at Rest and During Stretching in Female Athletes with Different Flexibility Training Background. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(2). https://doi.org/10.3390/sports7020039

Drew, M. K., Blanch, P., Purdam, C., & Gabbett, T. J. (2017). Yes, rolling averages are a good way to assess training load for injury prevention. Is there a better way? Probably, but we have not seen the evidence. *British Journal of Sports Medicine, 51(7),* 619. https://doi.org/10.113 6/bj sports-2016-096609

Ekstrand, J., Askling, C., Magnusson, H., & Mithoefer, K. (2013). Return to play after thigh muscle injury in elite football players: Implementation and validation of the Munich muscle injury classification. *British Journal of Sports Medicine*, 77(12), 769-774. https://doi.org/10.113 6/bj sports-2012-092092

Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2004). Risk for injury when playing in a national football team. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 14(1),* 34-38. https://doi.org/10.! 111/j. 1600-0838.2003.00330.x

Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: A 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British Journal of Sports Medicine, 50(12),* 731-737. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095359

Evangelidis, P. E., Massey, G. J., Pain, M. T. G., & Folland, J. P. (2015). Biceps femoris aponeurosis size: A potential risk factor for strain injury? *Medicine and Science in Sports and Exercise, -17(1),* 1383-1389. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000550

Evangelidis, P. E., Shan, X., Otsuka, S., Yang, C., Yamagishi, T., & Kawakami, Y. (2021). Hamstrings load bearing in different contraction types and intensities: A shearwave and B-mode ultrasonographic study. *PLoS ONE, 16(5* May), https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251939

Gabbett, T. J. (2010). The development and application of an injury prediction model for noncontact, soft-tissue injuries in elite collision sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research, 2-1(10),* 2593-2603. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fl9da4

Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine, 50(5),* 273-280. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788

Gabbett, T. J., & Jenkins, D. G. (2011). Relationship between training load and injury in professional rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport, 14(3),* 204-209. https://doi.Org/10.1016/j.jsams.2010.12.002

Gabbett, T. J., Kennelly, S., Sheehan, J., Hawkins, R., Milsom, J., King, E., Whiteley, R., & Ekstrand, J. (2016). If overuse injury is a "training load error", should undertraining be viewed the same way? *British Journal of Sports Medicine, 50(11),* 1017-1018. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096308

Gabbett, T. J., & Mulvey, M. J. (2008). Time-Motion Analysis of Small-Sided Training Games and Competition in Elite Women Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 22(2),* 543-552. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635597

Gabbett, T. J., Whyte, D. G., Hartwig, T. B., Wescombe, H., & Naughton, G. A. (2014). The relationship between workloads, physical performance, injury and illness in adolescent male football players. *Sports Medicine, 44(1),* 989-1003. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0179-5

Gaspari, V., Papia, K., Panidi, I., Donti, O., & Bogdanis, G. C. (2019). Acute Effect of Intermittent and Continuous Static Stretching on Hip Joint Range of Motion in Trained and Untrained Subjects. *Proceedings*, 25(1), 16. https://doi.org/10.3390/proceedings2019025016

Hägglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2013). Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: The UEFA injury study. *American Journal of Sports Medicine, 41(2),* 327-335. https://doi.org/10.1177/0363546512470634

Hägglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2016). Injury recurrence is lower at the highest professional football level than at national and amateur levels: Does sports medicine and sports physiotherapy deliver? *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), 751-758. https://doi.org/10.1136/bj sports-2015-095951

Hallén, A., & Ekstrand, J. (2014). Return to play following muscle injuries in professional footballers. *Journal of Sports Sciences*, 52(13), 1229-1236. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.905695

Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: An audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine,* 35(1), 43-47. https://doi.Org/10.1136/bjsm.35.l.43

Hewett, T. E., Myer, G. D., & Zazulak, B. T. (2008). Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *Journal of Science and Medicine in Sport, 11(5),* 452-459. https://doi.Org/10.1016/J.JSAMS.2007.04.009

Jaspers, A., De Beéck, T. O., Brink, M. S., Frencken, W. G. P., Staes, F., Davis, J. J., & Helsen, W. F. (2018). Relationships Between the External and Internal Training Load in Professional Soccer: What Can We Learn From Machine Learning? *International Journal of Sports Physiology and Performance, 13(5),* 625-630. https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0299

