



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΑΘΗΝΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΘΛΗΣΗ & ΥΓΕΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Μελέτη της σχέσης μεταξύ των εξής παραμέτρων: Προπονητικό Φορτίο, Κόπωση, Κατακόρυφο Άλμα, Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού και Ύπνου, σε ελίτ αθλήτριες πετοσφαίρισης εφηβικής ηλικίας.”

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: Αναστασιάδου Ελένη

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Τσολάκης Χαρίλαος

Ακαδημαϊκό έτος: 2024-2025

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 4 |
| ABSTRACT | 6 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ | 9 |
| 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 9 |
| 1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ | 13 |
| 1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ | 13 |
| 1.4 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ | 14 |
| 1.5 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ | 14 |
| 1.6 ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ | 15 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ | 15 |
| 2.1 ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ | 15 |
| 2.2 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΑΛΜΑ ΜΕ ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗ | 19 |
| 2.3 ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΚΑΡΔΙΑΚΟΥ ΡΥΘΜΟΥ | 22 |
| 2.4 ΥΠΝΟΣ | 29 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ | 32 |
| 3.1 ΔΕΙΓΜΑ | 32 |
| 3.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ | 32 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ | 35 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ | 41 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 53 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ 54

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 55

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η οργάνωση των κατάλληλων προπονητικών προγραμμάτων στην πετοσφαίριση, αποτελεί τα τελευταία χρόνια βασικό αντικείμενο έρευνας, με στόχο τη μεγιστοποίηση της απόδοσης των αθλητών. Η εύρεση της βέλτιστης έντασης της φόρτισης προϋποθέτει, αρχικά, την καταγραφή του προπονητικού φορτίου (ΠΦ), το οποίο, στη συνέχεια, είναι σημαντικό να συνδυαστεί με ποικίλλες παραμέτρους, όπως δείκτες κόπωσης και ευεξίας, παραμέτρους λειτουργίας του Αυτόνομου Ν.Σ., παραμέτρους νευρομυικών προσαρμογών, αλλά και με την ποιότητα του ύπνου. Η έλλειψη ερευνών, που να ασχολούνται με τη συσχέτιση όλων των παραπάνω παραμέτρων, οδήγησε στην πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης. Δείγμα: Στην παρούσα μελέτη, συμμετείχαν 27 ελίτ αθλήτριες πετοσφαίρισης, ηλικίας 14-15 ετών. Κατά τη διάρκεια παραμονής τους σε 20ήμερο προπονητικό κοινόβιο για την τελική επιλογή της Εθνικής ομάδας, καταγραφόταν το ΠΦ, η υποκειμενική αντίληψη κόπωσης (RPE) και η ικανότητα για προπόνηση την επόμενη ημέρα (RPR) σε καθημερινή βάση, ενώ το κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση (CMJ), η μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού (HRV) και η αξιολόγηση του ύπνου έγινε στο τέλος του κοινοβίου. Η αξιολόγηση του ύπνου έγινε από τις ίδιες τις αθλήτριες με τη χρήση των ερωτηματολογίων Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) και Sleep and Memory (Clinic version). Για την εύρεση συσχετίσεων, υπολογίστηκε το μέσο ΠΦ (μΠΦ), η μέση RPE (μRPE) και η μέση RPR (μRPR). Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson (r). Αποτελέσματα: Παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ μΠΦ και μRPE ($r=0.665$, $p=0.005$). Δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ μΠΦ και μRPR, ούτε μεταξύ μRPE και μRPR. Το CMJ συσχετίστηκε θετικά με το γενικό σκορ του PSQI ($r=0.576$, $p=0,031$). Δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση των μεταβλητών της HRV με το μΠΦ, ούτε με την μRPE. Ο λόγος LF/HF συσχετίστηκε αρνητικά με τη μRPR ($r=-0.588$, $p=0.027$) και θετικά με τη συχνότητα εμφάνισης δυσκολίας στο να μείνουν ξύπνιες οι αθλήτριες σε κοινωνικές δραστηριότητες ($r=0.563$, $p=0.023$). Οι SDNN, pNN50, RMSSD, SD1 και SD2 συσχετίστηκαν αρνητικά με το σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r=-0.568$, $p=0.022$, $r=-0.642$, $p=0.007$, $r=-0.556$, $p=0.025$, $r=-0.559$, $p=0.25$, $r=-0.572$, $p=0.20$ αντίστοιχα). Η ΚΣ ηρεμίας συσχετίστηκε θετικά με τη συχνότητα λήψης υπνωτικών φαρμάκων ($r=0.806$, $p=0.000$). Το Fitness Level των αθλητριών στο CardioScan συσχετίστηκε θετικά με την ώρα της πρωινής τους έγερσης ($r=0.518$, $p=0.028$) και αρνητικά με τη συχνότητα λήψης υπνωτικών φαρμάκων ($r=-0.488$, $p=0.040$). Συμπεράσματα: Το μΠΦ που εφαρμόστηκε, βρέθηκε ότι ήταν υπομέγιστης έντασης, και δεν ήταν ικανό να επηρεάσει την HRV των αθλητριών. Το recovery status των αθλητριών ήταν ικανοποιητικό, με βάση τις τιμές της μRPR. Επιπλέον, το CMJ φάνηκε να αποτελεί λιγότερο ευαίσθητο δείκτη στις

μεταβολές του ΠΦ, σε σχέση με την RPE. Τέλος, η καλή ποιότητα ύπνου, όπως δηλώθηκε από τις αθλήτριες, αποτυπώθηκε και στη λειτουργία του ΑΝΣ. Ωστόσο, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα και μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας, για την λήψη ασφαλέστερων και πιο εξειδικευμένων συμπερασμάτων, δεδομένου του πλήθους και της φύσης των παραμέτρων που αναλύθηκαν.

ABSTRACT

Training load (TL) is defined as any kind of training stimulus received by the athlete. Training load can be described as being either external or internal, depending if we are referring to measurable aspects occurring externally or internally to the athlete. Quality and quantity of exercise determine the external load, which is defined as the physical work prescribed in the training program. Internal load refers to all the psychophysiological responses that external load causes to the athlete. Rate of perceived exertion (RPE) is a scale that measures internal load in athletes. Rate of perceived recovery (RPR) is, also, a scale that assesses the athlete's ability to exercise the following day, and in that way, it can be an additional tool for studying their adaptability to training stress in the short period of the night between two training sessions.

In team sports, such as volleyball, the application of appropriate training loads (TL) has been a main subject of research in recent years, in order to maximize athletes' performance and to avoid overtraining and injuries. Therefore, monitoring TL in combination with examining other parameters, such as, fatigue and well-being parameters, autonomous nervous system (ANS) function, neuromuscular adaptations and sleep quality, can give useful information that help coaches achieve that goal.

Vertical jump is a key skill in volleyball, as it is used in attacking, blocking and serving. As a result, countermovement jump (CMJ) is important to be included in the training plan, and to be quantified in each microcycle, as competitions usually take place at the end of the week. CMJ is, however, considered as an index to evaluate neuromuscular adaptations in volleyball, as it can be used to assess the power of the lower limbs. Several studies have examined the relationship between CMJ and TL, finding, however, conflicting results.

The Autonomic Nervous System (ANS) consists of Sympathetic and Parasympathetic Nervous System. Sympathetic Nervous System is related to situations of tension ("fight or flight"). On the contrary, Parasympathetic Nervous System is related to states of calmness ("resting or digesting"). Heart does not beat like a metronome, but it adapts based on the stimuli it receives from the environment. Heart Rate Variability (HRV) refers to the variation in the time interval between successive heartbeats. It is considered as an important indicator for evaluating the ability of the ANS to regulate cardiac function, when it receives physical and psychological stimuli. High HRV measures have been related to a generally better state of health, as it shows that heart has the ability to better adapt to these stimuli. HRV is calculated by measuring certain parameters, which are studied either through time analysis or through spectral (frequency) analysis. As far as time analysis is concerned, the main parameters are: a) RMSSD (square root of the mean value of the sum of the squares of

the differences between consecutive heartbeats), b) NN50 (the number of consecutive N-N intervals with a difference of more than 50ms), as well as its percentage expression (%) (pNN50), and c) NN100 (the number of consecutive N-N intervals with a difference of more than 100ms), as well as its percentage expression (%) (pNN100). The above parameters are related to parasympathetic function. Several studies have also used R-R intervals (the mean value of the R-R intervals), as well as SDNN (the standard deviation of the N-N intervals). Frequency domain analysis (spectral analysis) estimates the distribution of the absolute or relative power of the signal in 4 frequency bands (Ultra Low Frequencies – ULF, Very Low Frequencies – VLF, Low Frequencies – LF, High Frequencies – HF). Finally, the Poincaré graph (SD1, SD2), which is a method based on non-linear dynamics, is also, commonly used. In sports, HRV is considered an indicator of the athlete's adaptability to training stimuli. A significant number of studies involving swimming, rugby, american football, and soccer has shown that when high training loads were applied to athletes, HRV was negatively affected. In volleyball, HRV can be a useful tool for the coaches to properly organize training loads during the season, in order to avoid overtraining and injury of their athletes.

Sleep is a necessary element, both for recovery and performance in sports. Sleep quality can be affected by various factors, which are connected with athletes' psychology or their daily habits. More specifically, high competition, demanding training programs, or anxiety about upcoming matches, are quite stressful factors, which in turn affect athletes' sleep quality. In addition, difficult training hours, late-night games, and also continuous trips, can have a negative impact in athletes' sleep. Finally, daily habits before sleep, such as exposure to artificial light, as well as dietary habits, can affect athletes' sleep quality. Sleep disorders can be expressed through insomnia, interrupted sleep, or through the difficulty in waking up in the morning, while in more serious cases, they can be expressed through obstructive sleep apnea, circadian rhythm disorders, or restless legs symptoms. As a consequence, athletes' sleep has shorter duration, that makes it insufficient and leads them to increased and prolonged fatigue during the day. The measurement of sleep quality often includes self-rated questionnaires, in which athletes present their subjective feeling in the evaluation part. Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) is one of the most widely used questionnaires, which assesses sleep quality and disturbances. It gives us information on 7 categories of sleep disorders, from which derive 7 separate scores. Their sum gives us the final score of the questionnaire.

Lack of research concerning correlations between all these parameters above, was the main reason why the present research was conducted. The objective of this study was to examine

the correlation between: TL and RPE , TL and RPR , TL and CMJ , TL and HRV , TL and Sleep , RPE and RPR , RPE and CMJ , RPE and HRV , RPE and Sleep , CMJ and RPR , CMJ and HRV , CMJ and Sleep , HRV and RPR , HRV and Sleep , Sleep and RPR.

Method: 27 elite 14-15 aged female volleyball players participated in this study. During their stay in a 20-day training camp for the final selection of the National team of Greece, TL, RPE and RPR were monitored on a daily basis, while CMJ, HRV and Sleep Quality were recorded at the end of the camp. Sleep quality evaluation was done by the athletes themselves, using Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) and Sleep and Memory (Clinic Version) Questionnaire. Mean TL (mTL), mean RPE (mRPE) and mean RPR (mRPR) were calculated. The Pearson's correlation test was used to verify the relationship between the parameters. Data were analyzed using SPSS software. The level of significance was less than 5% ($p < 0.05$). **Results:** A positive correlation was observed between mTL and mRPE ($r = 0.665$, $p = 0.005$). No correlation was observed between mTL and mRPR, nor between mRPE and mRPR. CMJ was positively correlated with PSQI general score ($r = 0.576$, $p = 0.031$). No correlation of HRV variables with mTL, nor with mRPE was observed. The LF/HF ratio was negatively correlated with mRPR ($r = -0.588$, $p = 0.027$) and positively correlated with the difficulty of athletes to stay awake in next day-social activities ($r = 0.563$, $p = 0.023$). SDNN, pNN50, RMSSD, SD1 and SD2 were negatively correlated with athletes' self-reported score in the question of PSQI that concerned sleep quality ($r = -0.568$, $p = 0.022$, $r = -0.642$, $p = 0.007$, $r = -0.556$, $p = 0.025$, $r = -0.559$, $p = 0.25$, $r = -0.572$, $p = 0.20$ respectively). Resting HR was positively correlated with the frequency of taking sleeping medication ($r = 0.806$, $p = 0.000$). The athletes' Fitness Level in CardioScan was positively correlated with the time they woke up in the morning ($r = 0.518$, $p = 0.028$) and negatively with the frequency of taking sleeping medication ($r = -0.488$, $p = 0.040$). **Conclusions:** The mTL applied was found to be of submaximal intensity, and was not able to affect HRV parameters. The athletes' recovery status was good, based on the mRPR values. In addition, CMJ appeared to be a less sensitive index to changes in TL than RPE. Finally, good sleep quality, as stated by the athletes, was also reflected in the ANS function. However, further research is needed in order to make safer and more specific conclusions, given the number and nature of the parameters analyzed.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πετοσφαίριση αποτελεί ένα ομαδικό άθλημα, του οποίου η σεζόν έχει μεγάλη χρονική διάρκεια. Για το λόγο αυτό, απαιτείται η κατάλληλη οργάνωση των προπονητικών προγραμμάτων στους επιμέρους μεσόκυκλους, με στόχο την καλύτερη δυνατή απόδοση των αθλητών, σε συνδυασμό με το χαμηλότερο δυνατό ρίσκο τραυματισμού (Andrade et al., 2018 , Aoki et al., 2017).

Προπονητικό Φορτίο (ΠΦ)

Κατ'αρχάς, ως φορτίο ορίζεται γενικά κάθε είδους επιβάρυνση που εφαρμόζεται στον αθλητή. (Soligard et al., 2016). Το προπονητικό φορτίο διακρίνεται σε εξωτερικό και εσωτερικό. Εξωτερικό φορτίο αποτελεί κάθε μετρήσιμη εξωτερική επιβάρυνση που δέχεται ο αθλητής, η οποία είναι ανεξάρτητη από εσωτερικά χαρακτηριστά του αθλητή (Impellizzeri et al., 2018, Soligard et al., 2016). Το εσωτερικό φορτίο αναφέρεται στις εσωτερικές αποκρίσεις που προκαλεί το εξωτερικό φορτίο στον αθλητή. Η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας, της γλυκόζης στο αίμα (Soligard et al., 2016), οι δείκτες κόπωσης (Herman et al., 2006, Haddad et al., 2017, Pereira et al., 2014), και αποκατάστασης (Osiecki et al., 2015), καθώς και η χρήση ερωτηματολογίων (Horta et al., 2019, Kallus et al., 2016, Rabbani et al., 2019), χρησιμοποιούνται συχνά για τον καθορισμό του εσωτερικού φορτίου.

Έχει φανεί ερευνητικά ότι η παρακολούθηση του προπονητικού φορτίου βοηθάει στον έλεγχο της σχέσης μεταξύ φόρτισης και κινδύνου για τραυματισμό του αθλητή. Για το λόγο αυτό, μέσω του ελέγχου του προπονητικού φορτίου, οι προπονητές ψάχνουν να βρουν το βέλτιστο όγκο προπόνησης, ώστε να πετύχουν την καλύτερη δυνατή απόδοση των αθλητών (Bourdon et al., 2017).

