ΑΘΛΗΣΗ & ΚΟΙΝΩΝΙΑ
ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΑΘΛΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
Τεύχος 72, Τόμος 2 (2023) 110-117 • Ειδικό Αφιέρωμα στο Ποδόσφαιρο
http://ojs.staff.duth.gr/ojs/index.php/ExSoc

Τεχνολογικά συστήματα και εφαρμογές παρακολούθησης της εσωτερικής και εξωτερικής επιβάρυνσης στο ποδόσφαιρο

Γιώργος Παναγιώτου
Αναπληρωτής Καθηγητής, Ευρωπαϊκό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Εφαρμοσμένης Αθλητικής Επιστήμης, Πρόγραμμα Επιστημών Ζωής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρακολούθηση του προπονητικού φορτίου (TL) εφαρμόζεται συνήθως για την αξιολόγηση της φυσικής προσπάθειας που επιτελεί ένας αθλητής κατά την προπόνηση (δηλ. εξωτερικό φορτίο) και της επακόλουθης ανταπόκρισης του αθλητή κατά την προπόνηση (δηλ. εσωτερικό φορτίο). Στόχος της καταγραφής της φυσιολογικής επιβάρυνσης είναι η αξιολόγηση και διαχείριση του συνολικού στρες το οποίο επωμίζεται ο κάθε ποδοσφαιριστής μέσω εσωτερικών και εξωτερικών προκλήσεων κατά τη διάρκεια της προαγωνιστικής και αγωνιστικής περιόδου. Οι πιο πάνω προκλήσεις οδηγούν σε διαταραχή της οργανικής ομοιόστασης μέσω ποικίλων φυσιοβιοχημικών ανταποκρίσεων οι οποίες σε ότι αφορά στην προπονητική και αγωνιστική τους προέλευση επεξηγούνται μέσω του «Συνδρόμου Γενικής Προσαρμογής». Οι εξωτερικές και εσωτερικές επιβαρύνσεις οι οποίες καθορίζουν το επιβαλλόμενο στρες στους ποδοσφαιριστές, προσδιορίζονται μέσω των συστημάτων χωροχρονικού προσδιορισμού θέσης κατά την προπόνηση και τον αγώνα. Η εκτεταμένη χρήση μέσων και μεθόδων καταγραφής της φυσιολογικής επιβάρυνσης στο ποδόσφαιρο αποσκοπεί ουσιαστικά στην εξατομίκευση της προπόνησης τόσο για τη βελτίωση της αγωνιστικής απόδοσης, όσο και για τη μείωση του κινδύνου πρόκλησης τραυματισμών μέσω εστίασης στις πτυχές οι οποίες αφορούν στην αθλητική απόδοση, τη φυσιολογική κατάσταση, το βιοχημικό προφίλ και τη διανοητική οξύτητα. Σε αυτό το πλαίσιο, πέραν των μεθόδων ανάλυσης βιολογικών δειγμάτων, καταγραφής φυσιολογικών δεικτών και της χρήσης επιμέρους ψυχομετρικών εργαλείων και άλλων κλιμάκων, έχει εξελιχθεί σημαντικά και προσαρμοστεί στο ποδόσφαιρο η τεχνολογία του Παγκοσμίου Συστήματος Θεσιθεσίας ή Στιγματοθέτησης **(GPS)** και η διασύνδεσή της με άλλους μικροηλεκτρομηχανικούς αισθητήρες. Όλα τα παραπάνω επιτρέπουν πολυδιάστατη καταγραφή άμεσων και προκυπτουσών ποσοτήτων οι οποίες αναλύονται στατιστικά για να αποδώσουν άμεση και πλήρη εικόνα της ανταπόκρισης του ποδοσφαιριστή στις προκλήσεις στις οποίες υποβάλλεται.