Jeong, J., Choi, D. H., & Shin, C. S. (2021). Core Strength Training Can Alter Neuromuscular and Biomechanical Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury. *American Journal of Sports Medicine, 49(1),* 183-192. https://doi.org/10.1177/0363546520972990

Kellis, E., Galanis, N., & Kofotolis, N. (2019). Hamstring-to-Quadriceps Ratio in Female Athletes with a Previous Hamstring Injury, Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, and Controls. *Sports (Basel, Switzerland),* 7(10). https://doi.org/10.3 3 90/sports7100214

Kellis, E., & Sahinis, C. (2022). Is Muscle Architecture Different in Athletes with a Previous Hamstring Strain? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology,* 7(1). https://doi.org/10.3 3 90/jfmk7010016

Kellis, E., Sahinis, C., & Baltzopoulos, V. (2022). Is hamstrings-to-quadriceps torque ratio useful for predicting anterior cruciate ligament and hamstring injuries? A systematic and critical review. *Journal of Sport and Health Science.* https://doi.Org/10.1016/J.JSHS.2022.01.002

Larruskain, J., Lekue, J. A., Martin-Garetxana, I., Barrio, I., McCall, A., & Gil, S. M. (2022). Injuries are negatively associated with player progression in an elite football academy. *Science and Medicine in Football, 6(4),* 405-414. https://doi.org/10.1080/24733938.2021.1943756

Lee, J. W. Y., Mok, K. M., Chan, H. C. K., Yung, P. S. H., & Chan, K. M. (2018). Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. *Journal of Science and Medicine in Sport, 21(8),* 789-793. https://doi.Org/10.1016/j.jsams.2017.ll.017

López-Valenciano, A., Ayala, F., Puerta, Jos. M., De Ste Croix, M. B. A., Vera-Garcia, F. J., Hernández-Sánchez, S., Ruiz-Pérez, I., & Myer, G. D. (2018). A Preventive Model for Muscle

Injuries: A Novel Approach based on Learning Algorithms. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 50(5),* 915-927. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001535

Mallo, J., Mena, E., Nevado, F., & Paredes, V. (2015). Physical Demands of Top-Class Soccer Friendly Matches in Relation to a Playing Position Using Global Positioning System Technology. *Journal of Human Kinetics, 47(1),* 179-188. https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0073

Malone, S., Roe, M., Doran, D. A., Gabbett, T. J., & Collins, K. (2017a). High chronic training loads and exposure to bouts of maximal velocity running reduce injury risk in elite Gaelic football. *Journal of Science and Medicine in Sport, 20(3),* 250-254. https://doi.Org/10.1016/j.jsams.2016.08.005

Malone, S., Roe, M., Doran, D. A., Gabbett, T. J., & Collins, K. D. (2017b). Protection against spikes in workload with aerobic fitness and playing experience: The role of the acute: Chronic workload ratio on injury risk in elite gaelic football. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 12(3),* 393-401. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0090

Martins, F., Przednowek, K., Franqa, C., Lopes, H., de Maio Nascimento, M., Sarmento, H., Marques, A., Ihle, A., Henriques, R., & Gouveia, É. R. (2022). Predictive Modeling of Injury Risk Based on Body Composition and Selected Physical Fitness Tests for Elite Football Players. *Journal of Clinical Medicine, 11(16).* https://doi.org/10.3390/jcmlll64923

Mendiguchia, J., Castano-Zambudio, A., Jimenez-Reyes, P., Morin, J. B., Edouard, P., Conceicao, F., Tawiah-Dodoo, J., & Colyer, S. L. (2022). Can We Modify Maximal Speed Running Posture? Implications for Performance and Hamstring Injury Management. *International Journal of Sports Physiology^ and Performance, 17(3),* 3 74-3 83. https://doi.org/10.1123/ijspp.2021-0107

Mendiguchia, J., Conceicão, F., Edouard, P., Fonseca, M., Pereira, R., Lopes, H., Morin, J. B., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Sprint versus isolated eccentric training: Comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. *PLoS ONE, 15(2).* https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228283

Murray, N. B., Gabbett, T. J., & Townshend, A. D. (2018). The use of relative speed zones in Australian Football: Are we really measuring what we think we are? *International Journal of Sports Physiology and Performance, 13(4),* 442-451. https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0148