Συγκεκριμένα, στην πετοσφαίριση, απαιτείται η κατάλληλη οργάνωση του προπονητικού φορτίου, τόσο στην περίοδο προετοιμασίας, όσο και στην αγωνιστική περίοδο (Andrade et al., 2018 , Aoki et al., 2017). Σε αρκετές μελέτες, που διενεργήθηκαν σε ελίτ αθλητές πετοσφαίρισης, παρατηρήθηκε ότι το κύριο χαρακτηριστικό της περιόδου προετοιμασίας, ήταν τα υψηλά προπονητικά φορτία, στόχος των οποίων ήταν η γενική ανάπτυξη δύναμης, αντοχής και ταχύτητας. Αντίθετα, η αγωνιστική περίοδος περιλάμβανε χαμηλότερους προπονητικούς όγκους, εστίαζε στην ανάπτυξη τεχνικοτακτικών δεξιοτήτων και περισσότερων sport-specific χαρακτηριστικών (Clemente et al., 2019, Andrade et al., 2018 , Aoki et al., 2017 , Debien et al., 2018), καθώς οι αθλητές καλούνταν να ανταπεξέλθουν ταυτόχρονα στις απαιτήσεις των αγώνων και στα συνεχή ταξίδια (Andrade et al., 2018 , Clemente et al., 2019). Αρκετοί ερευνητές μέτρησαν τους δείκτες εσωτερικού φορτίου (με τη χρήση της κλίμακας RPE), καθώς και τους δείκτες ευεξίας, είτε με τη χρήση

ερωτηματολογίου Hooper (Mendes et al., 2018, Clemente et al., 2018, Clemente et al., 2019), είτε με τη χρήση της κλίμακας TQR (Horta et al., 2019, Berriel et al., 2020) κατά τη διάρκεια μιας ολόκληρης σεζόν, στις μελέτες των οποίων, οι υψηλότερες τιμές εσωτερικού καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της περιόδου προετοιμασίας. Αναφορικά με τους δείκτες ευεξίας, ωστόσο, με εξαίρεση το στρες, δεν υπήρχε σύμπτωση ευρημάτων στις υπόλοιπες κατηγορίες (DOMS, Κόπωση, Ύπνος). Όσον αφορά το ψυχολογικό στρες, παρατηρήθηκαν αυξημένα επίπεδα στους αθλητές κατά την τελευταία περίοδο της σεζόν, εκεί όπου βρίσκονταν τα σημαντικότερα παιχνίδια (Clemente et al., 2019, Clemente et al., 2018, Horta et al., 2019). Σε αρκετές μελέτες βρέθηκε, επίσης, ότι το recovery status των αθλητών στο τέλος κάθε εβδομάδας ήταν χαμηλότερο κατά την περίοδο προετοιμασίας σε σχέση με την αγωνιστική περίοδο (Andrade et al., 2018, Freitas et al., 2014). Αλλά και κατά την αγωνιστική περίοδο, το recovery status των αθλητών ήταν σημαντικά χαμηλότερο στο τέλος της εβδομάδας, όπου υπήρχε και η επιβάρυνση των αγώνων, σε σύγκριση με την αρχή της εβδομάδας (Andrade et al., 2018). Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να υπάρχει ισορροπία μεταξύ των περιόδων προπόνησης και των περιόδων αποκατάστασης, έτσι ώστε οι αθλητές να προλαβαίνουν να ανακτήσουν δυνάμεις (Andrade et al., 2018, Clemente et al., 2019).

Κατακόρυφο Άλμα με Προφόρτιση (Countermovement jump – CMJ)

Βασική δεξιότητα στην πετοσφαίριση αποτελεί το Countermovement Jump (CMJ), δηλαδή το κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση, καθώς χρησιμοποιείται στην επίθεση, στο μπλοκ και στο σερβίς. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντική η ένταξή του στον προπονητικό σχεδιασμό, καθώς και η ανάγκη για ποσοτικοποίησή του σε κάθε μικρόκυκλο, δεδομένου ότι στο τέλος της εβδομάδας συνήθως λαμβάνουν χώρα αγώνες (Lima et al., 2020).

Το CMJ χρησιμοποιείται, ωστόσο, και ως δείκτης αξιολόγησης νευρομυικών προσαρμογών στην πετοσφαίριση, καθώς με αυτό μπορεί να αξιολογηθεί η μυική ισχύς των κάτω άκρων των αθλητών (Carroll et al., 2017, Rousanoglou et al., 2013). Αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει τη σχέση του CMJ με το ΠΦ, βρίσκοντας, ωστόσο, αντιφατικά αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, οι Horta και Ferioli δεν παρατήρησαν στατιστικά σημαντική διαφορά στο CMJ, παράλληλα την αύξηση του ΠΦ, σε αθλητές πετοσφαίρισης και καλαθοσφαίρισης αντίστοιχα (Horta et al., 2019, Ferioli et al., 2018). Στην πετοσφαίριση, ωστόσο, πλήθος μελετών που ασχολήθηκαν με αθλητές υψηλού επιπέδου, έδειξε στατιστικά σημαντική αύξηση του CMJ με τις μεταβολές του ΠΦ (Aoki et al., 2017, Berriel et al., 2020, Debien et al., 2018). Σύμφωνα με τους παραπάνω βρέθηκε και ο Mroczek, ο οποίος εφάρμοσε παρέμβαση με πλειομετρική προπόνηση σε αθλητές πετοσφαίρισης και φάνηκε στατιστικά σημαντική αύξηση στο CMJ, το οποίο χρησιμοποιήθηκε μεταξύ άλλων ως δείκτης

αξιολόγησης της εκρηκτικότητας των κάτω άκρων των αθλητών (Mroczek et al., 2017).

Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού (Heart Rate Variability – HRV)

Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ) διακρίνεται σε Συμπαθητικό και Παρασυμπαθητικό Νευρικό Σύστημα. Η διέγερση του Συμπαθητικού Ν.Σ. σχετίζεται με καταστάσεις έντασης (“μάχης ή φυγής”). Το Παρασυμπαθητικό Ν.Σ., αντίθετα, σχετίζεται με καταστάσεις ηρεμίας (“ξεκούρασης ή πέψης”). Κατά τη διέγερσή του, ο οργανισμός προσπαθεί να αποκαταστήσει ή να διατηρήσει τις εφεδρείες του (Gibbons et al., 2019 , Benarroch et al., 2020 , Singh et al., 2018).

Η καρδιά, λοιπόν, δε χτυπάει με σταθερό ρυθμό, αλλά προσαρμόζεται με βάση τα ερεθίσματα που δέχεται από το εξωτερικό περιβάλλον. Η Μεταβλητότητα του Καρδιακού Ρυθμού (Heart Rate Variability – HRV) αναφέρεται στη διαφοροποίηση του χρονικού διαστήματος μεταξύ των διαδοχικών καρδιακών παλμών (Dong et al., 2016). Θεωρείται σημαντικός δείκτης αξιολόγησης της ικανότητας του ΑΝΣ να ρυθμίσει την καρδιακή λειτουργία, όταν αυτό δέχεται σωματικά και ψυχολογικά ερεθίσματα. Η υψηλή HRV έχει συνδεθεί με μια γενικά καλύτερη κατάσταση υγείας, καθώς μας δείχνει ότι ο οργανισμός έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται καλύτερα σε αυτά τα ερεθίσματα (Kim et al., 2018, Dong et al., 2016).

Ο υπολογισμός της HRV γίνεται με τη μέτρηση ορισμένων παράμετρων, οι οποίες μελετώνται είτε μέσω της time analysis είτε μέσω της spectral (frequency) analysis. Όσον αφορά την time analysis, οι κυριότερες είναι: α) η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής του συνόλου των τετραγώνων των διαφορών ανάμεσα σε διαδοχικούς καρδιακούς παλμούς (RMSSD), β) ο αριθμός των διαδοχικών διαστημάτων N-N με διαφορά μεγαλύτερη από 50ms (NN50), καθώς και η ποσοστιαία έκφραση αυτού (pNN50), και γ) ο αριθμός των διαδοχικών διαστημάτων N-N με διαφορά μεγαλύτερη από 100ms (NN100), καθώς και η ποσοστιαία έκφραση αυτού (pNN100). Οι παραπάνω παράμετροι σχετίζονται με τη λειτουργία του Παρασυμπαθητικού Ν.Σ. Σημαντικός αριθμός μελετών έχει χρησιμοποιήσει, επίσης, τη μέση τιμή των αποστάσεων R-R (Mean R-R Interval), καθώς και την τυπική απόκλιση των διαστημάτων N-N (SDNN) (Kim et al., 2018, Singh et al., 2018 , D'Ascenzi et al., 2013). Οι μετρήσεις στον τομέα συχνοτήτων (spectral analysis) εκτιμούν την κατανομή της απόλυτης ή σχετικής ισχύος του σήματος σε 4 ζώνες συχνοτήτων (Ultra Low Frequences – ULF, Very Low Frequences – VLF, Low Frequences – LF, High Frequences – HF) (Berntson et al., 1997). Χρησιμοποιείται, τέλος, το γράφημα Poincaré (SD1, SD2), το οποίο αποτελεί μέθοδο, που βασίζεται σε μη γραμμική δυναμική (Kim et al., 2018 , Singh et al., 2018 , D'Ascenzi et al., 2013).

Στον αθλητισμό, η HRV θεωρείται δείκτης προσαρμοστικότητας του αθλητή στα προπονητικά ερεθίσματα. Σημαντικός αριθμός μελετών, οι οποίες ασχολήθηκαν με αθλητές κολύμβησης, ράγκμπι, αμερικάνικου ποδοσφαίρου και soccer, έδειξε ότι όταν οι αθλητές δέχονταν υψηλά ΠΦ, επηρεαζόταν αρνητικά η HRV. Συγκεκριμένα, εμφανίστηκε αρνητική συσχέτιση του ΠΦ με τον lnRMSSD, ο οποίος αποτελεί δείκτη του παρασυμπαθητικού ελέγχου της καρδιάς (Flatt et al., 2017a, Flatt et al., 2019, Flatt, 2020). Αντίστοιχα, η μείωση του ΠΦ, είχε θετική επίδραση στην HRV (Flatt et al., 2017a). Αντιθέτως, μελέτη που ασχολήθηκε με επαγγελματίες αθλητές futsal, οι οποίοι δέχονταν υπομέγιστα ΠΦ, δεν έδειξε συσχέτιση μεταξύ ΠΦ και εβδομαδιαίου lnRMSSD (Flatt et al., 2017b). Σε αρκετές μελέτες βρέθηκε αρνητική συσχέτιση του lnRMSSD και με ορισμένους δείκτες εσωτερικού φορτίου, όταν οι αθλητές δέχονταν υψηλά εξωτερικά φορτία (Flatt et al., 2017a, Flatt et al., 2017b), κάτι το οποίο δεν συνέβη στις υπομέγιστες εντάσεις εξωτερικών φορτίων (Nakamura et al., 2016).

Στην πετοσφαίριση, συγκεκριμένα, η HRV μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για τους προπονητές στο να οργανώσουν κατάλληλα το προπονητικό φορτίο κατά τη διάρκεια της σεζόν, με στόχο την αποφυγή υπερπροπόνησης και τραυματισμού των αθλητών τους (Hernandez-Cruz et al., 2017). Μελέτη των Hernandez-Cruz et al (2017) κατέδειξε αυξημένη επίδραση των συνεχόμενων αγώνων στην HRV σε αθλητές πετοσφαίρισης. Μελέτη των Liao et al (2022), στην οποία μετρήθηκε η HRV σε αθλήτριες πετοσφαίρισης κατά τη διάρκεια τριών επιμέρους περιόδων της σεζόν, με διαφορετικές εντάσεις ΠΦ στην καθεμία, έδειξε, επίσης, συσχέτιση μεταξύ ΠΦ και HRV, με κύριο κύριο εκφραστή το δείκτη SDNN ως προς την time analysis και την LF ως προς τη spectral analysis. Σημαντικός, ωστόσο, αριθμός μελετών έχει ασχοληθεί τόσο με τη σύγκριση της HRV σε προαγωνιστική και αγωνιστική περίοδο (Podstawski et al., 2014), όσο και με την επίδραση ενός αγώνα στην HRV σε αθλητές διαφορετικών ηλικιακών κατηγοριών (Edmonds et al., 2021), χωρίς να διαφαίνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές σε καμία από αυτές.

Ύπνος

Ο ύπνος αποτελεί απαραίτητο συστατικό, τόσο για την αποκατάσταση (Closs et al., 2019), όσο και την απόδοση στους αθλητές (Brandt et al., 2017). Η ποιότητά του μπορεί να επηρεαστεί από ποικίλους παράγοντες, οι οποίοι αφορούν άλλοτε την ψυχολογία των αθλητών κι άλλοτε την καθημερινότητά τους. Πιο συγκεκριμένα, ο υψηλός ανταγωνισμός, οι απαιτητικές προπονήσεις (Doherty et al., 2021), αλλά και το άγχος για τους επερχόμενους αγώνες (Juliff et al., 2015), αποτελούν αρκετά στρεσογόνους παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν με τη σειρά τους και την ποιότητα του ύπνου στους αθλητές. Επιπλέον, οι

δύσκολες ώρες προπονήσεων, η ύπαρξη αγώνων αργά το βράδυ (Fullagar et al., 2016), αλλά και τα συνεχόμενα ταξίδια, στα οποία υποβάλλονται συστηματικά οι αθλητές (Fawler et al., 2016, Fawler et al., 2015), μπορούν να επιφέρουν διαταραχές στον ύπνο τους. Επιπλέον, καθημερινές συνήθειες πριν τον ύπνο, όπως η έκθεση σε τεχνητό φως (οθόνη κινητού, laptop, κλπ.) (Cajochen et al., 2011, Exelmans et al., 2016), καθώς και διατροφικές συνήθειες (Jeukendrup et al., 2017), μπορούν να επηρεάσουν τον ύπνο των αθλητών.

Η διαταραχή ύπνου μπορεί να εκφραστεί μέσα από μια απλή αϋπνία, έναν διακοπτόμενο ύπνο, αλλά και από τη δυσκολία για πρωινή έγερση, ενώ σε πιο σοβαρές περιπτώσεις εμφανίζεται αποφρακτική άπνοια ύπνου (obstructive sleep apnea), διαταραχή του κικκάδιου ρυθμού, καθώς και σύνδρομο ανήσυχων ποδιών (restless legs symptoms). Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η ύπαρξη ενός ύπνου μικρότερης χρονικής διάρκειας, γεγονός που τον καθιστά ανεπαρκή και οδηγεί τον αθλητή σε αυξημένη και παρατεταμένη κόπωση κατά τη διάρκεια της ημέρας (Malhotra et al., 2017). Η μέτρηση της ποιότητας του ύπνου πραγματοποιείται συχνά με τη χρήση ερωτηματολογίων, στα οποία οι αθλητές παρουσιάζουν την υποκειμενική τους αίσθηση στο κομμάτι της αξιολόγησης (Mollayeva et al., 2016, Fabbri et al., 2021). Το Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) αποτελεί ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα ερωτηματολόγια, καθώς μας δίνει πληροφορίες για 7 υποκατηγορίες δυσκολιών στον ύπνο, από τις οποίες προκύπτουν αντίστοιχα 7 ξεχωριστές βαθμολογίες από 0-3 (όπου 0: ανυπαρξία προβλήματος, όπου 3: ύπαρξη σοβαρού προβλήματος). Το άθροισμά τους μας δίνει και το τελικό σκορ του ερωτηματολογίου (Buysse et al., 1989).

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Στην πετοσφαίριση, ελάχιστη βιβλιογραφία στο παρελθόν έχει συμπεριλάβει σε μία μελέτη ανάλογο πλήθος παραμέτρων για την εύρεση συσχετίσεων μεταξύ τους, όπως το ΠΦ, οι δείκτες κόπωσης και ευεξίας, η αλματική ικανότητα, οι παράμετροι της HRV και ο ύπνος. Επιπλέον, η πλειοψηφία των προγενέστερων μελετών αναφερόταν σε ενήλικες αθλήτριες, ενώ δεν υπήρχε σχετική βιβλιογραφία, που να αφορά σε αθλήτριες εφηβικής ηλικίας.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των εξής παραμέτρων:

- Του προπονητικού φορτίου (ΠΦ)
- Της κόπωσης των αθλητριών (Rate of Perceived Exertion – RPE)
- Της ικανότητας των αθλητριών για προπόνηση την επόμενη ημέρα (Rate of

Perceived Recovery – RPR)

- Των νευρομυκικών προσαρμογών των κάτω άκρων, με κύριο εκφραστή το κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση (Countermovement Jump – CMJ)
- Της μεταβλητότητας καρδιακού ρυθμού των αθλητριών (Heart Rate Variability – HRV)
- Του ύπνου των αθλητριών.

Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκε η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ:

ΠΦ και RPE , ΠΦ και RPR , ΠΦ και CMJ , ΠΦ και HRV , ΠΦ και ύπνου , RPE και RPR , RPE και CMJ , RPE και HRV , RPE και ύπνου , CMJ και RPR , CMJ και HRV , CMJ και ύπνου , HRV και RPR , HRV και ύπνου , ύπνου και RPR.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ΠΦ και RPE;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ΠΦ και RPR;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ΠΦ και CMJ;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ΠΦ και HRV;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ΠΦ και ύπνου;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ RPE και RPR;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ RPE και CMJ;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ RPE και HRV;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ RPE και ύπνου
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ CMJ και RPR;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ CMJ και HRV;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ CMJ και ύπνου;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ HRV και RPR;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ HRV και ύπνου;
- ➔ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ύπνου και RPR;

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

- Το δείγμα, που χρησιμοποιήθηκε, αφορά αθλήτριες 14-15 ετών, συνεπώς τα αποτελέσματα περιορίζονται σε αυτήν την ηλικιακή ομάδα και δεν μπορούν να έχουν εφαρμογή σε μεγαλύτερες ηλικίες.
- Οι αθλήτριες προέρχονταν από προπονήσεις που γίνονταν σε επίπεδο σωματείου, συνεπώς δεν είχαμε τη δυνατότητα να γνωρίζουμε και να ελέγχουμε το προηγούμενο προπονητικό τους πρόγραμμα.

- Η μικρή χρονική διάρκεια του προπονητικού κοινοβίου.

ΣΗΜΑΣΙΑ

Στην παρούσα έρευνα, η μελέτη συδυαστικά του ΠΦ, των δεικτών κόπωσης και ευεξίας, της αλματικής ικανότητας, της HRV, αλλά και του ύπνου, σε αθλήτριες πετοσφαίρισης, μας έδωσε χρήσιμες πληροφορίες, τις οποίες μπορούν να αξιοποιήσουν οι προπονητές, για να οργανώσουν κατάλληλα τις προπονήσεις των αθλητών, κατά τη διάρκεια προπονητικών κοινοβίων, με στόχο την επίτευξη των μέγιστων δυνατών προσαρμογών, αλλά και την αποφυγή υπερπροπόνησης και τραυματισμού. Η εφηβική ηλικία των αθλητριών καθιστά τη σημαντικότητα της έρευνας ακόμα μεγαλύτερη, καθώς δίνεται με αυτό τον τρόπο έμφαση στο αναπτυξιακό κομμάτι της πετοσφαίρισης στην Ελλάδα. Επιπλέον, η έννοια του ύπνου, η οποία εισήχθη στην παρούσα μελέτη, καθώς και η σχέση της με τις υπόλοιπες παραμέτρους, είναι κι αυτό ένα νέο στοιχείο, το οποίο δεν έχει ερευνηθεί εκτενώς στο παρελθόν.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η άσκηση προκαλεί ποικίλες ψυχολογικές και φυσιολογικές αντιδράσεις, οι οποίες με τη σειρά τους οδηγούν σε κυτταρικές προσαρμογές στα οργανικά συστήματα των αθλητών. Οι προπονητές, λοιπόν, έχοντας ως στόχο τη μεγιστοποίηση αυτών των προσαρμογών, χρειάστηκε να ποσοτικοποιήσουν το φορτίο που εφάρμοζαν στους αθλητές τους, για τον ακριβέστερο έλεγχο του (Impellizeri et al., 2018).

Προπονητικό Φορτίο (ΠΦ)

Ως φορτίο ορίζεται γενικά η επιβάρυνση που εφαρμόζεται είτε σε ενδοκυτταρικό επίπεδο, είτε στο ίδιο το κύτταρο, είτε σε ιστούς, σε συστήματα οργάνων, ακόμα και στον ίδιο τον αθλητή ως ολότητα. Η επιβάρυνση αυτή μπορεί να είναι συνδυασμός αθλητικών ή μη αθλητικών στρεσογόνων παραγόντων (Soligard et al., 2016).

Το προπονητικό φορτίο διακρίνεται σε εξωτερικό και εσωτερικό. Ως εξωτερικό φορτίο ορίζεται κάθε μετρήσιμη εξωτερική επιβάρυνση που δέχεται ο αθλητής, η οποία είναι ανεξάρτητη από εσωτερικά χαρακτηριστά του αθλητή (Soligard et al., 2016). Το εξωτερικό φορτίο καθορίζεται από την ποσότητα και την ποιότητα της άσκησης που περιλαμβάνεται στο προπονητικό πρόγραμμα του αθλητή. Για παράδειγμα, σε μια προπόνηση αντιστάσεων, το εξωτερικό φορτίο μπορεί να είναι τα κιλά που σηκώνει ο αθλητής. Σε ομαδικά αθλήματα, μπορεί να είναι η συνολική απόσταση που διανύθηκε ή το metabolic power (Impellizeri et al., 2018). Το εσωτερικό φορτίο αναφέρεται στις εσωτερικές αποκρίσεις που προκαλεί το

εξωτερικό φορτίο στον αθλητή. Η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας, της γλυκόζης στο αίμα, (Soligard et al., 2016) η χρήση της κλίμακας RPE (Rate of Perceived Exertion) (Rebelo et al., 2023 , Herman et al., 2006 , Haddad et al., 2017 , Pereira et al., 2014), της κλίμακας TQR (Total Quality Recovery) (Osiecki et al., 2015), καθώς και η χρήση ερωτηματολογίων, όπως το RESTQ-Sport (Horta et al., 2019, Kallus et al., 2016) και το ερωτηματολόγιο Hooper (Rabbani et al., 2019), χρησιμοποιούνται συχνά για τον καθορισμό του εσωτερικού φορτίου. Επιπλέον, είναι σημαντικό, εσωτερικό και εξωτερικό φορτίο να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό το ένα με το άλλο για ακριβέστερα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, μπορεί ένας αθλητής να εκτελεί ακριβώς το ίδιο προπονητικό πρόγραμμα επαναλαμβανόμενα για κάποιες μέρες, αλλά να παρουσιάζει διαφορετικές τιμές στην Κ.Σ. και στην κλίμακα RPE, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το εσωτερικό φορτίο. Αυτό μπορεί να εξαρτάται από κούραση, συναισθηματικές φορτίσεις, ασθένεια κλπ. (Bourdon et al., 2017). Μελέτες έχουν δείξει ότι η καταγραφή του προπονητικού φορτίου βοηθάει στον καλύτερο έλεγχο της σχέσης μεταξύ φόρτισης και κινδύνου για τραυματισμό του αθλητή. Για το λόγο αυτό, μέσω του ελέγχου του προπονητικού φορτίου, οι προπονητές αναζητούν το βέλτιστο όγκο προπόνησης, ώστε να πετύχουν την καλύτερη δυνατή απόδοση των αθλητών, καθώς από τη μια είναι γνωστό ότι η σκληρή προπόνηση είναι απαραίτητη για τις απαιτήσεις αθλητών υψηλού επιπέδου, όμως η υπερβολικά υψηλή φόρτιση αυξάνει τον κίνδυνο τραυματισμού. Η κούραση από την προπόνηση οδηγεί σε μειωμένη ανάπτυξη μυϊκής δύναμης, κι αυτό με τη σειρά του αυξάνει τα φορτία που ασκούνται στους ιστούς, επιφέρει προσαρμογές στην κινηματική των αρθρώσεων και στη νευρομυϊκή ανατροφοδότηση και μειώνει τη σταθερότητα των αρθρώσεων, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο τον κίνδυνο τραυματισμού ή υπέρχρησης (Bourdon et al., 2017).

Συγκεκριμένα, στην πετοσφαίριση, όπου η σεζόν έχει μεγάλη χρονική διάρκεια, απαιτείται η κατάλληλη οργάνωση του προπονητικού φορτίου στις επιμέρους περιόδους (περίοδος προετοιμασίας και αγωνιστική περίοδος) (Andrade et al., 2018 , Aoki et al., 2017). Η Freitas έδειξε ότι με την αύξηση του εξωτερικού ΠΦ σε μια μικρή περίοδο προετοιμασίας αθλητών πετοσφαίρισης, διάρκειας 11 ημερών (η οποία ήταν μέρος μιας ευρύτερης περιόδου συνολικής διάρκειας 25 ημερών) παρατηρήθηκαν: αύξηση του εσωτερικού φορτίου (μέσω της κλίμακας RPE), αλλαγές στις τιμές του RESTQ-Sport, καθώς και μείωση στις τιμές της κλίμακας TQR (Total Quality Recovery). (Freitas et al., 2014) Σε άλλη έρευνα που διενεργήθηκε σε ελίτ αθλητές πετοσφαίρισης, παρατηρήθηκε ότι το κύριο χαρακτηριστικό της 1ης από τις τρεις περιόδους της σεζόν (διάρκειας 11 μηνών η καθεμία), ήταν τα υψηλά προπονητικά φορτία, στόχος των οποίων ήταν η γενική ανάπτυξη δύναμης, αντοχής και ταχύτητας. Αντίθετα η 3η περίοδος περιλάμβανε πιο εξειδικευμένη προπόνηση σε

τεχνικοτακτικές δεξιότητες και στην ανάπτυξη των sport-specific χαρακτηριστικών (Clemente et al., 2019). Και σε άλλες μελέτες, στις οποίες συμμετείχαν ελίτ αθλητές πετοσφαίρισης, παρατηρήθηκαν επίσης μεγαλύτεροι όγκοι προπόνησης κατά την περίοδο προετοιμασίας, σε σύγκριση με την αγωνιστική περίοδο (Andrade et al., 2018 , Aoki et al., 2017 , Debien et al., 2018). Αυτό μπορεί να εξηγηθεί και από το γεγονός ότι κατά την αγωνιστική περίοδο οι αθλητές καλούνται ταυτόχρονα να ανταπεξέλθουν και στις απαιτήσεις των αγώνων, αλλά και στη συνοδή κόπωση από τα συνεχή ταξίδια (Andrade et al., 2018 , Clemente et al., 2019). Στη μελέτη του Andrade βρέθηκε, επίσης, ότι το recovery status των αθλητών στο τέλος κάθε εβδομάδας ήταν χαμηλότερο κατά την περίοδο προετοιμασίας σε σχέση με την αγωνιστική περίοδο, σύμφωνα με τη χρήση της κλίμακας TQR. Αλλά και κατά την αγωνιστική περίοδο, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο recovery status των αθλητών στο τέλος της εβδομάδας, σε σύγκριση με την αρχή της εβδομάδας. Αυτό συμβαίνει γιατί στο τέλος της εβδομάδας υπάρχει και η επιβάρυνση των αγώνων (Andrade et al., 2018). Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να υπάρχει ισορροπία μεταξύ των περιόδων προπόνησης και των περιόδων αποκατάστασης, έτσι ώστε οι αθλητές να προλαβαίνουν να ανακτήσουν δυνάμεις (Andrade et al., 2018 , Clemente et al., 2019).

Ο Mendes, συγκεκριμένα, μελετώντας ελίτ Βραζιλιάνους πετοσφαιριστές, μέτρησε τους δείκτες εσωτερικού φορτίου με τη χρήση της κλίμακας RPE, καθώς και τους δείκτες ευεξίας (Στρες, Κόπωση, DOMS, Ποιότητα ύπνου) με τη χρήση του ερωτηματολογίου Hooper, τόσο σε καθημερινή όσο και σε εβδομαδιαία βάση, κατά τη διάρκεια μιας ολόκληρης σεζόν, διάρκειας 36 εβδομάδων. Οι εβδομάδες, λοιπόν, κατηγοριοποιήθηκαν με βάση τον αριθμό των αγώνων. Συνεπώς, η 1η περίοδος αποτελούνταν από τις “εβδομάδες προετοιμασίας”, στις οποίες δεν υπήρχε κανένας αγώνας. Η 2η περίοδος αποτελούνταν από τις “κανονικές εβδομάδες”, στις οποίες υπήρχε 1 αγώνας και πάνω από 5 ημέρες ανάμεσα στους αγώνες. Τέλος, η 3η περίοδος αποτελούνταν από τις “συμφορημένες εβδομάδες”, στις οποίες υπήρχαν 2 ή παραπάνω αγώνες και λιγότερες από 4 ημέρες ανάμεσά τους. Όσον αφορά την κατανομή του προπονητικού φορτίου (ΠΦ), φάνηκε ότι σε κάθε εβδομάδα προετοιμασίας, αυτό είχε μια κυματοειδή μορφή, ενώ κατά τη 2η περίοδο είχε τις υψηλότερες τιμές του στην αρχή κάθε εβδομάδας και μειωνόταν στις μέρες πριν τον αγώνα. Τέλος, στις συμφορημένες εβδομάδες, όπου υπήρχαν συνολικά λιγότερες ημέρες προπόνησης, το ΠΦ πριν τον αγώνα ήταν ίσο ή χαμηλότερο σε σχέση με το αντίστοιχο των κανονικών εβδομάδων, ενώ το ΠΦ μετά τον αγώνα ήταν υψηλότερο σε σχέση με το αντίστοιχο των κανονικών εβδομάδων. Αναφορικά με τους δείκτες ευεξίας του ερωτηματολογίου Hooper, στις κανονικές εβδομάδες η ημέρα του αγώνα ήταν εκείνη στην

οποία οι αθλητές είχαν την καλύτερη κατάσταση ευεξίας, σε σχέση με την υπόλοιπη εβδομάδα, δεδομένου ότι η όλη οργάνωση της εβδομάδας είχε ως στόχο την προετοιμασία τους για τον αγώνα. Ωστόσο, στις συμφορημένες εβδομάδες, η ύπαρξη πολλών αγώνων είχε αρνητικό αντίκτυπο στους δείκτες ευεξίας για αρκετές ημέρες (Mendes et al., 2018). Ο Clemente, ωστόσο, σε μελέτη στην οποία μετρούσε κι αυτός τους δείκτες εσωτερικού φορτίου καθώς και τους δείκτες ευεξίας και σε καθημερινή αλλά και σε εβδομαδιαία βάση κατά τη διάρκεια μιας ολόκληρης σεζόν, διάρκειας 9 μηνών, σε ελίτ αθλητές πετοσφαίρισης, κατέγραψε τις υψηλότερες τιμές του στρες στις ημέρες των αγώνων, σε σχέση με τις ημέρες προπονήσεων. Παρόλα αυτά, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές μυϊκού πόνου (DOMS), ποιότητας ύπνου και κόπωσης ανάμεσα στις ημέρες προπονήσεων και στις ημέρες αγώνων. Γενικά, οι εβδομαδιαίες τιμές εσωτερικού προπονητικού φορτίου (wRPE) ήταν υψηλότερες κατά τον 1ο μήνα σε σχέση με τον 9ο. Σχετικά με τις κατηγορίες ευεξίας (Στρες, Κόπωση, DOMS, Ποιότητα ύπνου), παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις εβδομαδιαίες τιμές μυϊκού πόνου (wDOMS) μεταξύ των 9 μηνών της σεζόν. Δεν παρατηρήθηκαν, ωστόσο, στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές wSleep quality, wFatigue και wStress. Παρατηρήθηκε, επίσης ισχυρότερη συσχέτιση μεταξύ των εβδομαδιαίων τιμών wRPE και των κατηγοριών ευεξίας, παρά των ημερήσιων τιμών daily-RPE και των κατηγοριών ευεξίας. Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκε μεσαία προς υψηλή συσχέτιση μεταξύ wRPE και wDOMS κατά τους πρώτους 6 μήνες της σεζόν. Βρέθηκε, επίσης, μεσαία συσχέτιση μεταξύ wRPE και wSleep quality κατά τους πρώτους 5 μήνες της σεζόν και κατά τον 8ο μήνα, καθώς και μεσαία προς υψηλή συσχέτιση ανάμεσα σε wRPE και wStress στην ίδια χρονική περίοδο (Clemente et al., 2018). Σε παρόμοια μελέτη, στην οποία μετρήθηκαν: wAL (weekly Acute Load), wCL (weekly Chronic Load), wACWL (weekly Acute:Chronic WorkLoad), καθώς και wTM (weekly Training Monotony), βρέθηκε ισχυρότερη συσχέτιση των παραμέτρων ευεξίας με το wAL, παρά με wCL, wACWL και wTM (Clemente et al., 2019). Πιο συγκεκριμένα, για το ψυχολογικό στρες, παρατηρήθηκαν αυξημένα επίπεδα στους αθλητές πετοσφαίρισης κατά την τελευταία περίοδο της σεζόν, εκεί όπου βρίσκονται τα σημαντικότερα παιχνίδια. Ωστόσο, οι αυξημένες τιμές στρες δεν επηρέασαν την ποιότητα του ύπνου. Στη συγκεκριμένη μελέτη, οι υπόλοιπες κατηγορίες ευεξίας (wSleep, wFatigue και wDOMS) δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών περιόδων της σεζόν (Clemente et al., 2019). Παρόμοια ευρήματα σχετικά με το ψυχολογικό στρες είχε και μελέτη, στην οποία παρατηρήθηκαν αυξημένα επίπεδα στο τέλος της σεζόν, κάτι που δεν αποτυπώθηκε στη σχέση wRPE με τις τιμές ευεξίας, καθώς η τελική φάση της σεζόν χαρακτηρίζεται από μειωμένες ώρες προπόνησης, άρα και μειωμένα προπονητικά φορτία. Ενδεχομένως να οφείλεται, ωστόσο, στη συμμετοχή