Λέξεις κλειδιά: Προπονητικό φορτίο, εσωτερική επιβάρυνση, εξωτερική επιβάρυνση, Σύνδρομο Γενικής Προσαρμογής, Παγκόσμιο Σύστημα Θεσιθεσίας

Διεύθυνση αλληλογραφίας: Γιώργος Παναγιώτου
Τμήμα Επιστημών Ζωής, Σχολή Θετικών Επιστημών
Ευρωπαϊκό Πανεπιστήμιο Κύπρου
Διογένους 6, Έγκωμη, CY-2404
Λευκωσία, Κύπρος
E-mail: G.Panayiotou@euc.ac.cy

Εισαγωγή

Ο έλεγχος και η καταγραφή της φυσιολογικής επιβάρυνσης στον αγωνιστικό, κυρίως, αθλητισμό, συμβάλλει σημαντικά στην ομαλή παρακολούθηση και διαχείριση του στρες στο οποίο υποβάλλονται οι αθλητές. Αποσκοπεί στην ποσοτικοποίηση δύο αλληλένδετων σχέσεων της προπονητικής επιβάρυνσης, αφενός μεν με της απόδοσης και αφετέρου δε του κινδύνου πρόκλησης τραυματισμών (Bourdon et al., 2017), υποδηλώνοντας πως η ελλιπής ή υπερβολική προπονητική επιβάρυνση συνεπάγεται με υψηλή πιθανότητα είτε ανεπαρκούς απόδοσης ή τραυματισμού / νόσησης (Stares et al., 2021).

Τα τελευταία χρόνια γίνεται ευρεία και τακτική χρήση προηγμένων φορητών συστημάτων για τον εντοπισμό και τον προσδιορισμό των χωροχρονικών μεταβολών της θέσης των αθλητών εντός του προπονητικού/ αγωνιστικού χώρου. Προπονητές φυσικής κατάστασης και αναλυτές απόδοσης στον υψηλό αθλητισμό και κυρίως στο ποδόσφαιρο, συλλέγουν, αναλύουν και ερμηνεύουν διάφορα βιομετρικά και άλλα στοιχεία από τους αθλητές τους προκειμένου να προσδιορίσουν την εξωτερική (παραγόμενο προπονητικό/ αγωνιστικό έργο) και εσωτερική (ανταπόκριση στο παραγόμενο έργο) επιβάρυνση των αθλητών (Jeffries et al., 2021). Το παραπάνω συνδράμει στη διάκριση στρεσογόνων παραγόντων και του επιπέδου ατομικής προσαρμοστικότητας και αγωνιστικής ετοιμότητας η οποία λαμβάνεται υπόψη στον επακόλουθο προπονητικό προγραμματισμό.

Στην παρούσα αναφορά, παρουσιάζεται η σχέση ανάμεσα στο στρες και στην προπονητική / αγωνιστική προσπάθεια, παρουσιάζονται τα μέσα καταγραφής της φυσιολογικής επιβάρυνσης και τέλος, παρουσιάζονται βασικά μέτρα προσδιορισμού της.

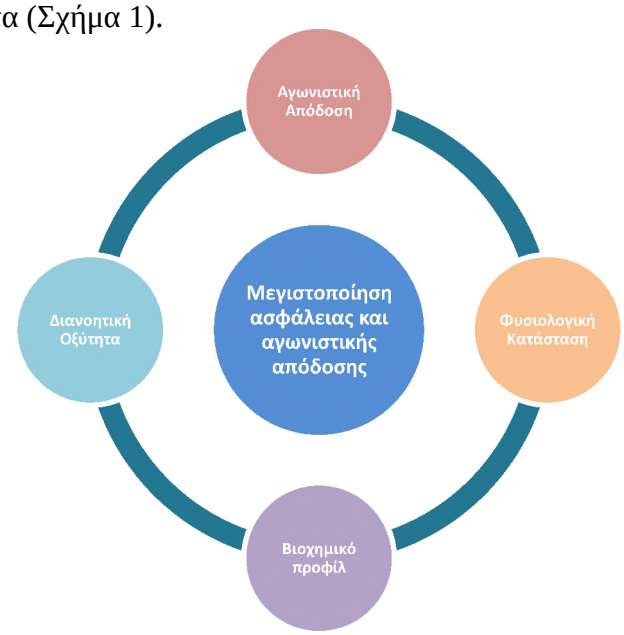
Στρες και Φυσιολογική Επιβάρυνση Προπόνησης και Αγώνα