Murray, N. B., Gabbett, T. J., Townshend, A. D., & Blanch, P. (2017). Calculating acute: Chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages. *British Journal of Sports Medicine, 51(9),* 749-754. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097152

Oliver, J. L., Ayala, F., De Ste Croix, M. B. A., Lloyd, R. S., Myer, G. D., & Read, P. J. (2020). Using machine learning to improve our understanding of injury risk and prediction in elite male youth football players. *Journal of Science and Medicine in Sport, 23(11),* 1044-1048. https://doi.Org/10.1016/j.jsams.2020.04.021

Orchard, J. W., Driscoll, T., Seward, H., & Orchard, J. J. (2012). Relationship between interchange usage and risk of hamstring injuries in the Australian Football League. *Journal of Science and Medicine in Sport, 15(3),* 201-206. https://doi.Org/10.1016/j.jsams.2011.ll.250

Panidi, I., Bogdanis, G. C., Terzis, G., Donti, A., Konrad, A., Gaspari, V., & Donti, O. (2021). Muscle Architectural and Functional Adaptations Following 12-Weeks of Stretching in Adolescent Female Athletes. *Frontiers in Physiology, 12.* https://doi.org/10.3389/FPHYS.2021.701338

Raastad, T., & Hallén, J. (2000). Recovery of skeletal muscle contractility after high- and moderate-intensity strength exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 52(3), 206-214. https://doi.org/! 0.1007/s004210050673

Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., laia, F. M., Fernàndez, J., & Medina, D. (2018). Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. *PLoS ONE, 13(7).* https://doi.org/10.13 71/journal.pone.0201264

Schuermans, J., Van Tiggelen, D., Palmans, T., Danneels, L., & Witvrouw, E. (2017). Deviating running kinematics and hamstring injury susceptibility in male soccer players: Cause or consequence? *Gait & Posture, 57, 270-211.* https://doi.Org/10.1016/J.GAITPOST.2017.06.268

Shalaj, I., Gjaka, M., Bachl, N., Wessner, B., Tschan, H., & Tishukaj, F. (2020). Potential prognostic factors for hamstring muscle injury in elite male soccer players: A prospective study. *PloS One,* 75(11). https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0241127

Silva, H., Nakamura, F. Y., Beato, M., & Marcelino, R. (2022). Acceleration and deceleration demands during training sessions in football: a systematic review. *Science & Medicine in Football,* 1-16. https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2090600

Sole, G., Milosavljevic, S., Nicholson, H., & Sullivan, S. (2011). Selective strength loss and decreased muscle activity in hamstring injury. In *Journal of orthopaedic and sports physical therapy* (Vol. 41, Issue 5, pp. 354-363). https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3268

Sparks, M., Coetzee, B., & Gabbett, T. J. (2017). Internal and External Match Loads of University-Level Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 31(4),* 1072-1077. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001560

Szigeti, G., Schuth, G., Kovács, T., Revisnyei, P., Pasic, A., Szilas, Á., Gabbett, T., & Pavlik, G. (2023). Football movement profile analysis and creatine kinase relationships in youth national team players. *Physiology International,* https://doi.org/10.1556/2060.2023.00160

Windt, J., Zumbo, B. D., Sporer, B., Macdonald, K., & Gabbett, T. J. (2017). Why do workload spikes cause injuries, and which athletes are at higher risk? Mediators and moderators in workload-injury investigations. *British Journal of Sports Medicine,* 57(13), 993-994. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097255

EXERCISE & SOCIETY
JOURNAL OF SPORTS SCIENCE
Volume 72, Issue 2 (2023) 95-104 • Special Issue on Football
http://ojs.staff.duth.gr/ojs/index.php/ExSoc

Training load and muscle injuries in football

Grigoris Bogdanis
Professor, National and Kapodistrian University of Athens, School of Physical Education and Sport Science

Abstract
Training load in football may be categorized into "external", which includes distances covered with running at different speeds, and "internal", which includes the physiological and perceptual responses to the "external" load, e.g. heart rate and perceived exertion. Muscle injuries are related with several factors which may modify the probability of injury. Abrupt increases of training load constitute an important risk factor for muscle injuries, while the systematic recording and analysis of training load contributes significantly to their avoidance. Fatigue is also a main factor which increases injury risk, and thus the players should maintain their fitness at a high level in order to reduce it. Intense training, performed after careful scheduling and with respect to the principles of training periodization and recovery, is necessary to reduce muscle injuries rate. Good running technique, and especially the correct position of the pelvis, has an impact not only on performance but also reduces the risk of muscle injuries.