των αθλητών στους τελικούς του πρωταθλήματος και στη σημαντικότητα αυτών των αγώνων (Clemente et al., 2018). Άλλη μελέτη, που έγινε σε ελίτ βραζιλιάνους αθλητές πετοσφαίρισης, έδειξε ότι το στρες αυξήθηκε στο τέλος της περιόδου προετοιμασίας, διάρκειας 4 εβδομάδων. Ωστόσο, σύμφωνα με το RESTQ-Sport που χρησιμοποιήθηκε από τους αθλητές, παρατηρήθηκε αύξηση μόνο σε 4 από τις 19 κατηγορίες υποκειμενικού άγχους και αίσθησης αποκατάστασης (κοινωνικό άγχος, αίσθηση επιτυχίας, τραυματισμός, ευεξία). Το RESTQ-Sport είναι ένα ερωτηματολόγιο αξιολόγησης του ψυχολογικού άγχους και της υποκειμενικής αίσθησης αποκατάστασης του αθλητή. Συμπεριλαμβάνει και γενικές διαστάσεις του στρες και της αποκατάστασης, αλλά και πιο ειδικές κατηγορίες σωματικών, συναισθηματικών, συμπεριφορικών και κοινωνικών πτυχών του άγχους, καθώς και του recovery status (Horta et al., 2019). Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε και σε μια άλλη μελέτη, στην οποία συμμετείχαν επαγγελματίες Βραζιλιάνοι αθλητές πετοσφαίρισης A1 κατηγορίας, σε μια περίοδο συνολικής διάρκειας 16 εβδομάδων (περίοδος προετοιμασίας διάρκειας 7 εβδομάδων και προ-αγωνιστική περίοδος διάρκειας 9 εβδομάδων). Φάνηκε, λοιπόν, ότι κατά τη διάρκεια της προ-αγωνιστικής περιόδου παρουσιάστηκαν οι υψηλότερες τιμές στις 2 κατηγορίες άγχους (General Stress, Sport-Specific Stress), ενώ αντίστοιχα στην ίδια περίοδο εμφανίστηκαν και οι χαμηλότερες τιμές στις 2 κατηγορίες αποκατάστασης (General Recuperation, Sport-Specific Recuperation). Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη συγκεκριμένη περίοδο, οι αθλητές είχαν να διαχειριστούν σωματικά και ψυχολογικά περισσότερους αγώνες που λάμβαναν χώρα, εκτός του προπονητικού τους προγράμματος (Berriel et al., 2020). Η Aoki, ωστόσο, πρόσθεσε και την παράμετρο “διάθεση” (Mood states), μελετώντας την σε αθλητές πετοσφαίρισης κατηγορίας U16 και U19. Τα ευρήματα της συγκεκριμένης μελέτης έδειξαν ότι δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη διάθεση κατά τη διάρκεια του μεσόκυκλου προετοιμασίας, σε σχέση με τη διάθεση κατά τον αγωνιστικό μεσόκυκλο. Για τη συγκεκριμένη μέτρηση, χρησιμοποιήθηκε το POMS Questionnaire, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται οι εξής κατηγορίες: Ένταση, Κατάθλιψη, Θυμός, Κούραση, Σύγχυση, Σθένος (Aoki et al., 2017).

Κατακόρυφο Άλμα με Προφόρτιση (Countermovement Jump – CMJ)

Βασική δεξιότητα στην πετοσφαίριση αποτελεί το Countermovement Jump (CMJ), δηλαδή το κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση, καθώς χρησιμοποιείται στην επίθεση, στο μπλοκ και στο σερβίς. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντική η ένταξή του στον προπονητικό σχεδιασμό, καθώς και η ανάγκη για ποσοτικοποίησή του σε κάθε μικρόκυκλο, δεδομένου ότι στο τέλος της εβδομάδας συνήθως λαμβάνουν χώρα αγώνες. Σε μελέτη στην οποία συμμετείχαν ελίτ αθλητές πετοσφαίρισης, μετρήθηκε ο συνολικός αριθμός αλμάτων ανά προπόνηση, ο

αριθμός αλμάτων/λεπτό, ο Μ.Ο. του ύψους των αλμάτων, αλλά και το μέγιστο ύψος, για μία, δύο, τρεις και τέσσερις ημέρες πριν τον αγώνα ξεχωριστά. Φάνηκε στατιστικά σημαντικά αυξημένος ο συνολικός αριθμός των αλμάτων στην προπόνηση που πραγματοποιήθηκε 2 ημέρες πριν τον αγώνα, σε σχέση με την προπόνηση μία μέρα πριν τον αγώνα. Ωστόσο, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον αριθμό αλμάτων/λεπτό, στο μέγιστο ύψος και στο Μ.Ο. του ύψους των αλμάτων μεταξύ των τεσσάρων ημερών προπόνησης. Γενικά, ο εβδομαδιαίος σχεδιασμός είχε μια κυματοειδή μορφή, στην οποία το εξωτερικό φορτίο (με βάση τη διάρκεια της προπόνησης και τον αριθμό των αλμάτων) αλλά και το εσωτερικό φορτίο (με βάση την κλίμακα RPE), είχαν τις υψηλότερες τιμές τους στη 2η ημέρα πριν τον αγώνα και τις χαμηλότερες τιμές τους στη μία ημέρα πριν τον αγώνα (Lima et al 2020). Άλλη μελέτη, στην οποία συμμετείχαν ελίτ Βραζιλιάνοι πετοσφαιριστές, αξιολόγησε την επίδοση των αθλητών στο κατακόρυφο άλμα, τόσο στους αγώνες, όσο και στις προπονήσεις, και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το ύψος των αλμάτων των αθλητών ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο στους αγώνες, σε σύγκριση με τις προπονήσεις, ενώ παράλληλα ο συνολικός αριθμός αλμάτων παρέμενε ο ίδιος (Cardoso et al., 2021).

Οι αλματικές απαιτήσεις στους αθλητές πετοσφαίρισης ποικίλλουν ανάλογα και με τη θέση που παίζει ο καθένας. Διεξήχθησαν αρκετές μελέτες πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Τα ευρήματα, ωστόσο, ήταν αντιφατικά. Μελέτη σε ελίτ αθλητές στο Κατάρ, στην οποία μετρήθηκαν τόσο στις προπονήσεις όσο και στους αγώνες, ο συνολικός αριθμός των αλμάτων του κάθε παίκτη, η συχνότητα των αλμάτων (αριθμός των αλμάτων ανά ώρα), καθώς και το ύψος των αλμάτων (ποσοστό επί του μέγιστου ύψους) για κάθε αθλητή, έδειξε ότι οι πασαδόροι εκτέλεσαν τα περισσότερα άλματα ανά προπόνηση. Δεύτεροι σε σειρά ήρθαν οι κεντρικοί μπλοκέρ, τρίτοι οι διαγώνιοι και τέταρτοι οι ακραίοι. Η ίδια κατάταξη παρουσιάστηκε και στη συχνότητα των αλμάτων, όπου οι πασαδόροι ήρθαν και πάλι στην πρώτη θέση, τόσο στις προπονήσεις, όσο και στους αγώνες. Ωστόσο, όταν προσαρμόστηκε ο αριθμός των αλμάτων του κάθε κεντρικού επί του εν ενεργεία χρόνου του στον αγώνα, δηλαδή του χρόνου που πραγματικά συμμετείχε, τότε βγήκε ότι οι κεντρικοί είχαν την υψηλότερη συχνότητα αλμάτων στους αγώνες. Αναφορικά με το ύψος των αλμάτων, παρατηρήθηκε ότι οι διαγώνιοι εκτέλεσαν την πλειοψηφία των αλμάτων τους στο μεγαλύτερο ύψος, σε αντίθεση με τους πασαδόρους, οι οποίοι εκτέλεσαν την πλειοψηφία των αλμάτων τους στο χαμηλότερο ύψος (Skazalski et al., 2018). Από την άλλη, μελέτη που διεξήχθη σε Ισπανούς επαγγελματίες πετοσφαιριστές της Α1 κατηγορίας, και κατά τη διάρκεια ολόκληρης της σεζόν (32 εβδομάδες), έφερε τους κεντρικούς μπλοκέρ στην πρώτη θέση, αναφορικά με το συνολικό αριθμό αλμάτων και τους πασαδόρους στην τελευταία, τόσο σε

επίπεδο μικρόκυκλων όσο και μακρόκυκλων (Garcia-de-Alcaraz et al., 2020).

Το CMJ χρησιμοποιείται, ωστόσο, και ως δείκτης αξιολόγησης νευρομυικών προσαρμογών στην πετοσφαίριση, καθώς με αυτό μπορεί να αξιολογηθεί η μυική ισχύς των κάτω άκρων των αθλητών (Carroll et al., 2017, Rousanoglou et al., 2013). Παρόλα αυτά, βρέθηκαν στη βιβλιογραφία αρκετά διαφορετικά πρωτόκολλα, τόσο ως προς την εκτέλεση των CMJ, όσο και ως προς το είδος εξοπλισμού που χρησιμοποιείται. Πιο συγκεκριμένα, κάποια πρωτόκολλα αναφέρονται σε κάμψη γονάτων στις 90°, κάποια σε ελεύθερη κατά βούληση κάμψη με γρήγορη έκταση στη συνέχεια, και άλλα σε γρήγορη κάμψη μέχρι τις 120°. Διαφορές υπάρχουν και ως προς την τοποθέτηση των χεριών, όπου με βάση κάποια πρωτόκολλα, ο αθλητής κρατάει τα χέρια σταθερά στα ισχία, σε άλλα εκτελεί το άλμα με ελεύθερη κίνηση χεριών, σε άλλα κρατάει ελαφρύ βαράκι πάνω από τους ώμους, ενώ σε άλλα προσπαθεί να μαρκάρει το υψηλότερο δυνατό σημείο σε έναν τοίχο (Petrigna et al., 2019). Συγκεκριμένα για την πετοσφαίριση, έχει χρησιμοποιηθεί και παραλλαγή του CMJ με τριπλό βηματισμό να προηγείται αυτού, ως προσομοίωση των βηματισμών στην επίθεση (Mroczek et al., 2017).

Αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει κατά πόσο το CMJ μεταβάλλεται με την αύξηση του ΠΦ, δίνοντας ωστόσο αντιφατικά αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, μελέτη που διεξήχθη σε ελίτ βραζιλιάνους αθλητές βόλεϊ έδειξε ότι παρόλη την αύξηση του ΠΦ κατά τη διάρκεια περιόδου προετοιμασίας 4 εβδομάδων, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο CMJ (Horta et al., 2019). Παρόμοια ευρήματα είχε και μελέτη που ασχολήθηκε με αθλητές καλαθοσφαίρισης Α, Β και Γ κατηγορίας, στην οποία παρατηρήθηκε ελάχιστη βελτίωση στο CMJ σε περίοδο προετοιμασίας, διάρκειας 2 μηνών (Feroli et al., 2018). Στατιστικά σημαντική, ωστόσο, αύξηση του CMJ (και με χέρια στα ισχία και με ελεύθερη κίνηση χεριών) έδειξε η Aoki, που ασχολήθηκε με 2 γκρουπ αθλητών πετοσφαίρισης, κατηγορίας U16 και U19, μετά από μια περίοδο προετοιμασίας διάρκειας 9 εβδομάδων. Και πιο συγκεκριμένα, καλύτερη αλτική ικανότητα παρουσίασε το γκρουπ των U19, σε σύγκριση με το γκρουπ των U16 (Aoki et al., 2017). Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και ο Berriel, ο οποίος μελέτησε επαγγελματίες Βραζιλιάνους πετοσφαιριστές και βρήκε στατιστικά σημαντική αύξηση στο CMJ, τόσο στην περίοδο προετοιμασίας, όσο και στην προαγωνιστική περίοδο της σεζόν (Berriel et al., 2020), ενώ αντίστοιχα η Debien, μελετώντας κι εκείνη Βραζιλιάνους επαγγελματίες πετοσφαιριστές κατά τη διάρκεια μιας ολόκληρης σεζόν (διάρκειας 36 εβδομάδων), παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση στο CMJ κατά την 5η εβδομάδα και διατήρησή του στην υπόλοιπη σεζόν (Debien et al., 2018).

Ο Mroczek, σε μελέτη του, εφάρμοσε παρέμβαση με πλειομετρική προπόνηση, χρονικής διάρκειας 6 εβδομάδων, σε αθλητές πετοσφαίρισης και φάνηκε στατιστικά σημαντική

αύξηση στο CMJ, το οποίο χρησιμοποιήθηκε μεταξύ άλλων ως δείκτης αξιολόγησης της εκρηκτικότητας των κάτω άκρων των αθλητών (Mroczek et al., 2017).

Άλλη μελέτη εξέτασε την ευαισθησία ορισμένων δεικτών κόπωσης, σε μια μικρή χρονικά περίοδο προετοιμασίας αθλητών πετοσφαίρισης, διάρκειας μόλις 11 ημερών, συμπεριλαμβάνοντας και το CMJ σε αυτούς. Η συγκεκριμένη μελέτη έδειξε ότι δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στο CMJ, γεγονός που οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το CMJ δε φαίνεται να είναι ευαίσθητος δείκτης για την κόπωση που προκαλείται από την αύξηση του ΠΦ (Freitas et al., 2014).

Τέλος, οι Freitas et al (2020), μελετώντας ενήλικες πετοσφαιριστές για περίοδο χρονικής διάρκειας 6 εβδομάδων μέσα στη σεζόν, εξέτασαν εάν υπάρχει συσχέτιση του κατακόρυφου άλματος (CMJ), καθώς και των επαναλαμβανόμενων αλμάτων, με το εσωτερικό φορτίο των αθλητών. Φάνηκε, κατ'αρχάς, στατιστικά σημαντική βελτίωση, τόσο στο CMJ, όσο και στη μέση ισχύ των επαναλαμβανόμενων κατακόρυφων αλμάτων στα 60" στις μετρήσεις που έγιναν μετά την 6η εβδομάδα. Δεν παρατηρήθηκε, ωστόσο, συσχέτιση του εσωτερικού φορτίου με το CMJ. Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση του εσωτερικού φορτίου με τη διαφορά (%Δ) στο CMJ μεταξύ πριν και μετά τις 6 εβδομάδες. Τέλος, παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση του εσωτερικού φορτίου με τη μέση ισχύ των επαναλαμβανόμενων αλμάτων στις μετρήσεις μετά τις 6 εβδομάδες. (Freitas-Junior et al., 2020).

Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού (Heart Rate Variability – HRV)

Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ) είναι το σύστημα, που ρυθμίζει τις σπλαχνικές λειτουργίες, λειτουργεί ακούσια και διακρίνεται σε Συμπαθητικό και Παρασυμπαθητικό Νευρικό Σύστημα. Η διέγερση του Συμπαθητικού Ν.Σ. σχετίζεται με καταστάσεις έντασης (“μάχης ή φυγής”) και προκαλεί: αύξηση της καρδιακής συχνότητας, αύξηση αρτηριακής πίεσης, αγγειοσυστολή, αύξηση αιματικής ροής στους μυς και στην καρδιά και διαστολή στους βρόγχους. Το Παρασυμπαθητικό Ν.Σ., από την άλλη, σχετίζεται με καταστάσεις ηρεμίας (“ξεκούρασης ή πέψης”). Κατά τη διέγερσή του, ο οργανισμός προσπαθεί να αποκαταστήσει ή να διατηρήσει τις εφεδρείες του. Προκαλεί: μείωση της καρδιακής συχνότητας, μείωση της αρτηριακής πίεσης, αγγειοδιαστολή, αύξηση αιματικής ροής στα σπλάχνα και στο δέρμα και σύσπαση στους βρόγχους. Η λειτουργία του πνευμονογαστρικού νεύρου αποτελεί βασική έκφραση του παρασυμπαθητικού ελέγχου της καρδιάς (Gibbons et al., 2019 , Benarroch et al., 2020 , Singh et al., 2018). Η σχέση μεταξύ Σ.Ν.Σ. και Π.Ν.Σ. είναι σχετικά πολύπλοκη και δε θα έπρεπε να υπολογίζεται ως ένα σύστημα “μηδενικού αθροίσματος”. Η αυξημένη δραστηριότητα του Π.Ν.Σ. μπορεί κατά συνθήκη να σχετίζεται

με μείωση, αύξηση ή καμία αλλαγή στη δραστηριότητα του Σ.Ν.Σ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αερόβια άσκηση, αμέσως μετά την οποία, η αποκατάσταση της Καρδιακής Συχνότητας περιλαμβάνει ενεργοποίηση του Π.Ν.Σ., ενώ ταυτόχρονα η δραστηριότητα του Συμπαθητικού παραμένει αυξημένη (Billman et al., 2013).