Σύμφωνα με τον Sayle (1946), το στρες αποτελεί μη ειδική (ανεξάρτητη από τον τύπο του στρεσογόνου παράγοντα) ανταπόκριση/ αντίδραση του σώματος σε κάποια πρόκληση, δηλαδή οποιοδήποτε παράγοντα εσωτερικής ή εξωτερικής προέλευσης δύναται να μεταβάλει την ισορροπία (ομοιόσταση) του οργανισμού εκτρέποντας τον από τη «ζώνη άνεσης» (comfort zone) του. Πρόκειται ουσιαστικά για τη φαινομενική διάσταση μεταξύ των απαιτήσεων οι οποίες δημιουργούνται από εσωτερικές ή εξωτερικές προκλήσεις και των αντιλαμβανόμενων ατομικών ικανοτήτων ανταπόκρισης σε αυτές. Η ανταπόκριση στο στρες εστιάζεται σε πολύπλοκες φυσιοβιοχημικές διεργασίες (δράση συμπαθητικού νευρικού συστήματος και άξονα Υποθαλάμου - Υπόφυσης - Επινεφριδίων -HPA), ποικίλει διατομικά, ακολουθώντας, ωστόσο, όμοια ατομικά μοτίβα ανεξαρτήτως στρεσογόνου παράγοντα (Juruena et al., 2020). Η έκβασή τη προσδιορίζεται από τις πεποιθήσεις, τις προσδοκίες, τα βιώματα, τις φυσικές ικανότητες, το επίπεδο αυτοεκτίμησης και αυτοπεποίθησής, συντελώντας εν τέλει στην πρόκληση ευφορίας (eustress) η δυσφορίας (distress) (Seyle, 1950). Ο Seyle (1950), διαπίστωσε ότι οι φυσιοβιοχημικές ανταποκρίσεις στο στρες, πυροδοτούνται από μια συντονισμένη σειρά φυσιολογικών αντιδράσεων που εκτυλίσσονται με την πάροδο του χρόνου κατά τη συνεχή έκθεση σε έναν στρεσογόνο παράγοντα. Ουσιαστικά με τις πιο πάνω παρατηρήσεις του ο Seyle (1950) προσδιόρισε το Σύνδρομο Γενικής Προσαρμογής (General Adaptation Syndrome), το οποίο μεταξύ ποικίλων άλλων εφαρμογών του, εξηγεί τις οξείες ανταποκρίσεις και χρόνιες προσαρμογές (εσωτερική επιβάρυνση) της προπόνησης ως πηγής καρδιοαναπνευστικού, μεταβολικού (Coyle, 2000) και νευροενδοκρινικού (Hackney, 2006) στρεσογόνου παράγοντα. Ως αποτέλεσμα της εξωτερικά επιβαλλόμενης επιβάρυνσης μέσω της

άσκησης και της προπόνησης, επέρχονται πολύ συγκεκριμένες και ποικίλες προσαρμογές ανάλογα με τον τύπο, την ένταση και τη διάρκεια της φυσιολογικής προσπάθειας η οποία επιτελείται. Οι εξωτερικές και εσωτερικές αυτές επιβαρύνσεις, προσδιορίζονται μέσω των συστημάτων χωροχρονικού προσδιορισμού θέσης κατά την προπόνηση και τον αγώνα.

Μέσα καταγραφής της προπονητικής επιβάρυνσης

Σύμφωνα με τους Seshadri et al. (2019), συνοψίζονται τέσσερεις τομείς εστίασης όσον αφορά στην αξιολόγηση της ανθρώπινης απόδοσης. Επίκεντρο της χρήσης φορητών αισθητήρων αποτελούν η μεγιστοποίηση της αγωνιστικής απόδοσης και της ασφάλειας / υγείας του αθλητή μέσω της αξιολόγησης της εσωτερικής και εξωτερικής επιβάρυνσης των αθλητών. Οι τομείς εστίασης αναφέρονται στην αθλητική απόδοση, τη φυσιολογική κατάσταση, το βιοχημικό προφίλ και τη διανοητική οξύτητα (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Περιοχές εστίασης συσχετιζόμενες με τη μεγιστοποίηση της ασφάλειας / υγείας και τη αγωνιστικής απόδοσης στον αθλητισμό. Προσαρμοσμένο από Seshadri et al. (2019).