Key words: external load, artificial intelligence, isokinetic dynamometry, hamstrings

Corresponding address: Gregory C. Bogdanis
Professor of Sport and Exercise Training
Department of P.E. and Sport Science
National & Kapodistrian University of Athens
41 Ethnikis Antistasis, Dafne, 172 37, Greece
E-mail: gbogdanis@phed.uoa.gr

ΑΘΛΗΣΗ & ΚΟΙΝΩΝΙΑ
ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΑΘΛΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
Τεύχος 72, Τόμος 2 (2023) 105-109 • Ειδικό Αφιέρωμα στο Ποδόσφαιρο
http://ojs.staff.duth.gr/ojs/index.php/ExSoc

Δείκτες και εργαλεία καθορισμού της υποκειμενικής και αγωνιστικής ετοιμότητας στο σύγχρονο ποδόσφαιρο

Κωνσταντίνος Βόλακλης
Κλινικός Εργοφυσιολόγος, Πανεπιστήμιο Μονάχου, Ιατρική Σχολή, Κλινική Πρόληψης και Αποκατάστασης, 7FIT-Κέντρο Καρδιακής Αποκατάστασης Άουγκσμπουργκ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ
Ο ακριβής καθορισμός της εξωτερικής επιβάρυνσης μίας προπόνησης ή ενός αγώνα (external load) και της εσωτερικής απόκρισης του οργανισμού σε αυτήν αποτελούν κρίσιμες παραμέτρους στο σύγχρονο ποδόσφαιρο. Επιπρόσθετα, το αίσθημα υποκειμενικής ευεξίας των αθλητών και η αγωνιστική τους ετοιμότητα πρέπει επίσης να αξιολογούνται τακτικά και να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδίασμά της προπονητικής διαδικασίας. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικά ερωτηματολόγια και ορισμένοι αιματολογικοί δείκτες όπως μυϊκά ένζυμα, ορμόνες, δείκτες φλεγμονής και παράγοντες του ανοσοποιητικού καθώς επίσης διενεργούνται και τεστ φυσικής απόδοσης. Στις μέρες μας με χρήση προηγμένης τεχνολογίας και της αντίστοιχης τεχνογνωσίας γίνεται εφαρμογή των ανωτέρω προκειμένου να επιτευχθεί πρόληψη των τραυματισμών και μεγιστοποίηση της απόδοσης.

Λέξεις κλειδιά: εξωτερική επιβάρυνση, υποκειμενική αίσθηση ευεξίας, αγωνιστική ετοιμότητα, ποδόσφαιρο

Η ευρεία εφαρμογή, τις τελευταίες δεκαετίες, προηγμένων τεχνολογικών μεθόδων κινηματικής ανάλυσης και καταγραφής των φυσιολογικών επιβαρύνσεων στο σύγχρονο ποδόσφαιρο έχει βελτιώσει αισθητά τη δυναμική του αθλήματος και την απόδοση των αθλητών. Οι προπονητές πλέον γνωρίζουν όχι μόνο τις απαιτήσεις του αγώνα και της προπόνησης αλλά και την ψυχοσωματική ανταπόκριση του αθλητή και έτσι μπορούν να σχεδιάσουν και να ελέγξουν καλύτερα την προπονητική διαδικασία.

Βεβαίως από μόνη της η χρήση της τεχνολογίας δεν εγγυάται την επιτυχία και για τον λόγο αυτόν στα επιτελεία των ποδοσφαιρικών ομάδων συνεργάζονται επιστήμονες διάφορων ειδικοτήτων ασχολούμενοι με το να καταγράψουν την αγωνιστική επιβάρυνση (συχνά καλούμενη και ως external load) και στο πως αυτή αφομοιώνεται από φυσιολογικής άποψης από τον οργανισμό (συχνά καλούμενη και ως internal load). Απώτερος στόχος των ανωτέρω είναι βεβαίως η μεγιστοποίηση της απόδοσης και ταυτόχρονα η αποφυγή εκδήλωσης τραυματισμών (Gabbet et al., 2017; Nassis et al. 2017).