Η καρδιακή λειτουργία, λοιπόν, ρυθμίζεται από το ΑΝΣ με βάση τα ερεθίσματα του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η Μεταβλητότητα του Καρδιακού Ρυθμού (Heart Rate Variability) αναφέρεται στη διαφοροποίηση του χρονικού διαστήματος μεταξύ των διαδοχικών καρδιακών παλμών. Μπορεί να μετρηθεί σε ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα, παρατηρώντας την απόσταση μεταξύ των κορυφών R (Dong et al., 2016). Ο υπολογισμός της HRV γίνεται με τη μέτρηση ορισμένων παραμέτρων, οι οποίες μελετώνται είτε μέσω της time analysis είτε μέσω της spectral analysis. Με την time analysis, ποσοτικοποιείται η μεταβλητότητα της χρονικής περιόδου μεταξύ των διαδοχικών καρδιακών παλμών. Οι τιμές αυτές μπορούν να εκφραστούν είτε με αρχικές μονάδες (original units) είτε με το Νεπέριο Λογάριθμό αυτών (ln), ώστε να επιτευχθεί κανονική κατανομή.

Οι κυριότερες μεταβλητές της time analysis παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 και είναι: α) η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής του συνόλου των τετραγώνων των διαφορών ανάμεσα σε διαδοχικούς καρδιακούς παλμούς (RMSSD), καθώς και ο Νεπέριος Λογάριθμος αυτής (lnRMSSD), β) ο αριθμός των διαδοχικών διαστημάτων N-N με διαφορά μεγαλύτερη από 50ms (NN50), καθώς και η ποσοστιαία έκφραση αυτού (pNN50), και γ) ο αριθμός των διαδοχικών διαστημάτων N-N με διαφορά μεγαλύτερη από 100ms (NN100), καθώς και η ποσοστιαία έκφραση αυτού (pNN100). Οι παραπάνω παράμετροι σχετίζονται με τη λειτουργία του Παρασυμπαθητικού Ν.Σ, συνεπώς οι υψηλότερες τιμές δείχνουν καλύτερη λειτουργία του πνευμονογαστρικού νεύρου, ενώ οι χαμηλότερες τιμές υποδηλώνουν κόπωση ή έντονο στρες στον οργανισμό. Σημαντικός αριθμός μελετών έχει χρησιμοποιήσει, επίσης, τη μέση τιμή των αποστάσεων R-R (Mean R-R Interval), καθώς και την τυπική απόκλιση των διαστημάτων N-N (SDNN), αλλά και την τυπική απόκλιση των μέσων τιμών των NN διαστημάτων ανά 5λεπτο. Όπου N-N είναι τα διαστήματα μεταξύ των “κανονικών” παλμών, αφού έχουν πρώτα αφαιρεθεί τα “electrocardiographic artifacts” [“Normal” means that abnormal beats (defined as electrocardiographic alterations, not related to cardiac electrical activity) have been removed.] (Kim et al., 2018 , Singh et al., 2018 , Shaffer et al., 2017 , D'Ascenzi et al., 2013).

Όσον αφορά την SDNN (Standard deviation of normal-to-normal R-R-intervals), η συγκεκριμένη παράμετρος του HRV υπολογίζει τη μέση τιμή των N-N διαστημάτων σε ms και δείχνει πόσο απέχει η HRV από αυτόν τον μέσο όρο σε οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας.

Η μέτρησή της είναι ακριβέστερη όταν διαρκεί 24 ώρες, σε σύγκριση με τις πιο σύντομες περιόδους μέτρησης. Οι υψηλότεροι αριθμοί συνήθως δείχνουν ότι το σώμα αντιμετωπίζει καλύτερα το στρες. Οι τιμές της SDNN προβλέπουν τόσο τη νοσηρότητα όσο και τη θνησιμότητα. Με βάση την 24ωρη παρακολούθηση, οι ασθενείς με τιμές SDNN κάτω των 50 ms ταξινομούνται ως μη υγιείς, 50–100 ms κινδυνεύει η υγεία τους (compromised health) και πάνω από 100 ms θεωρούνται υγιείς. Στην SDNN συνεισφέρουν, τόσο το Συμπαθητικό, όσο και το Παρασυμπαθητικό Νευρικό Σύστημα (Shaffer et al., 2017).

Δεν υφίσταται σύγκριση των τιμών μιας παραμέτρου της HRV μεταξύ διαφορετικών ατόμων, καθώς παίζουν ρόλο πολλοί και διαφορετικοί παράγοντες, όπως η ηλικία, το φύλο, καθώς και η φυσική κατάσταση του καθενός (Voss et al., 2015).

Πίνακας 1.

Παράμετροι της HRV μέσω της Time Analysis

| Παράμετρος | Μονάδα Μέτρησης | Περιγραφή |
|---|-----------------|---|
| SDNN | ms | Τυπική απόκλιση των NN διαστημάτων |
| pNN50 | % | Ποσοστό των διαδοχικών NN διαστημάτων, που έχουν μεταξύ τους διαφορά πάνω από 50ms |
| pNN100 | % | Ποσοστό των διαδοχικών NN διαστημάτων, που έχουν μεταξύ τους διαφορά πάνω από 100ms |
| RMSSD | ms | Τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής του συνόλου των τετραγώνων των διαδοχικών NN διαστημάτων |
| Mean RR interval | ms | Μέση τιμή των RR διαστημάτων |
| RR διάστημα: ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς παλμούς, NN διάστημα: ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο “κανονικούς” παλμούς. | | |

Οι μετρήσεις στον τομέα συχνοτήτων (spectral analysis), οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 2, εκτιμούν την κατανομή της απόλυτης ή σχετικής ισχύος του σήματος σε 4 ζώνες συχνοτήτων: α) τις εξαιρετικά χαμηλές συχνότητες (Ultra Low Frequences – ULF), β) τις πολύ χαμηλές συχνότητες (Very Low Frequences – VLF), γ) τις χαμηλές συχνότητες (Low Frequences – LF), και δ) τις υψηλές συχνότητες (High Frequences – HF). Οι μετρήσεις στον τομέα συχνοτήτων μπορούν να εκφραστούν είτε σε απόλυτη είτε σε σχετική ισχύ. Η σχετική ισχύς υπολογίζεται είτε ως ποσοστό τοις εκατό επί της συνολικής ισχύος είτε σε κανονικές μονάδες (nu). Συχνότερα χρησιμοποιείται η δραστηριότητα του σήματος στις χαμηλές και υψηλές συχνότητες (LF Power και HF Power), εύρους 0,04-0,15Hz και 0,15-0,40Hz αντίστοιχα. Έχει παρατηρηθεί ότι τόσο στα παιδιά, όσο και κατά τη διάρκεια της άσκησης, η HF Peak κυμαίνεται σε ακόμα υψηλότερες συχνότητες (0.24-1.04Hz) (Berntson et al.,

1997). Η διερεύνηση του σήματος στις υψηλές συχνότητες (HF) μας δείχνει την παρασυμπαθητική δραστηριότητα, ενώ η αυξημένη δραστηριότητα του σήματος στις χαμηλές συχνότητες (LF) προσδιορίζεται τόσο από συμπαθητική, όσο και από παρασυμπαθητική δραστηριότητα, με κυρίαρχη ωστόσο τη συμπαθητική. Επίσης, χρησιμοποιείται ευρέως και ο λόγος των δύο (LF/HF). Κατά συνέπεια, το συμπαθητικό Ν.Σ. υπερισχύει όταν $LF/HF > 1$. Αντιθέτως, η έντονη παρασυμπαθητική δράση συνδέεται με μειωμένο λόγο LF/HF. Χρησιμοποιείται, τέλος, το γράφημα Poincaré (SD1, SD2), το οποίο θεωρείται μέθοδος που βασίζεται σε μη γραμμική δυναμική. Ο δείκτης SD1 αντιστοιχεί στην παρασυμπαθητική δραστηριότητα, ενώ ο δείκτης SD2 αντιστοιχεί και σε συμπαθητική και σε παρασυμπαθητική δραστηριότητα (Kim et al., 2018 , Singh et al., 2018 , Shaffer et al., 2017 , D'Ascenzi et al., 2013).

Πίνακας 2.

Παράμετροι της HRV μέσω της Spectral Analysis

| Παράμετρος | Μονάδα Μέτρησης | Περιγραφή |
|------------|-----------------|---|
| ULF power | ms ² | Απόλυτη ισχύς του σήματος στην εξαιρετικά χαμηλή ζώνη συχνοτήτων (≤ 0.003 Hz) |
| VLF power | ms ² | Απόλυτη ισχύς του σήματος στην πολύ χαμηλή ζώνη συχνοτήτων (0.0033–0.04 Hz) |
| LF power | ms ² | Απόλυτη ισχύς του σήματος στη χαμηλή ζώνη συχνοτήτων (0.04–0.15 Hz) |
| LF power | % | Σχετική ισχύς του σήματος στη χαμηλή ζώνη συχνοτήτων (0.04–0.15 Hz) σε ποσοστό % |
| HF power | ms ² | Απόλυτη ισχύς του σήματος στην υψηλή ζώνη συχνοτήτων (0.15–0.4 Hz) |
| HF power | % | Σχετική ισχύς του σήματος στην υψηλή ζώνη συχνοτήτων (0.15–0.4 Hz) σε ποσοστό % |
| LF/HF | % | Λόγος της LF δια της HF |

Για τη μέτρησή της HRV, έχει χρησιμοποιηθεί τόσο η ύπτια, όσο και η καθιστή θέση (Rabbani et al., 2021).

Η HRV θεωρείται σημαντικός δείκτης αξιολόγησης της ικανότητας του ΑΝΣ να ρυθμίσει την καρδιακή λειτουργία, όταν αυτό δέχεται σωματικά και ψυχολογικά ερεθίσματα, καθώς η ισορροπία ανάμεσα σε Συμπαθητικό και Παρασυμπαθητικό Ν.Σ. επηρεάζει τη σταθερότητα (consistency) στη χρονική διάρκεια μεταξύ των καρδιακών παλμών. Συνεπώς, μια υψηλή HRV έχει συνδεθεί με μια γενικότερα καλύτερη κατάσταση υγείας, καθώς μας δείχνει ότι ο

οργανισμός μπορεί να προσαρμόζεται καλύτερα σε αυτά τα ερεθίσματα (Kim et al., 2018 , Dong et al., 2016). Εξαιρέση αποτελούν σπάνιες παθολογίες, ειδικά σε ηλικιωμένους, όπου η υψηλή HRV έχει συνδεθεί με υψηλά ποσοστά θνησιμότητας, χωρίς, ωστόσο, αυτό να αφορά το γενικό πληθυσμό (Stein et al., 2005).

Συγκρίνοντας την HRV ανάμεσα στα δύο φύλα, μελέτη έδειξε διαφορές σε παραμέτρους της spectral analysis, και πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν αυξημένοι οι δείκτες LF και LF/HF στους άνδρες, σε σχέση με τις γυναίκες (Ramalho et al., 2017).

Στον αθλητισμό, η HRV θεωρείται δείκτης προσαρμοστικότητας του αθλητή στα προπονητικά ερεθίσματα (Mishica et al. 2021). Ο Flatt, σε μελέτη που ασχολήθηκε με ελίτ αθλητές ράγκμπι, μέτρησε το LnRMSSD σε ημερήσια βάση για όλους τους αθλητές για 3 εβδομάδες, όπου στην 1η εβδομάδα εφαρμόζονταν χαμηλά ΠΦ στους αθλητές και στις 2 επόμενες πολύ υψηλά φορτία ίδιας έντασης. Συγκρίνοντας τις εβδομαδιαίες M.T. του LnRMSSD όλης της ομάδας συνολικά, δεν παρατηρήθηκαν σ.σ. διαφορές ανάμεσα στις 3 εβδομάδες. Στις ατομικές μετρήσεις, ωστόσο, παρατηρήθηκαν διαφορές στο συντελεστή μεταβλητότητας (coefficient of variation) LnRMSSD_{cv}, ο οποίος αυξήθηκε όταν οι αθλητές είχαν την 1η τους έκθεση στα υψηλά ΠΦ (κατά τη διάρκεια της 2ης εβδομάδας), ενώ στη συνέχεια, παρουσίασε μείωση κατά τη 2η έκθεσή τους στα υψηλά ΠΦ (κατά τη διάρκεια της 3ης εβδομάδας). Το γεγονός αυτό δείχνει μια ανεπτυγμένη ικανότητα διατήρησης της ομοιότητας από το ANS (Flatt et al., 2019). Ο ίδιος ερευνητής, σε μεταγενέστερη μελέτη του σε αθλητές αμερικανικού ποδοσφαίρου, όπου μετρήθηκε η HRV σε δύο συνεχόμενες in-season ημέρες, στις οποίες λάμβαναν χώρα προπονήσεις, έδειξε στατιστικά σημαντική μείωση του LnRMSSD κατά τη 2η ημέρα, γεγονός που οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα αυξημένα ΠΦ επηρέασαν αρνητικά την HRV. Οι αθλητές είχαν χωριστεί σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τη θέση τους (SKILL, MID-SKILL, LINEMEN). Εξετάζοντας το LnRMSSD σε κάθε θέση ξεχωριστά, είχαμε τα εξής αποτελέσματα: Στους SKILL δεν παρατηρήθηκαν σ.σ. διαφορές στο LnRMSSD ανάμεσα στις δύο ημέρες. Στις άλλες δύο κατηγορίες, παρατηρήθηκε σ.σ. μείωση του LnRMSSD κατά τη 2η ημέρα μέτρησης, σε σχέση με την 1η ημέρα. (Flatt et al., 2020) Σε αντίστοιχα αποτελέσματα είχε καταλήξει και σε δύο προγενέστερες μελέτες του, οι οποίες είχαν διεξαχθεί σε κολυμβητές και αθλήτριες soccer αντίστοιχα. Η 1η αφορούσε χρονική διάρκεια τριών περιόδων, μίας baseline, μίας με υψηλά ΠΦ και μίας με χαμηλότερα φορτία (tapering), στις οποίες μετρήθηκε ο LnRMSSD σε καθημερινή βάση στους κολυμβητές, και στη συνέχεια υπολογίστηκε η M.T. (LnRMSSD_m) και ο συντελεστής μεταβλητότητας (LnRMSSD_{cv}). Στη συγκεκριμένη μελέτη, εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική μείωση στο LnRMSSD_m και στατιστικά σημαντική αύξηση του LnRMSSD_{cv} κατά τη 2η περίοδο, σε σύγκριση με την 1η, συνοδευόμενη με ταυτόχρονη

αύξηση της κούρασης και του μυϊκού πόνου στους αθλητές στη 2η περίοδο. Ωστόσο, οι τιμές επέστρεψαν στα baseline επίπεδα και τα ξεπέρασαν κατά τη διάρκεια της 3ης περιόδου (Flatt et al., 2017a) Η 2η, η οποία πραγματοποιήθηκε σε ελίτ αθλήτριες soccer, αναφερόταν σε χρονική περίοδο 2 εβδομάδων, στις οποίες μετρήθηκε η HRV μέσω της παραμέτρου lnRMSSD, το ΠΦ, αλλά και το εσωτερικό φορτίο (κόπωση, στρες, μυϊκός πόνος, ύπνος). Στη συγκεκριμένη μελέτη, βρέθηκε υψηλή αρνητική συσχέτιση του ΠΦ με την HRV, αφού η μείωση του ΠΦ είχε θετική επίδραση στον lnRMSSD, καθώς και υψηλή αρνητική συσχέτιση του lnRMSSD με την κόπωση στις αθλήτριες (Flatt et al., 2017b).