Η αξιολόγηση των διαφόρων προπονητικών πτυχών που μπορούν να βοηθήσουν στην κατανόηση της σχέσης δόσης - απόκρισης (ανταπόκρισης /προσαρμογής) των αθλητών στην προπόνηση, αποτελεί εδώ και δεκαετίες, πρωταρχική επιδίωξη των προπονητών και των αθλητικών επιστημόνων (Cardinale & Varley, 2017). Οι λόγοι αυτού του έντονου ενδιαφέροντος, πηγάζουν από την ανάγκη για εξατομικευμένη προπόνηση τόσο για τη βελτίωση της αγωνιστικής απόδοσης, όσο και για τη μείωση του κινδύνου πρόκλησης τραυματισμών (Watson et al., 2017; Gabbett, 2010). Δεδομένου του υψηλού κόστους των τραυματισμών και της ισχυρής συσχέτισής τους με την αγωνιστική απόδοση της ομάδας (Hägglund et al., 2013), το ενδιαφέρον τόσο για πρακτικές και αναλυτικές μεθόδους περιορισμού των τραυματισμών κρίνεται δικαιολογημένο.

Τα τελευταία 15-20 χρόνια, έχει παρατηρηθεί μια απίστευτα ραγδαία ανάπτυξη της (μικρο)τεχνολογίας στον τομέα αυτό (Gómez-Carmona et al., 2020; Malone et al., 2017). Η παρακολούθηση των παικτών, έχει καταστεί ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία της καταγραφής της προπονητικής επιβάρυνσης στα ομαδικά αθλήματα (Buchheit & Simpson, 2017). Οι περισσότερός επαγγελματικές ομάδες χρησιμοποιούν σε τακτική βάση, συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS) ή άλλα εναλλακτικά μέσα, ως αναπόσπαστο μέρος της σύγχρονης προπονητικής πρακτικής, για προσδιορισμό της εξωτερικής και εσωτερικής επιβάρυνσης των αθλητών. Γίνεται ουσιαστικά χρήση μεμονωμένων ή συνδυαστικών ασυρμάτων αισθητήρων, μέσω των οποίων

επιτυγχάνεται η συνεχής και μη επεμβατική ανίχνευση και καταγραφή βιοσημάτων και εμβιομηχανικών μεγεθών. Το τελευταίο διάστημα, ο τομέας των φορητών συσκευών, έχει μετακινηθεί από την οπτική της μεμονωμένης συσκευής στην οπτική των συστημάτων, όπου το σύστημα συνδυάζει τη συσκευή με την επακόλουθη ανάλυση, μέσω της οποίας προκύπτουν εκτιμήσεις σχετικές με την αγωνιστική απόδοση και τον κίνδυνο πρόκλησης τραυματισμών. Τα φορητά συστήματα παρακολούθησης μπορούν να παρέχουν συνεχή δεδομένα, επιτρέποντας έτσι την συνεχή αξιολόγηση και βέλτιστη επαναστοχοθέτηση της προπονητικής διαδικασίας (Pantelopoulos & Bourbakis, 2009), με την τεχνολογία αιχμής να αξιοποιεί τις δυνατότητες οι οποίες παρέχονται μέσω της αξιοποίησης της τεχνολογίας GPS (Gabbett'2016). Η τεχνολογία GPS, έχει καταστεί πιο εξεζητημένη σε ότι αφορά στις πληροφορίες που μπορεί να παρέχει και έχει ενοποιηθεί με άλλους μικροηλεκτρομηχανικούς αισθητήρες όπως επιταχυνσιόμετρα και γυροσκόπια. Αυτό έχει διευκολυνθεί από τη δυνατότητα η οποία παρέχεται πλέον στους παίκτες να χρησιμοποιούν συσκευές GPS κατά τη διάρκεια αγώνα (Quarrie et al., 2017). Πρόσφατα, η Παγκόσμια Ομοσπονδία Ποδοσφαίρου (FIFA) τροποποίησε τους κανόνες της για να επιτρέψει τη χρήση της τεχνολογίας GPS σε επίσημες διοργανώσεις δημιουργώντας έτσι την ευκαιρία για την ποσοτικοποίηση των διαφόρων μεγεθών σχετικών με την προπονητική επιβάρυνση (Hennessy & Jeffreys, 2018).