Διεύθυνση αλληλογραφίας: Κωνσταντίνος Βόλακλης
Clinical Exercise Physiologist
Cardio Clinic Augsburg
Alfred Nobel Str. 2
86156, Germany
E-mail: kvolakli@phyed.duth.gr

Η επίδραση της εξωτερικής επιβάρυνσης (αγώνας ή προπόνηση) στην εσωτερική αντίδραση προσαρμογής του οργανισμού που λαμβάνει χώρα κατά τη φάση της αποκατάστασης διαμορφώνει την ψυχοσωματική ετοιμότητα του αθλητή σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Ωστόσο, η τελευταία μπορεί να επηρεαστεί και από άλλους παράγοντες (διατροφή, οικογένεια, κοινωνικός περίγυρος, κ.α.) με αποτέλεσμα συχνά να παρατηρείται δυσαρμονία μεταξύ της ψυχικής διάθεσης/ετοιμότητας του αθλητή και των αντικειμενικών δεικτών ελέγχου της επιβάρυνσης. Στη συνέχεια θα γίνει μια σύντομη αναφορά στους δείκτες και στα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στο σύγχρονο ποδόσφαιρο προκειμένου να ελεγχθεί η υποκειμενική αίσθηση ευεξίας και η ετοιμότητά του αθλητή να αγωνιστεί ή να προπονηθεί (πίνακας 1).

Μια πρώτη, αδρή, εκτίμηση της επίδρασης που έχει ο αγώνας στην ψυχοσωματική κατάσταση του αθλητή μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ειδικών κλιμάκων και ερωτηματολογίων όπως για παράδειγμα η υποκειμενική αντίληψη κόπωσης του Borg και το προφίλ ψυχικής διάθεσης (POMS, profile of mood states). Επιπλέον, δίνεται έμφαση στην αξιολόγηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS, delayed onset muscle soreness), η οποία επιτυγχάνεται με τη συμπλήρωση ειδικής κλίμακας τύπου Likert. Ωστόσο, αν και τα παραπάνω εργαλεία έχουν αποδειχτεί χρήσιμα και αναφέρονται συχνά (Fessi et al. 2016; Gaudino et al., 2015; Moalla et al. 2016), δεν περιλαμβάνουν σημαντικές παραμέτρους που λαμβάνουν χώρα αλλά και επηρεάζουν τη διαδικασία αποκατάστασης όπως είναι η ποιότητα του ύπνου και τα επίπεδα στρες του αθλητή.

Ως πιο ολοκληρωμένο για την εκτίμηση της υποκειμενικής ευεξίας και την πρόληψη της υπερπροπόνησης έχει καθιερωθεί τα τελευταία χρόνια το ερωτηματολόγιο ή δείκτης του Hooper (Hooper et al., 1995; Rabbani et al., 2019; Selmi et al., 2022), το οποίο αξιολογεί τους εξής παράγοντες: αίσθημα κούρασης, καθυστερημένος μυϊκός πόνος, ποσότητα και ποιότητα ύπνου, επίπεδα στρες και τη ψυχική διάθεση. Σε επαγγελματίες ποδοσφαιριστές έχει βρεθεί ότι σχετίζεται στενά τόσο με αιματολογικές, ορμονικές παραμέτρους όσο και με τεστ απόδοσης μετά από μια έντονη προπονητική περίοδο (Selmi et al., 2022), ενώ σε άλλη πρόσφατη μελέτη (Rabbani et al., 2019), ο δείκτης Hooper υπήρξε πιο ευαίσθητος στο να καταγράψει τις διακυμάνσεις κόπωσης μετά από έναν αγώνα συγκρινόμενος με τη μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας (που αποτελεί τη μέθοδο αναφοράς για τη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος).

Ένα καλό επίπεδο υποκειμενικής ευεξίας δεν εγγυάται αυτόματα και την ύψιστη αγωνιστική ετοιμότητα του αθλητή, δεδομένου ότι η τελευταία δύναται να επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό και από παράγοντες που δε σχετίζονται με την ομάδα και τη διαδικασία προπόνησης ή αποκατάστασης. Σε επαγγελματικό επίπεδο αυτό δυσχεραίνεται περαιτέρω όταν μεσολαβούν συχνοί και σημαντικοί αγώνες ή στις περιπτώσεις εκείνες όπου ο αθλητής προέρχεται από έναν τραυματισμό (Hooper et al., 1995). Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί αρκετοί δείκτες και εργαλεία που χρησιμοποιούνται προκειμένου να γίνει έλεγχος της αγωνιστικής ετοιμότητας των ποδοσφαιριστών (πίν. 1) (Saw et al., 2016).