Αντιθέτως, μελέτη, στην οποία μετρήθηκε η HRV σε επαγγελματίες αθλητές futsal για 5 ημέρες της εβδομάδες, και για 5 συνεχόμενες εβδομάδες, σε περίοδο preseason, όπου τα ΠΦ δεν ήταν υψηλά, δεν έδειξε ουσιαστικές αλλαγές στο εβδομαδιαίο lnRMSSDweekly ανάμεσα στις 5 εβδομάδες μέτρησης, παρά τις διακυμάνσεις των ΠΦ. Μετρήθηκε, επίσης, η υποκειμενική αίσθηση κόπωσης μέσω της κλίμακας RPE σε καθημερινή βάση (sRPE) και δεν υπήρξε συσχέτιση ούτε μεταξύ sRPE και lnRMSSD, τόσο σε ημερήσια, όσο και σε εβδομαδιαία βάση. Αυτό μας έδειξε ότι τα μέτριας έντασης ΠΦ που δέχθηκαν οι υψηλού επιπέδου αθλητές, δεν ήταν ικανά να προκαλέσουν έντονες αλλαγές στο ANΣ, ούτε να επηρεάσουν την ισορροπία μεταξύ στρες και recovery. Ωστόσο, υπήρξε μείωση του συντελεστή μεταβλητότητας, lnRMSSDcv, κατά την 4η και 5η εβδομάδα, σε σύγκριση με τις τρεις προηγούμενες εβδομάδες, γεγονός που δείχνει ότι οι αθλητές απέκτησαν καλύτερη προσαρμογή στις προπονήσεις, με αποτέλεσμα να υπάρχουν μικρότερες διακυμάνσεις στην HRV (Nakamura et al., 2016). Επίσης, βρέθηκε ισχυρή αρνητική συσχέτιση μεταξύ του εβδομαδιαίου lnRMSSDweekly και του συντελεστή μεταβλητότητάς του, lnRMSSDcv. Ο lnRMSSD αποτελεί δείκτη του παρασυμπαθητικού ελέγχου της καρδιάς, άρα της λειτουργίας του πνευμονογαστρικού νεύρου. Συνεπώς, το γεγονός ότι ο υψηλότερος εβδομαδιαίος lnRMSSD σχετίζεται με χαμηλότερο συντελεστή lnRMSSDcv, δείχνει ότι η καλύτερη λειτουργία του πνευμονογαστρικού νεύρου συνδέεται και με μεγαλύτερη ανθεκτικότητα των αθλητών στο προπονητικό στρες (Nakamura et al., 2016).

Σχετικά με το χρονικό περιθώριο που απαιτείται για την πλήρη επαναφορά της παρασυμπαθητικής λειτουργίας της καρδιάς μετά την άσκηση, στα προ-άσκησης επίπεδα, ο Stanley, σε μελέτη του, έδειξε ότι αυτό μπορεί να κυμανθεί από 24 έως 72 ώρες, ανάλογα με την ένταση της άσκησης που προηγήθηκε (Stanley et al., 2013).

Στην πετοσφαίριση, συγκεκριμένα, η ανάλυση της HRV μπορεί να δώσει χρήσιμες πληροφορίες για τους προπονητές σχετικά με την κατάλληλη οργάνωση των προπονητικών φορτίων, με στόχο την επαρκή αποκατάσταση και την αποφυγή υπερπροπόνησης και τραυματισμού των αθλητών τους (Cardoso et al., 2021 , Hernandez-Cruz et al., 2017). Η

Cardoso, συγκεκριμένα, μελέτησε ελίτ Βραζιλιάνους πετοσφαιριστές, αξιολογώντας την επίδοσή τους στα κατακόρυφα άλματα, τόσο στους αγώνες, όσο και στις προπονήσεις, καθώς και τη σχέση της με δείκτες κόπωσης και αποκατάστασης, όπως η HRV, η κλίμακα RPE και η κλίμακα PRS (Perceived Recovery Status), για περίοδο συνολικής διάρκειας 11 εβδομάδων, με στόχο να αξιολογηθεί εάν ήταν επαρκή τα μεσοδιαστήματα για την αποκατάσταση των αθλητών μεταξύ αγώνα και της επόμενης προπόνησης (Cardoso et al., 2021).

Ο Hernandez-Cruz, σε μελέτη του, στην οποία ασχολήθηκε με την επίδραση των συνεχόμενων αγώνων (ύπαρξη αγώνων 2 συνεχόμενες ημέρες κάθε εβδομάδα για 4 μήνες) στην HRV σε αθλητές πετοσφαίρισης, έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές πριν και μετά τους αγώνες σε όλες τις παραμέτρους της time analysis (Hernandez-Cruz et al., 2017). Σε διαφορετικά ευρήματα κατέληξε, ωστόσο, μελέτη, που ασχολήθηκε με αθλήτριες πετοσφαίρισης επιπέδου κολλεγίου, στην οποία μετρήθηκε η HRV σε 4 διαφορετικές ηλικιακές κατηγορίες ξεχωριστά. Κάθε εβδομάδα έπαιρναν μετρήσεις για τρεις συνεχόμενες ημέρες, μία ημέρα πριν τον αγώνα, ανήμερα του αγώνα και μία ημέρα μετά τον αγώνα, και στα εντός έδρας παιχνίδια και στα εκτός. Σε καμία ηλικιακή ομάδα δεν παρατηρήθηκαν σ.σ διαφορές στην HRV μεταξύ των τριών ημερών που γίνονταν οι μετρήσεις. Δεν παρατηρήθηκαν σ.σ διαφορές στην HRV ούτε ανάμεσα στις εντός έδρας και στις εκτός έδρας αναμετρήσεις, για καμία από τις τέσσερις ηλικιακές κατηγορίες (Edmonds et al., 2021). Κι άλλη μελέτη, που σύγκρινε την HRV κατά τη διάρκεια προαγωνιστικής και αγωνιστικής περιόδου σε αθλητές πετοσφαίρισης, δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε R-R, HR και RMSSD ανάμεσα στις δύο περιόδους. Εμφανίστηκαν διαφορές μόνο στο NN50, γεγονός που ίσως δείχνει μείωση του τόνου του πνευμονογαστρικού νεύρου, αφού το NN50 θεωρείται δείκτης της έντασης του Παρασυμπαθητικού Ν.Σ. Βρέθηκαν, επίσης, διαφορές και στη spectral analysis (VLF%), οι οποίες συνδέθηκαν κυρίως με τη συναισθηματική φόρτιση των αθλητών στην αγωνιστική περίοδο (Podstawski et al., 2014).

Όσον αφορά τη συσχέτιση μεταξύ προπονητικού φορτίου και HRV, η Liao, σε μελέτη της, ασχολήθηκε με αθλήτριες πετοσφαίρισης, τις οποίες μέτρησε σε μια προπονητική περίοδο, χωρισμένη σε 3 περιόδους, early winter, middle of the winter, late winter. Στην 1η περίοδο το προπονητικό πρόγραμμα περιλάμβανε κυρίως τεχνική προπόνηση και βασική ενδυνάμωση. Στη 2η περίοδο, υπήρξε υψηλότερο ΠΦ, καθώς υπήρχε αύξηση στο κομμάτι “άμυνα-επίθεση”, με ταυτόχρονη αύξηση των αλμάτων και με τεχνικοτακτικά στοιχεία στις προπονήσεις. Στην 3η περίοδο, η ένταση στο ΠΦ αυξήθηκε ακόμα περισσότερο, ενώ ταυτόχρονα προστέθηκαν και περισσότεροι αγώνες. Το γεγονός αυτό αύξανε το ενδεχόμενο

κόπωσης στις αθλήτριες, άρα και την ανάγκη για recovery, μέσω προσαρμογών του προπονητικού τους προγράμματος. Βρέθηκε, λοιπόν, μερική συσχέτιση του ΠΦ και της HRV, με το δείκτη SDNN να αποτελεί τον πιο ευαίσθητο δείκτη στις μεταβολές του ΠΦ. Όσον αφορά την ανάλυση συχνοτήτων, μόνο η LF είχε σημαντικές αλλαγές και φάνηκε να είναι ο πιο ευαίσθητος δείκτης συσχέτισης Π.Φ. και HRV (Liao et al., 2022).

Ο Mazon, από την άλλη, εφάρμοσε το μοντέλο περιοδικότητας SLPM (Selective Loads of Periodization Model) σε 32 αθλητές πετοσφαίρισης κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου και μετρήθηκε η HRV, καθώς και ορισμένοι ενδογενείς δείκτες στρες (όπως η συγκέντρωση κατεχολαμινών, κορτιζόλης και τεστοστερόνης), πριν και μετά την αγωνιστική περίοδο. Το μοντέλο SLPM χαρακτηρίζεται από υψηλούς όγκους σε συγκεκριμένες ασκήσεις, με στόχο τη βελτίωση της ταχύτητας στους αθλητές. Στη συγκεκριμένη μελέτη ΔΕΝ παρατηρήθηκαν σ.σ. διαφορές στην HRV μεταξύ των μετρήσεων πριν και μετά την αγωνιστική περίοδο. Φάνηκαν, ωστόσο, αλλαγές στους δείκτες στρες, γεγονός που οδήγησε στο συμπέρασμα ότι δεν υπήρξε άμεση συσχέτιση μεταξύ της HRV και των συγκεκριμένων δεικτών στρες (Mazon et al., 2011).

Ύπνος

Ο ύπνος αποτελεί απαραίτητο συστατικό υγείας και ευεξίας, τόσο στα παιδιά (Matricciani et al., 2019), όσο και στους ενήλικες (Milojevic et al., 2016 , Chaput et al., 2020). Σημαντικός αριθμός μελετών έχει ασχοληθεί με την εύρεση της βέλτιστης διάρκειας ύπνου σε ενήλικες, καθώς ο ποιοτικός ύπνος αποτελεί σημαντικό κομμάτι της συνολικότερης ψυχικής υγείας ενός ατόμου (Reardon et al., 2019). Ο Watson, σε μελέτη του, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι ενήλικες πρέπει να κοιμούνται τουλάχιστον 7 ώρες, ενώ συγκεκριμένα οι ενήλικες νεαρής ηλικίας είναι καλό να κοιμούνται τουλάχιστον 9 ώρες (Watson et al., 2015). Ο Hirshkowitz, από την άλλη, μελέτησε τη βέλτιστη διάρκεια ύπνου τόσο σε ενήλικες, όσο και σε παιδιά, καταλήγοντας στις 10-13 ώρες ύπνου για παιδιά ηλικίας 3-5 ετών (preschoolers), στις 9-11 ώρες για παιδιά ηλικίας 6-12 ετών (school-aged), στις 8-10 ώρες για παιδιά ηλικίας 13-17 ετών (teenagers), στις 7-9 ώρες ύπνου για νεαρούς ενήλικες(18-25 ετών) και στις 7-8 ώρες ύπνου για τους μεγαλύτερους ενήλικες (Hirshkowitz et al., 2015). Ωστόσο, ο ύπνος είναι απαραίτητο στοιχείο και στον αθλητισμό, τόσο για την αποκατάσταση (Closs et al., 2019), όσο και την απόδοση στους αθλητές (Cook et al., 2023). Ειδικά στον αθλητισμό υψηλού επιπέδου, όπου οι επιδόσεις κρίνονται σε μικρές λεπτομέρειες, ακόμα κι ένα μικρό κέρδος αν καταφέρει να έχει ο αθλητής από τη βελτιστοποίηση της ποιότητας ύπνου, θα είναι ύψιστης σημασίας για αυτόν (Brandt et al., 2017).

Μια σειρά ποικίλων παραγόντων, οι οποίοι σχετίζονται είτε με την ψυχολογία των αθλητών, είτε με την καθημερινότητά τους, με καθημερινές συνήθειές τους πριν τον ύπνο, διατροφικές ή μη, αλλά και με το περιβάλλον τους, μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ποιότητα του ύπνου τους. Πιο συγκεκριμένα, ο υψηλός ανταγωνισμός, οι απαιτητικές προπονήσεις, (Doherty et al., 2021), το άγχος για τους επερχόμενους αγώνες (Juliff et al., 2015), αποτελούν σημαντικά στρεσογόνους παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν με τη σειρά τους και την ποιότητα του ύπνου στους αθλητές. Επιπλέον, οι δύσκολες ώρες προπονήσεων, καθώς και η ύπαρξη αγώνων την ίδια μέρα (Roberts et al., 2019), και πιο συγκεκριμένα, η ύπαρξη αγώνων αργά το βράδυ (Fullagar et al., 2016 – Impaired sleep...), όπως επίσης τα συνεχόμενα ταξίδια, στα οποία υποβάλλονται συστηματικά οι αθλητές (Fawler et al., 2016 , Fawler et al., 2015), μπορούν να επιφέρουν διαφόρων τύπων διαταραχές στον ύπνο τους. Επιπλέον, καθημερινές συνήθειες πριν τον ύπνο, όπως η έκθεση σε τεχνητό φως οθόνης (κινητό, tablet, laptop, κλπ.) (Cajochen et al., 2011 , Exelmans et al., 2016), καθώς και διατροφικές συνήθειες (Doherty et al., 2019 , Jeukendrup et al., 2017), μπορούν να επηρεάσουν τον ύπνο των αθλητών. Σημαντικός αριθμός εργασιών, ωστόσο, μελετά και το ρόλο του χρονότυπου, δηλαδή της έκφρασης του κερκάδιου ρυθμού για τον καθένα ξεχωριστά, καθώς και τη σχέση του με την απόδοση των αθλητών, γεγονός, το οποίο, δίνει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την επιλογή της καταλληλότερης ώρας για προπόνηση, με στόχο τη μεγιστοποίηση της απόδοσης (Vitale et al., 2017).

Η διαταραχή ύπνου μπορεί να εκφραστεί μέσα από μια απλή αϋπνία, έναν διακοπτόμενο ύπνο, καθώς και από τη δυσκολία για πρωινή έγερση, ενώ σε πιο σοβαρές περιπτώσεις εμφανίζεται αποφρακτική άπνοια ύπνου (obstructive sleep apnea), διαταραχή του κερκάδιου ρυθμού, καθώς και σύνδρομο ανήσυχων ποδιών (restless legs symptoms). Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η ύπαρξη ενός ύπνου μικρότερης χρονικής διάρκειας , γεγονός που τον καθιστά ανεπαρκή και οδηγεί τον αθλητή σε αυξημένη και παρατεταμένη κόπωση κατά τη διάρκεια της ημέρας (Malhotra et al., 2017).

Οι ανάγκες του ύπνου ποικίλλουν από αθλητή σε αθλητή. Για το λόγο αυτό, η αξιολόγηση της ποιότητας του ύπνου γίνεται είτε μέσα από τη μέτρηση αντικειμενικών παραμέτρων (actigraphy), είτε μέσα από τη χρήση ερωτηματολογίων, στα οποία οι αθλητές παρουσιάζουν την υποκειμενική τους αίσθηση στο κομμάτι της αξιολόγησης (Claudino et al., 2019). Μερικά ευρέως χρησιμοποιούμενα ερωτηματολόγια είναι: το Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (Claudino et al., 2019 , Fabbri et al., 2021), το Athens Insomnia Scale (AIS), Insomnia Severity Index (Δείκτης Βαρύτητας Αϋπνίας) (ISI), Mini-Sleep Questionnaire (MSQ), Jenkins Sleep Scale (JSS), Leeds Sleep Evaluation Questionnaire (LSEQ), SLEEP-50 Questionnaire (Fabbri et al., 2021), καθώς και το Likert Scale (Hooper),

Liverpool Jet-Lag Questionnaire, και RESTQ (Claudino et al., 2019).