Μέτρα Προσδιορισμού της Φυσιολογικής Επιβάρυνσης

Τα μέτρα φυσιολογικής επιβάρυνσης, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν είτε ως εσωτερικά είτε ως εξωτερικά (Bourdon et al., 2017), ανάλογα με το αν αναφέρονται σε μετρήσιμες πτυχές που λαμβάνουν χώρα εσωτερικά ή εξωτερικά του αθλητή (Impellizzeri et al., 2019). Οι εξωτερικές πτυχές, αποτελούν αντικειμενικά μέτρα του έργου που εκτελεί ο αθλητής κατά τη διάρκεια της προπόνησης ή του αγώνα (Bourdon et al., 2017), τα οποία καθορίζονται από την οργάνωση, την ποιότητα και την ποσότητα της άσκησης (προπονητικό πλάνο) (Impellizzeri et al., 2019). Τα πιο συνηθισμένα μέτρα του εξωτερικού φορτίου περιλαμβάνουν την παραγόμενη ισχύ, την ταχύτητα, την επιτάχυνση, την ανάλυση χρόνου-κίνησης (Bourdon et al., 2017) και την επιβράδυνση. Αντίθετα, τα εσωτερικά φορτία ορίζονται ως οι σχετικοί βιολογικοί (τόσο φυσιολογικοί όσο και ψυχολογικοί) στρεσογόνοι παράγοντες που επέρχονται στον αθλητή κατά τη διάρκεια της προπόνησης ή του αγώνα (Bourdon et al, 2017), αντανακλώντας τις ψυχοφυσιολογικές αντιδράσεις που ενεργοποιεί το σώμα για να αντιμετωπίσει τις απαιτήσεις που προκαλεί το εξωτερικό φορτίο (Impellizzeri et al., 2019). Μετρήσεις όπως ο καρδιακός ρυθμός (HR), το γαλακτικό αίμα (BLa) και η βαθμολογούμενη αντιλαμβανόμενη προσπάθεια (RPE) χρησιμοποιούνται συνήθως για την αξιολόγηση της εσωτερικής επιβάρυνσης (Bourdon et al, 2017). Στον Πίνακα 1 γίνεται μια συνοπτική παράθεση δεικτών οι οποίοι έχουν χρησιμοποιηθεί με στόχο τον προσδιορισμό της φυσιολογικής αθλητικής επιβάρυνσης(Miguel et al., 2022). Ωστόσο, επί του παρόντος δεν υπάρχει συναίνεση ως προς το ποιες μεταβλητές είναι πιο χρήσιμες ή, πράγματι, πώς να αναλύονται τα διαχρονικά δεδομένα μιας ποικιλόμορφης ομάδας παικτών (Akenhead & Nassis, 2016).

Σύνοψη

Η καταγραφή και ο προσδιορισμός της φυσιολογικής επιβάρυνσης στο ποδόσφαιρο, αποσκοπεί στην ομαλή διαχείριση του ενδογενούς και εξωγενούς στρες στο οποίο υποβάλλονται οι αθλητές, συνεπεία προπονητικών καθώς επίσης και προσωπικών συνθηκών. Μέσα από την ομαλή διαχείριση της φυσιολογικής επιβάρυνσης, επιδιώκεται τόσο η μεγιστοποίηση της αγωνιστικής