Εκτός από τη χρήση ερωτηματολογίων (αναφέρθηκαν προηγουμένως), τα οποία εμπεριέχουν τον υποκειμενικό παράγοντα χρησιμοποιούνται ορισμένοι αντικειμενικοί αιματολογικοί δείκτες (μυϊκά ένζυμα, ορμόνες, παράμετροι του ανοσοποιητικού, κ.α.) με τη βοήθεια των οποίων εκτιμάται η πορεία της αποθεραπείας του αθλητή. Ωστόσο, αν και αυτοί οι δείκτες κρίνονται ως ικανοποιητικοί, τα τελευταία χρόνια εφαρμόζονται επιπρόσθετα και ορισμένα τεστ απόδοσης, προκειμένου να εκτιμηθεί με ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια η αγωνιστική ετοιμότητα του αθλητή. Συνήθως επιλέγονται βραχύβιας διάρκειας τεστ που αντανακλούν την αναερόβια ικανότητα απόδοσης όπως το τεστ 6 sec μέγιστης παραγωγής ισχύος στο εργοποδήλατο ή το επιτόπιο άλμα με ταλάντευση (Silva et al., 2021; Thorpe et al. 2015) και με βάση το σκεπτικό ότι εφόσον, τις μέρες πριν τον αγώνα έχει επανέλθει η ταχυδυναμική του απόδοση, ο αθλητής κρίνεται ως έτοιμος να αγωνιστεί. Σε επαγγελματίες ποδοσφαιριστές που παρακολουθήθηκαν για διάστημα 6 εβδομάδων, βρέθηκε ότι οι μεταβολές στην εκρηκτική ικανότητα στη διάρκεια της εβδομάδας, βρίσκονταν σε αντιστοιχία με τις επιβαρύνσεις που καταγράφηκαν στη διάρκεια των αγώνων (Silva et al., 2021), ενώ σε άλλη εργασία βρέθηκε ότι το άλμα με ταλάντευση συσχετιζόταν με την κόπωση σε βαθμό συγκρίσιμο με τη

μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας, στη διάρκεια μιας έντονης προπονητικής περιόδου 17 ημερών (Thorpe et al., 2015).

Πίνακας 1. Οι συχνότεροι δείκτες που χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελεγχθεί η ετοιμότητα του ποδοσφαιριστή να αγωνιστεί (ή να προπονηθεί).

Ψυχοσωματομετρικοί	Αιματολογικοί	Νευρομυϊκοί
Ερωτηματολόγια	Κινάση κρεατίνης	Άλμα με ταλάντευση
Φυσιολογικοί	Γαλακτική δεϋδρογονάση	Δείκτης αντιδραστικής δύναμης
Μεταβλητότητα καρδιακής συχνότητας	Μυογλοβίνη	
Ανοσολογικοί	C-αντιδρώσα πρωτεΐνη	
Ανοσοφαιρίνες	Ουρία	
Τεστοστερόνη	Λευκοκκύτταρα	
Κορτιζόλη	Κυτταροκίνες	
Λόγος τεστοστερόνης/κορτιζόλης		

Σύνοψη

Ο καθορισμός της υποκειμενικής ευεξίας και της ετοιμότητας για απόδοση αποτελούν δύο σημαντικά ζητούμενα στο σύγχρονο ποδόσφαιρο. Στις μέρες μας με τη χρήση της τεχνολογίας μπορούμε να καθορίσουμε με σχετική ακρίβεια την εξωτερική επιβάρυνση αλλά και την εσωτερική ανταπόκριση του οργανισμού σε αυτήν έτσι ώστε να προγραμματίσουμε τη βέλτιστη διαδικασία αποθεραπείας. Θα πρέπει να τονιστεί ότι δεν ανταποκρίνονται όλοι οι αθλητές με τον ίδιο τρόπο στο ίδιο ερέθισμα και για το λόγο αυτό ο έλεγχος της αγωνιστικής ετοιμότητας πρέπει πάντοτε να γίνεται σε ατομική βάση. Επιπρόσθετα, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των εργαλείων παρακολούθησης προκειμένου αυτά να είναι σχετικά σύντομης διάρκειας για να μη διαταράσσουν την προπονητική διαδικασία (αφού οι αθλητές θα κληθούν πολλές φορές να συμμετάσχουν σε αυτά). Τέλος, είναι σημαντικό, η πρώτη αξιολόγηση να έχει πραγματοποιηθεί με τον οργανισμό του αθλητή ξεκούραστο (π.χ. στην έναρξη της προετοιμασίας) προκειμένου να γίνεται σωστή ερμηνεία των αποτελεσμάτων και λήψη αποφάσεων.