απόδοσης καθώς επίσης ο περιορισμός των τραυματισμών. Τελευταία, έχει παρατηρηθεί ραγδαία ανάπτυξη φορητών συστημάτων και συσκευών και αισθητήρων, τα οποία είτε μεμονωμένα, είτε συνδυαστικά, ποσοτικοποιούν τις χωροχρονικές μεταβολές της θέσης του αθλητή με τη βοήθεια απλής τηλεμετρίας είτε GPS. Μέσω των τηλεμετρικών αισθητήρων και συνδυαστικά με άλλες τεχνικές (ερωτηματολόγια, συλλογή βιολογικού υλικού) εξάγονται βασικές ή προκύπτουσες ποσότητες και μέτρα μέσω των οποίων επιχειρείται ο προσδιορισμός του στρες το οποίο προκύπτει αθροιστικά από την προπονητική / αγωνιστική δραστηριότητα καθώς επίσης από άλλους ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες. Ωστόσο, επί του παρόντος δεν υπάρχει συναίνεση ως προς το ποιες μεταβλητές θεωρούνται οι χρησιμότερες καθώς επίσης δεν είναι πλήρως ξεκάθαρη η ιδανικότερη πρακτική ανάλυσης διαχρονικών δεδομένων για εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Πίνακας 1. Ομαδοποίηση μέτρων φυσιολογικής Επιβάρυνσης (Miguel et al., 2022).

Μέτρα Εξωτερικής Επιβάρυνσης	Μέτρα Εσωτερικής Επιβάρυνσης
• **Επιταχύνσεις και Επιβραδύνσεις** o Συχνότητα Προσπάθειας o Φόρτος Αθλητή (Player Load) o Καλυφθείσα ανά Ζώνη Απόσταση o Δείκτης Καταπόνησης o Συνολικά Καλυφθείσα Απόσταση Επιταχύνοντας και Επιβραδύνοντας o Αναλογία Επιταχύνσεων - Επιβραδύνσεων	• **Καρδιακή Συχνότητα** o Μέθοδοι TRIMP o Μέσες Τιμές και Κορυφώσεις o Ζώνες Έντασης • **Ερωτηματολόγια** και Καταγραφές o Διαβάθμιση Αντιλαμβανόμενης Καταπόνησης (RPE) o Ευεξία και Αποκατάσταση
• **Επαφές** o Αριθμός Επαφών o Αριθμός Επαφών ανά Ζώνη g o Φορτίου Δυναμικού Στρες o Συνολικό φορτίο	• **Βιοδείκτες** o Αιματολογικοί Δείκτες o Δείκτες Σιέλου
• **Μεταβολική Ισχύς** o Καλυφθείσα Απόσταση o Μέσοι όροι	
• **Προπονητική και Αγωνιστική Συμμετοχή** o Συχνότητα και Διάρκεια	
• **Αποστάσεις** o Διανυθείσα Απόσταση ανά Ζώνη/Κατώφλι o Συνολικά Διανυθείσα Απόσταση o Αναλογίες Απόστασης	

Βιβλιογραφία

Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *International journal of sports physiology and performance*, 11(5), 587-593.

Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-161.

Buchheit, M., & Simpson, B. M. (2017). Player-tracking technology: half-full or half-empty glass?. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-35.

Cardinale, M., & Varley, M. C. (2017). Wearable training-monitoring technology: applications, challenges, and opportunities. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-55.

Coyle, E. F. (2000). Physical activity as a metabolic stressor. *The American journal of clinical nutrition*, 72(2), 512S-520S.

Gabbett, T. J. (2010). The development and application of an injury prediction model for noncontact, soft-tissue injuries in elite collision sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2593-2603.

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.

Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Ibáñez, S. J., & Pino-Ortega, J. (2020). Accelerometry as a method for external workload monitoring in invasion team sports. A systematic review. *PIoS one*, 15(8), e0236643.

Hackney, A. C. (2006). Exercise as a stressor to the human neuroendocrine system. *Medicina (Kaunas)*, 42(10), 788-97.

Hägglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British journal of sports medicine*, 47(12), 73 8-742.

Hennessy, L., & Jeffreys, I. (2018). The current use of GPS, its potential, and limitations in soccer. *Strength & Conditioning Journal*, 40(3), 83-94.

Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *Int J Sports Physiol Perform*, 14(2), 270-273.

Jeffries, A. C., Marcora, S. M., Coutts, A. J., Wallace, L., McCall, A., & Impellizzeri, F. M. (2021). Development of a revised conceptual framework of physical training for use in research and practice. *Sports Medicine*, 1-16.

Juruena, M. F., Eror, F., Cleare, A. J., & Young, A. H. (2020). The role of early life stress in HPA axis and anxiety. *Anxiety disorders: Rethinking and understanding recent discoveries*, 141-153.

Malone, J. J., Lovell, R., Varley, M. C., & Coutts, A. J. (2017). Unpacking the black box: applications and considerations for using GPS devices in sport. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-18.

Miguel, M., Oliveira, R, Loureiro, N., Garcia-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2021). Load measures in training/match monitoring in soccer: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2721.

Pantelopoulos, A., & Bourbakis, N. G. (2009). A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 40(1), 1-12.

Quarrie, K. L., Raftery, M., Blackie, J., Cook, C. J., Fuller, C. W., Gabbett, T. J., ... & Tucker, R. (2017). Managing player load in professional rugby union: a review of current knowledge and practices. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 421-427.

Selye, H. (1946). The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. *The journal of clinical endocrinology*, 6(2), 117-230.

Selye, H. (1950). Stress and the general adaptation syndrome. *British medical journal*, 1(4667), 1383.

Seshadri, D. R., Li, R. T., Voos, J. E., Rowbottom, J. R., Alfes, C. M., Zorman, C. A., & Drummond, C. K. (2019). Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete. *NPJ digital medicine*, 2(1), 71.

Stares, J., Dawson, B., Peeling, P., Heasman, J., Rogalski, B., Drew, M., ... & Lester, L. (2018). Identifying high risk loading conditions for in-season injury in elite Australian football players. *Journal of science and medicine in sport*, 21(1), 46-51.

Watson, A., Brickson, S., Brooks, A., & Dunn, W. (2017). Subjective well-being and training load predict in-season injury and illness risk in female youth soccer players. *British journal of sports medicine*, 51(3), 194-199.

EXERCISE & SOCIETY
JOURNAL OF SPORTS SCIENCE
Volume 72, Issue 2 (2023) 110-117 • Special Issue on Football
http://ojs.staff.duth.gr/ojs/index.php/ExSoc

Technological systems and applications for internal and external workload monitoring in soccer

George Panagiotou
Associate Professor, European University of Cyprus, Master in Applied Sport Science, Department of Life Sciences

ABSTRACT
Training load (TL) monitoring is normally applied to assess the physical work an athlete performs in training (i.e., external load) and the athlete's within-training response to that physical work (i.e., internal load). The aim of physiological load monitoring is to assess and manage the overall stress that each player bears through internal and external challenges during the pre-season and in-season. The above challenges lead to a disturbance of the body's homeostasis through a variety of physio-chemical responses which, in terms of their training and competition spectrum, are explained through the "General Adaptation Syndrome". The external and internal stresses that determine the stress imposed on footballers are determined by spatio-temporal positioning systems during training and competition. The extensive use of physiological load recording tools and methods in football is essentially aimed at individualizing training to improve competitive performance and reduce the risk of injury by focusing on aspects related to athletic performance, physiological status, biochemical profde and mental acuity. In this context, in addition to analysing biological samples, recording physiological indicators and using individual psychometric tools and other scales, Global Positioning System (GPS) technology and its interface with other microelectromechanical sensors have been significantly developed and adapted to football. All of the above allows for multidimensional recording of direct and resultant quantities, which are statistically analysed to give a direct and complete picture of the footballer's response to the challenges to which he is exposed.

Key words: Training load, internal load, external load, general adaptation syndrome, global positioning system

Corresponding address: George Panagiotou
Department of Life Sciences, School of Sciences
European University Cyprus
6, Diogenes Str. Engomi, CY-2404, Nicosia, Cyprus
E-mail: G.Panayiotou@euc.ac.cy