Βιβλιογραφία

Fessi, MS., Nouira, S., Dellal, A., Owen, A., Elloumi, M., Moalla, W. (2016). Changes of the psychophysical state and feeling of wellness of professional soccer players during pre-season and in-season periods. *Res Sports Med*, 24(4): 3 75-3 86.

Gabbet, TJ., Nassis, GP., Oetter, E., Pretorius, J., Johnston, N., Medina, D., Rodas, G., Myslinski, T., Howells, D., Beard, A., Ryan, A. (2017). The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting an applying training monitoring data. *Br J Sports Med*, (51)20: 1451-1452.

Gaudino, P., Iain, FM., Strudwick, AJ., Hawkins, RD., Alberti, G., Atkinson, G., Gregson, W. (2015). Factors influencing perception of effort (session RPE) during elite soccer training, *hit J Sports Physiol Perform*, 10(7): 860-864.

Hooper, SL., Mackinnon, LT. (1995). Monitoring overtraining in athletes. *Sports Med,* 20(5): 321-327.

Moalla, W., Fessi, MS., Farhat, F., Nouira, S., Wong, DP., Dupont, G. (2016). Relationship between daily training load and psychometric status of professional soccer players. *Res Sports Med*, 24(4): 387-394.

Nassis, GP., Gabbett, TJ. (2017). Is workload associated with injuries and performance in elite football? A call for action. *Br J Sports Med*, 51: 486-487.

Rabbani, A., Clemente, FM., Kargafard, M., Chamari, K. (2019). Match-fatigue time-course assessment over four days: usefulness of the Hooper Index and heart rate variability in professional *soccer players. Frontiers Physiol*, 10: 109-118.

Saw AE, Main LC, Gastin PB. (2016). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med*, 50: 281-291.

Selmi O, Querqui I, Levitt D, Marzouki H, Knechtle B, Nikolaidis PT, Bouassida A. (2022). Training, psychometric status, biological markers and neuromuscular fatigue in soccer. *Biol Sport*, 39(2): 319-327.

Silva, R., Clemente, FM., Gonzales-Fernandez, FT., Bernardo, A, Ardigo LP. (2021). Weekly variations of short-duration maximal jumping performance in soccer players: exploring relationships with accumulated training load and match demands. *Frontiers Physiol*, 19(12):690353.

Thorpe RT, Strudwick **AJ, Buchheit M, Atkinson G, Drust B, Gregson W.** (2015). Monitoring fatigue during **the in-season competitive phase in elite soccer players, *hit*** *J Sports Physiol Perform*

EXERCISE & SOCIETY
JOURNAL OF SPORTS SCIENCE
Volume 72, Issue 2 (2023) 105-109 • Special Issue on Football
http://ojs.staff.duth.gr/ojs/index.php/ExSoc

Measures of subjective well-being and competitive readiness in modern soccer

Konstantinos Volaklis
Clinical Exercise Physiologist, University of München, School of Medicine, Department of Prevention and Sports Medicine, 7FIT-Cardio Clinic Augsburg

Abstract
The exact determination of the external load of a training session or a match and the internal body response to it are critical parameters in modern soccer. In addition, the athletes' sense of subjective well-being and their competitive readiness should also be regularly evaluated and taken into account in order to successfully plan the training sessions. For this purpose, special questionnaires, and blood parameters such as muscle enzymes, hormones, inflammatory markers and immune factors as well as physical performance tests are taken into account. Nowadays, the use of advanced technology along with scientific knowledge are applied in order to prevent injuries and optimize performance.

Key words: external load, internal load, subjective well-being, competitive readiness, soccer

Corresponding address: Konstantinos Volaklis
Clinical Exercise Physiologist
Cardio Clinic Augsburg
Alfred Nobel Str. 2
86156, Germany
E-mail: kvolakli@phyed.duth.gr