Το Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) αποτελεί ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα ερωτηματολόγια, καθώς μας δίνει πληροφορίες για 7 υποκατηγορίες δυσκολιών στον ύπνο: 1) την υποκειμενική ποιότητα του ύπνου, όπως δηλώνεται από το χρήστη, 2) την καθυστέρηση έλευσης ύπνου (λανθάνουσα κατάσταση ύπνου), 3) τη διάρκεια του ύπνου, 4) την αποτελεσματικότητα του ύπνου, 5) την ύπαρξη διαταραχών ύπνου, 6) τη χρήση υπνωτικών φαρμάκων, και 7) για την ύπαρξη δυσλειτουργιών του χρήστη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Από τις 7 υποκατηγορίες ερωτήσεων προκύπτουν αντίστοιχα 7 ξεχωριστές βαθμολογίες από 0-3 (όπου 0: ανυπαρξία προβλήματος, όπου 3: ύπαρξη σοβαρού προβλήματος), το αθροισμα των οποίων μας δίνει και το τελικό σκορ του ερωτηματολογίου. Φυσιολογικές θεωρούνται οι τιμές ≤ 5 (Buysse et al., 1989).

Οι Knufinke et al (2018) μελέτησαν την ποιότητα και ποσότητα ύπνου σε 98 αθλητές υψηλού επιπέδου, με τη χρήση των ερωτηματολογίων Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) και Holland Sleep Disorder Questionnaire (HSDQ). Από το PSQI, φάνηκε ότι 59% των αθλητών δήλωσε ότι είχε “healthy sleep quality”, ενώ το 41% δηλώθηκε ως “poor sleepers”. Σύμφωνα με το (HSDQ), ωστόσο, το 12% των αθλητών κρίθηκε ότι είχε διαταραχή ύπνου. Πιο συγκεκριμένα, ένα μικρό ποσοστό δήλωσε ότι είχε “restless leg symptoms” (σύνδρομο ανήσυχων ποδιών). Οι Knufinke et al (2018) χρησιμοποίησαν και τον όρο “Sleep Hygiene”, αναφερόμενοι σε όλες εκείνες τις συνθήκες και πρακτικές, οι οποίες συμβάλλουν στο να υπάρχει συνεχόμενος και αποτελεσματικός ύπνος στους αθλητές. Μερικές από αυτές είναι: η συνέπεια τόσο στην ώρα που πηγαίνει ο αθλητής για ύπνο, όσο και στην ώρα που ξυπνάει το πρωί, η ελαχιστοποίηση στη χρήση αλκοολούχων και καφεϊνούχων ποτών πριν τον ύπνο, η συστηματική άσκηση, η διατροφή, καθώς και άλλοι εξωγενείς παράγοντες που αφορούν το περιβάλλον του αθλητή. Βρήκε, λοιπόν, τη συνολική “Sleep Hygiene” σε επαρκή επίπεδα, με εξαίρεση κάποιες επιμέρους κατηγορίες συμπεριφορών, που επιδέχονταν βελτίωσης, όπως οι ακανόνιστες ώρες που έπεφταν οι αθλητές για ύπνο, η έκθεσή τους σε τεχνητό φως οθόνης, γεγονός που παρέτεινε την ώρα του ύπνου τους, κάποια βαριά γεύματα πριν τον ύπνο, αλλά και η ψυχολογική πίεση που υφίσταντο από τις υψηλές απαιτήσεις των προπονήσεων (Knufinke et al., 2018).

Το Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) χρησιμοποιήθηκε και από τους Supriah et al (2021) σε νεαρούς ελίτ αθλητές διαφόρων αθλημάτων, ατομικών και ομαδικών, σύμφωνα με το οποίο, βρέθηκε ότι το 45,2% του συνόλου των αθλητών δήλωσε “χαμηλής ποιότητας ύπνο” (poor quality sleep). Αξιοσημείωτο, δε, ήταν το γεγονός ότι οι αθλητές ομαδικών αθλημάτων παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα σκορ (σοβαρότερες δυσκολίες στον ύπνο), σε σχέση με τους αθλητές ατομικών αθλημάτων. Από την άλλη, οι Vitale et al

(2018), σε μελέτη τους σε αθλητές soccer, πρόσθεσαν μια έξτρα 16λεπτη διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (HIIT) στο ήδη υπάρχον 2ωρο νυχτερινό προπονητικό πρόγραμμα των αθλητών και μελέτησαν την επίδρασή της στην ποιότητα του ύπνου, στην κούραση και στην υπνηλία, συγκρίνοντας τις τιμές μεταξύ: α) του μέσου όρου των δύο προηγούμενων βραδιών από την HIIT, β) του επόμενου βραδιού από την HIIT και γ) του μέσου όρου των δύο επόμενων βραδιών. Στη συγκεκριμένη μελέτη, λοιπόν, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών αυτών μετρήσεων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΔΕΙΓΜΑ

Για τη μελέτη εξετάστηκαν 27 αθλήτριες πετοσφαίρισης υψηλού επιπέδου, ηλικίας 14-15 ετών (έτος γέννησης 2006-2007). Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία ενημέρωσης των γονέων, οι αθλήτριες συμμετείχαν σε κοινόβιο (προπονητικό camp) διάρκειας 20 ημερών (τελικό στάδιο επιλογής της εθνικής ομάδας). Η διαδικασία τελέστηκε υπό την επίβλεψη των Ομοσπονδιακών προπονητών. Οι αθλήτριες ενημερώθηκαν εγγράφως τόσο για το σκοπό, όσο και για τη διαδικασία της μελέτης και υπήρξε υπογεγραμμένη σχετική δήλωση συναίνεσης, στην οποία αναγραφόταν ότι συμμετέχουν εθελοντικά και έχουν το δικαίωμα να αποχωρήσουν οποιαδήποτε στιγμή. Όλα τα μέτρα του πρωτοκόλλου πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τη δήλωση του Ελσίνκι, όπως αναθεωρήθηκε το 2012, και εγκρίθηκαν από το Συμβούλιο Επιστημονικής Επισκόπησης της Ιατρικής Σχολής, του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Όλες οι μετρήσεις εκτελέστηκαν σε αθλητικό προπονητικό κέντρο, το οποίο ορίστηκε από την Ελληνική Ομοσπονδία Πετοσφαίρισης (Ε.Ο.ΠΕ.) και η διαδικασία ήταν υπό την επίβλεψη του ομοσπονδιακού προπονητή.

Η καταγραφή του προπονητικού φορτίου, της κόπωσης, καθώς και της ικανότητας των αθλητριών για προπόνηση την επόμενη ημέρα, γινόταν σε καθημερινή βάση, μετά το τέλος της κάθε προπόνησης για τις δύο πρώτες παραμέτρους και αμέσως μετά την πρωινή έγερση για την τρίτη παράμετρο.

Η αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, των νευρομυϊκών μεταβλητών απόδοσης και της μεταβλητότητας καρδιακού ρυθμού, έγινε την προτελευταία ημέρα της διεξαγωγής του κοινοβίου από την ίδια ομάδα εκπαιδευμένων εξεταστών.

Η αξιολόγηση του ύπνου με τη χρήση των ερωτηματολογίων PSQI και Sleep and Memory

(Clinic version) πραγματοποιήθηκε τρεις ημέρες πριν τη λήξη του προπονητικού κοινοβίου από τις αθλήτριες, ενώ παράλληλα οι ίδιες κατέγραφαν σε καθημερινή βάση για μία εβδομάδα συμβάντα του ύπνου με τη μορφή ημερολογίου.

Σωματικό Ανάστημα (Σ.Α.)

Αρχικά, μετρήθηκαν το σωματικό ανάστημα (cm) των αθλητριών. Οι συμμετέχουσες τοποθετήθηκαν στο αναστημόμετρο (τύπου 220 Seca, Germany) χωρίς υποδήματα, με τα χέρια τους να βρίσκονται εκατέρωθεν του σώματος ενώ τα πόδια ήταν τεντωμένα με τις φτέρνες να εφάπτονται. Το ανάστημα μετρήθηκε από το υψηλότερο σημείο της κεφαλής. Στην κάθε συμμετέχουσα δόθηκαν οδηγίες να σταθεί όρθια με χαμηλά τοποθετημένους τους ώμους, να κοιτά μπροστά και να πάρει βαθιά ανάσα. Τη στιγμή της εκπνοής η κατακόρυφη επιφάνεια του αναστημόμετρου κατέβαινε μέχρι να ακουμπήσει μαλακά, χωρίς πίεση, στο υψηλότερο σημείο της κεφαλής (κορυφή του κρανιακού θόλου). Για την ακριβή μέτρηση του ύψους το κεφάλι έπρεπε να ήταν σε τέτοια θέση, ώστε η νοητή γραμμή που ένωνε το υψηλότερο άκρο του αυτιού με την εξωτερική γωνία του ματιού (επίπεδο Frankfort), να είναι παράλληλη με το έδαφος.

Σωματική Μάζα (Σ.Μ)

Έπειτα, μετρήθηκε η σωματική μάζα (kg) των αθλητριών, κατά τη διάρκεια της οποίας, οι συμμετέχουσες τοποθετήθηκαν σε ανθρωποζυγό (τύπου, Sega A model. 770, Germany), χωρίς υποδήματα.

Λιπομέτρηση

Ακολούθησε λιπομέτρηση των αθλητριών με τη χρήση δερματοπυχόμετρου σε 9 σημεία (δικεφάλου, τρικεφάλου, υποπλατίου, υπερλαγόνιου, κοιλίας, μεσομασχαλιαίου, στήθους, μηριαίου, γαστροκνημίου).

Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού

Στη συνέχεια οι συμμετέχουσες υποβλήθηκαν σε μέτρηση του δείκτη καρδιακού στρες (CSI), καθώς και δεικτών μεταβλητότητας καρδιακού ρυθμού σε ηρεμία. Οι δείκτες HRV που μετρήθηκαν, ήταν οι RMSSD, SDNN, SD1, SD2, LF, HF, VLF), οι οποίοι αφορούν στα διαστήματα RR στις κυματομορφές, καθώς και τις τυπικές αποκλίσεις, αλλά και τις συχνότητες εκπομπής τους. Η μέτρηση έγινε σε καθιστή θέση με τη χρήση της συσκευής CardioScan.

Προθέρμανση

Μετά το τέλος της διαδικασίας αυτής, οι συμμετέχουσες υποβλήθηκαν σε κοινή τυπική προθέρμανση η οποία περιλάμβανε 5-8 δρομικές κινήσεις, δυναμικές διατάσεις των κάτω άκρων και πλειομετρικές ασκήσεις.

Αλματική ικανότητα: Αξιολόγηση της ισχύος των κάτω άκρων.

Τέλος, οι αθλήτριες αξιολογήθηκαν στο κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση (CMJ), χωρίς ελεύθερη κίνηση χεριών, με τη βοήθεια της συσκευής Optojump Next System (Microgate, Bolzano, Italy) (Brian et al, 2019). Πρόκειται για συσκευή με οπτικό σύστημα μέτρησης, η οποία στη βασική της έκδοση αποτελείται από 2 παράλληλες ράβδους, που εμπεριέχουν φωτοηλεκτρικές κυψέλες (leds). Αποτελείται από μια ράβδο μετάδοσης και μια λήψης, μήκους 1 m η καθεμία, με την κάθε ράβδο να περιέχει 96 leds (ανάλυση 1,0416cm). Τα leds στην ράβδο μετάδοσης επικοινωνούν συνεχώς με αυτά στη ράβδο λήψης. Το σύστημα ανιχνεύει διακοπές στην επικοινωνία μεταξύ των ράβδων όταν παρεμβάλλεται ο συμμετέχων μεταξύ αυτών και υπολογίζει τη διάρκειά τους. Αυτό καθιστά δυνατή τη μέτρηση των χρόνων πτήσης και επαφής κατά την εκτέλεση μιας σειράς αλμάτων με ακρίβεια 1/1000 του δευτερολέπτου. Το ειδικό λογισμικό καθιστά δυνατή τη λήψη σειράς παραμέτρων που συνδέονται με την απόδοση του αθλητή με τη μέγιστη ακρίβεια και σε πραγματικό χρόνο. Οι αθλήτριες ξεκίνησαν από όρθια θέση με τα χέρια στη μεσολαβή και εκτέλεσαν κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση, δηλαδή μετά από κάμψη των γονάτων στις 90 μοίρες. Κατά την διάρκεια του καθίσματος, δόθηκε η οδηγία να παραμένει ο κορμός όσο το δυνατόν σε όρθια θέση, για να αποφευχθεί κάθε πιθανή επίδραση στην απόδοση των κάτω άκρων. Πριν τη μέτρηση, προηγήθηκαν 2-3 δοκιμαστικά άλματα, με στόχο την εξοικείωση των αθλητριών με την διαδικασία. Στη συνέχεια, ακολούθησε η κύρια μέτρηση, στην οποία οι αθλήτριες εκτέλεσαν δύο άλματα, ο μέσος όρος (Μ.Ο.) των οποίων, χρησιμοποιήθηκε στη στατιστική ανάλυση των μετρήσεων. Μεταξύ των προσπαθειών υπήρχε διάλειμμα 30 sec.

Αξιολόγηση εσωτερικού φορτίου

Οι αθλήτριες, μετά το τέλος κάθε προπόνησης, καλούνταν να καταγράφουν την υποκειμενική αντίληψη της κόπωσής τους σε ειδικά έντυπα, με τη χρήση δεκάβαθμης κλίμακας (Rate of Perceived Exertion – RPE), καθώς και τη διάρκεια της προπόνησης (σε λεπτά), δεδομένα τα οποία χρησιμεύουν στην καταγραφή του προπονητικού φορτίου (Foster et al., 1998). Επίσης, κάθε πρωί μετά την έγερση κατέγραφαν, επίσης σε δεκάβαθμη κλίμακα, την ημερήσια ικανότητά τους (διάθεση) για προπόνηση (Rate of Perceived

Recovery – RPR).

Αξιολόγηση ποιότητας ύπνου

Για την ολοκληρωμένη αποτύπωση της έντασης των προπονητικών ερεθισμάτων και την σχέση με το προπονητικό φορτίο, 3 ημέρες πριν από το τέλος του κοινοβίου ζητήθηκε η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου ύπνου Pittsburgh Sleep Quality (PSQI), ενώ επιδιώχθηκε η καθημερινή καταγραφή για μια εβδομάδα γεγονότων του ύπνου σε αντίστοιχο ημερολόγιο. Το ερωτηματολόγιο PSQI είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο αυτοαξιολόγησης, το οποίο περιλαμβάνει 7 υποκατηγορίες δυσκολιών στον ύπνο, καθεμία από τις οποίες, αξιολογείται από τον ίδιο τον συμμετέχοντα και η διαβάθμιση κυμαίνεται από 0 – 3 (το 3 εκφράζει τη μεγαλύτερη διαταραχή). Άθροισμα ≤ 5 αντιπροσωπεύει άτομο με «καλής ποιότητας ύπνο», ενώ άθροισμα >5 αντιπροσωπεύει άτομο με «κακής ποιότητας ύπνο». Συμπληρωματικά, χρησιμοποιήθηκε και το ερωτηματολόγιο Sleep and Memory Clinic Version 1.0.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson (r). Ως επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε το 0,05 και όλες αναλύσεις έγιναν με το πρόγραμμα SPSS IBM, (v22, για ηλεκτρονικούς υπολογιστές).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Προπονητικό Φορτίο (ΠΦ)

Το Μέσο Προπονητικό Φορτίο (μΠΦ) που εφαρμόστηκε στο κοινόβιο της παρούσας μελέτης, συνολικής διάρκειας 20 ημερών, φαίνεται ότι ήταν υπομέγιστης έντασης, και πιο συγκεκριμένα, ανήλθε στις 1721.51 ± 244.18 μονάδες ($p = 0.001$). Ο δείκτης υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης (RPE) κυμάνθηκε από 5.10-7.60 για τις αθλήτριες, με μέση τιμή 6.44 ± 0.65 . Τέλος, ο δείκτης, ο οποίος αναφερόταν στην ικανότητα (διάθεση) των αθλητριών για προπόνηση την επόμενη ημέρα (RPR), κυμάνθηκε από 5.30-9.20, με μέση τιμή 7.45 ± 0.57 .

Οι τιμές παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3.

| Παράμετροι | Μονάδα Μέτρησης | Μέση τιμή±SD |
|--------------------|-----------------|----------------|
| Προπονητικό Φορτίο | A.U. | 1721.51±244.18 |
| RPE | Scale 1-10 | 6.44±0.65 |
| RPR | Scale 1-10 | 7.45±0.57 |

Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του μέσου Προπονητικού Φορτίου (μΠΦ) και της μέσης Υποκειμενικής Αντίληψης Κόπωσης (μRPE) ($r = 0.665$, $p = 0.005$).

Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ του μΠΦ (M.T.) και της μέσης ικανότητας (διάθεσης) για προπόνηση την επόμενη ημέρα (μRPR), ούτε μεταξύ της μRPE και της μRPR.

Αλματική ικανότητα

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται η μέση τιμή των CMJ των αθλητριών, καθώς και η τυπική απόκλιση, όπως μετρήθηκε στο τέλος του προπονητικό camp των αθλητριών πετοσφαίρισης.

Πίνακας 4.

| Παράμετρος | Μονάδα Μέτρησης | Μέση τιμή±SD |
|------------|-----------------|--------------|
| CMJ | cm | 28.94±3.45 |

Το κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση (CMJ) των αθλητριών συσχετίστηκε θετικά με το γενικό σκορ του PSQI (Pittsburgh Sleep Quality Index) ($r = 0.576$, $p = 0,031$).

Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού (Heart Rate Variability – HRV)

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των παραμέτρων της HRV των αθλητριών, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις τους, όπως μετρήθηκαν στο τέλος του προπονητικό camp.

Πίνακας 5.

| Παράμετροι | Μονάδα Μέτρησης | Μέση τιμή±SD |
|-------------------|------------------------|---------------------|
| MaxRR | ms | 1048.00±182.88 |
| MinRR | ms | 526.00±154.81 |
| MeanRR | ms | 820.00±108.76 |
| CV | % | 7.1±3.26 |
| SDNN | ms | 58.00±38.83 |
| pNN50 | % | 20.8±22.45 |
| pNN100 | % | 3.2±16.21 |
| RMSSD | ms | 62.00±51.10 |
| SD1 | ms | 44.4±36.29 |
| SD2 | Ms | 69.7±44.15 |
| LF | ms² | 9525±7398 |
| HF | ms² | 15153±15147 |
| LF/HF | % | 0.6±0.32 |
| CSI | % | 21.00±18.86 |
| HR | bpm | 73.00±9.22 |
| Fit Level | Scale 1-10 | 8.00±1.66 |

MaxRR: Μέγιστο διάστημα 2 διαδοχικών κυματομορφών,
MinRR: Ελάχιστο διάστημα 2 διαδοχικών κυματομορφών,
Mean RR: Μέση τιμή κυματομορφών, CV: Συντελεστής μεταβλητότητας,
SDNN: Τυπική απόκλιση των NN διαστημάτων,
pNN50: Ποσοστό των διαδοχικών NN διαστημάτων με μεταξύ τους διαφορά >50ms,
pNN100: Ποσοστό των διαδοχικών NN διαστημάτων με μεταξύ τους διαφορά >100ms
RMSSD: Τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής του συνόλου των τετραγώνων των διαδοχικών NN διαστημάτων,
SD1: Poincare (κάθετες τιμές), SD2: Poincare (οριζόντιες τιμές),
LF: Ισχύς σήματος στις χαμηλές συχνότητες,
HF: Ισχύς σήματος στις υψηλές συχνότητες,
CSI: Δείκτης κόπωσης, HR: Καρδιακή συχνότητα,
Fit Level: Επίπεδο φυσικής κατάστασης.

Δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση των μεταβλητών της HRV με το μΠΦ, ούτε με την μRPE των αθλητριών.

Παρατηρήθηκε, ωστόσο αρνητική συσχέτιση συγκεκριμένων μεταβλητών της spectral analysis, και πιο συγκεκριμένα του λόγου LF/HF με τη μRPR των αθλητριών ($r = -0.588$, $p = 0.027$).

Παρατηρήθηκε, επίσης, σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ SDNN και του σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r = -0.568$, $p = 0.022$).

Το pNN50 σχετίστηκε αρνητικά με το επιμέρους σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r = -0.642$, $p = 0.007$).

Παρατηρήθηκε σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ του RMSSD και του επιμέρους σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r = -0.556$, $p = 0.025$).

Το SD(1) συσχετίστηκε αρνητικά με το επιμέρους σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r = -0.559$, $p = 0.25$).

Το SD(2) συσχετίστηκε αρνητικά με το επιμέρους σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r = -0.572$, $p = 0.20$).

Ύπνος

Από τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου Pittsburgh αναδεικνύεται η εικόνα των αθλητριών γενικότερα όσον αφορά τις συνήθειες ύπνου (διάρκεια, ποιότητα και πιθανές διαταραχές) οι οποίες συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια του προπονητικού κοινοβίου.

Σύμφωνα με την κλίμακα αξιολόγησης της ποιότητας του ύπνου (PSQI), το 16% των αθλητριών έχουν αναφέρει προβλήματα ύπνου.

Ειδικότερα:

Οι αθλήτριες κοιμούνται 9.23 ± 1.32 ώρες. Το 36% των αθλητριών έπεφτε για ύπνο στις 12:00π.μ. και μόλις το 16% των αθλητριών κοιμόταν μετά την 1:00π.μ. Τέλος το 52% των αθλητριών κοιμόταν μεταξύ 12:00π.μ. και 1:00π.μ.

Το 60% των αθλητριών ξυπνούσε μετά τις 10:00π.μ.

Το 16% των αθλητριών χρειαζόταν τουλάχιστον 20 min για να κοιμηθεί.

Περισσότερες από 8 ώρες ύπνου κοιμόταν το 70% των αθλητριών, ενώ περισσότερο από 10 ώρες ύπνου κοιμόταν το 16% των αθλητριών.

Το 64% των αθλητριών δεν ξυπνούσε καθόλου κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ το 76% των αθλητριών δεν έβλεπε εφιάλτες. Αντίθετα, το 20% των αθλητριών δήλωσε ότι έβλεπε εφιάλτες περισσότερες από 3 φορές την εβδομάδα.

Σχετικά με την αναφορά ποιότητας ύπνου, το 48% των αθλητριών δήλωσε καλή ποιότητα, ενώ το 52% δήλωσε σχεδόν καλή.

Το 68% αθλητριών κοιμόταν με κάποιον άλλο στο σπίτι, ο οποίος βρισκόταν σε άλλο δωμάτιο. Το 32% των αθλητριών κοιμόταν με κάποιον άλλο στο ίδιο δωμάτιο, αλλά σε διαφορετικό κρεβάτι.

Το 91% των αθλητριών δήλωσε ότι δεν έκανε καμία χρήση υπνωτικών φαρμάκων.

Το 76% των αθλητριών δήλωσε ότι έχει καλή διάθεση την επόμενη ημέρα και ότι δεν έχει υπνηλία κατά τη διάρκεια διαφόρων δραστηριοτήτων. Ενδιαφέρον παρουσίασε, ωστόσο, ότι το 24% των αθλητριών αισθανόταν υπνηλία.

Τέλος, το 83.3% των αθλητριών δεν ροχάλιζε, όπως δήλωσαν τα άτομα τα οποία είχαν εικόνα του ύπνου τους, το 79.2% δεν είχαν σύνδρομο ανήσυχων ποδιών, ενώ στο 91.7% των αθλητριών δεν παρατηρήθηκαν καταστάσεις σύγχυσης.

Από τις απαντήσεις του ερωτηματολόγιο Ύπνου και μνήμης για παιδιά και εφήβους (Sleep and Memory – Clinic Version), προκύπτουν τα εξής:

Σχετικά με τις αδυναμίες σε συγκεκριμένα μαθήματα, δηλώνει “καμία αδυναμία” το 48% των αθλητριών, και αδυναμία στα μαθηματικά το 52% των αθλητριών.

Οι σημερινές σχολικές τους επιδόσεις αναφέρονται ως άριστες σε ποσοστό 69.2%, καλές από το 23.1%, ενώ πτωχές αναφέρονται από το 7.7% των αθλητριών.

Οι κυριότερες δραστηριότητες των αθλητριών ήταν η άσκηση σε σωματείο στο 84.6%, εκμάθηση ξένων γλωσσών στο 80.8%, η ενασχόληση με μουσικά όργανα στο 11.5% και οι τέχνες στο 3.8% των αθλητριών.

Η χρήση αλκοόλ “μερικές φορές το χρόνο” δηλώθηκε από το 11.5% των αθλητριών, ενώ “καθόλου” από το 88.5% των αθλητριών.

Τα ενεργειακά ποτά δεν καταναλώνονταν “καθόλου” από το 57.7%, “περιστασιακά” από το 26.9% και “μια φορά την εβδομάδα” από το 11.5% των αθλητριών.

Οι αμυγδαλές ήταν το πιο συχνό νόσημα που αναφέρθηκε από τις αθλήτριες και το οποίο διαγνώστηκε στο 26.9% των αθλητριών.

Τα κυριότερα υπνικά προβλήματα που αναφέρθηκαν ήταν “οι εφιάλτες” σε ποσοστό 26.9% των αθλητριών, ενώ ένα μικρό ποσοστό (7.7%) ανέφερε “δυσκολία στον ύπνο”.

Τα συχνότερα συμβάντα πριν τον ύπνο ήταν το τίναγμα του σώματος σε ποσοστό 38.5% των αθλητριών. Κατά τη διάρκεια του ύπνου αναφέρθηκε διακοπτόμενη αναπνοή από ένα μικρό ποσοστό αθλητριών (3.8%). Τέλος, αμέσως μετά τον ύπνο, κατά το πρωινό ξύπνημα, αναφέρθηκαν “αισθήματα άγχους” από το 53.8% των αθλητριών, “έντονη ευερεθιστότητα” από το 34.6% των αθλητριών, “πονοκέφαλος” από το 26.9%, ο οποίος υποχωρούσε κατά τη διάρκεια της ημέρας, και διάσπαση προσοχής από το 19.2% των αθλητριών.

Τα παραπάνω αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6.

| ΣΥΜΒΑΝΤΑ ΥΠΝΟΥ | Ποσοστό (%) επί του συνόλου των αθλητριών |
|---|--|
| PSQI | |
| Κατάκλιση στις 00:00π.μ. | 36,00% |
| Κατάκλιση μεταξύ 00:00-01:00π.μ. | 52,00% |
| Κατάκλιση μετά τη 01:00π.μ. | 16,00% |
| Έγερση μετά τις 10:00π.μ. | 60,00% |
| Ύπνος μετά το πέρας 20 λεπτών | 16,00% |
| Αναφορά προβλημάτων στον ύπνο | 16,00% |
| Καλή ποιότητα ύπνου | 48,00% |
| Σχεδόν καλή ποιότητα ύπνου | 52,00% |
| Διάρκεια ύπνου >8 ώρες | 70,00% |
| Διάρκεια ύπνου >10 ώρες | 16,00% |
| Ύπνος χωρίς διακοπές | 64,00% |
| Ύπνος χωρίς εφιάλτες | 76,00% |
| Ύπνος με εφιάλτες για >3 φορές / εβδομάδα | 20,00% |
| Ύπνος με άλλο άτομο στο δωμάτιο | 32,00% |
| Λήψη υπνωτικών φαρμάκων | 9,00% |
| Υπνηλία την επόμενη ημέρα | 24,00% |
| Καλή διάθεση/ενεργητικότητα την επόμενη ημέρα | 76,00% |
| Αναφορά ροχαλητού από συμπαίκτρια | 16,70% |
| Σύνδρομο ανήσυχων ποδιών | 20,80% |
| SLEEP AND MEMORY (Clinic Version) | |
| Τίναγμα του σώματος | 38,00% |
| Διακοπτόμενη αναπνοή | 3,08% |
| Άγχος την επόμενη ημέρα | 53,80% |
| Ευερεθιστότητα την επόμενη ημέρα | 34,60% |
| Πονοκέφαλος την επόμενη ημέρα | 26,90% |
| Διάσπαση προσοχής | 19,20% |

Οι παράμετροι μΠΦ, μRPE και μRPR δεν συσχετίστηκαν με την κλίμακα ύπνου του PSQI. Η κλίμακα ύπνου του PSQI συσχετίστηκε θετικά με το CMJ των αθλητριών ($r = 0.576$, $p = 0,031$).

Παρατηρήθηκε, επίσης, αρνητική συσχέτιση μεταξύ SDNN και του επιμέρους σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r = -0.568$, $p =$

0.022).

Το pNN50 σχετίστηκε αρνητικά με το επιμέρους σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r = -0.642$, $p = 0.007$).

Παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ του RMSSD και του επιμέρους σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r = -0.556$, $p = 0.025$).

Το SD(1) συσχετίστηκε αρνητικά με το επιμέρους σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r = -0.559$, $p = 0.25$).

Το SD(2) συσχετίστηκε αρνητικά με το επιμέρους σκορ στην ερώτηση του PSQI, που αφορούσε την ποιότητα ύπνου των αθλητριών ($r = -0.572$, $p = 0.20$).

Ο λόγος LF/HF συσχετίστηκε θετικά με τη συχνότητα εμφάνισης δυσκολίας στο να μείνουν ξύπνιες οι αθλήτριες σε κοινωνικές δραστηριότητες ($r = 0.563$, $p = 0.023$).

Η Καρδιακή Συχνότητα Ηρεμίας (HR) των αθλητριών συσχετίστηκε θετικά με τη συχνότητα λήψης υπνωτικών φαρμάκων ($r = 0.806$, $p = 0.000$).

Το Fitness Level των αθλητριών στο CardioScan συσχετίστηκε θετικά με την ώρα της πρωινής τους έγερσης ($r = 0.518$, $p = 0.028$), ενώ συσχετίστηκε αρνητικά με τη συχνότητα λήψης υπνωτικών φαρμάκων ($r = -0.488$, $p = 0.040$).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ του προπονητικού φορτίου (ΠΦ), της κόπωσης (RPE), της ικανότητας για προπόνηση την επόμενη ημέρα (RPR), της αλματικής ικανότητας, με κύριο εκφραστή το κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση (CMJ), της μεταβλητότητας καρδιακού ρυθμού (HRV) και του ύπνου, σε υψηλού επιπέδου αθλήτριες πετοσφαίρισης, ηλικίας 14-15 ετών, κατά τη διάρκεια ενός προπονητικού κοινοβίου 20 ημερών.

Η καταγραφή των προπονητικών φορτίων έχει φανεί ότι βοηθάει στον καλύτερο έλεγχο της σχέσης μεταξύ φόρτισης και κινδύνου τραυματισμού στους αθλητές (Bourdon et al., 2017).

Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια αρκετές μελέτες, στην πετοσφαίριση ειδικότερα, δίνουν ενδιαφέρουσες πληροφορίες για τη σχέση της έντασης του Π.Φ. με νευρομυκικές προσαρμογές, με την κόπωση, με την αποκατάσταση, αλλά και με δείκτες ευεξίας σε ενήλικες αθλητές (Andrade et al., 2018 , Lima et al., 2020 , Freitas et al., 2014 , Clemente et al., 2019 , Clemente et al., 2018 , Debien et al., 2018 , Mendes et al., 2018 , Horta et al., 2019 , Berriel et al., 2020 , Duarte et al., 2019 , Timoteo et al., 2017), ενώ μόνο μία μελέτη αφορά σε νεαρούς αθλητές (Aoki et al., 2017).

Το Μέσο Προπονητικό Φορτίο (μΠΦ) που εφαρμόστηκε στο κοινόβιο της παρούσης

μελέτης, συνολικής διάρκειας 20 ημερών, φαίνεται ότι ήταν υπομέγιστης έντασης και δεν πλησίαζε ακραίες τιμές. Η μέση τιμή του προπονητικού φορτίου των αθλητριών ανήλθε στις 1721.51 ± 244.18 μονάδες ($p = 0.001$). Ο δείκτης υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης (RPE) κυμάνθηκε από 5.10-7.60 (6.44 ± 0.65), ενώ ο δείκτης, που αναφερόταν στην ικανότητα (διάθεση) των αθλητριών για προπόνηση την επόμενη ημέρα (RPR), κυμάνθηκε από 5.30-9.20 (7.45 ± 0.57).

Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ μΠΦ και μRPE ($r = 0.665$, $p = 0.005$).

Σε σημαντικό αριθμό μελετών, όπου έγινε καταγραφή ΠΦ για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους (Andrade et al., 2018, Aoki et al., 2017, Debien et al., 2018), παρατηρούνταν υψηλότερα προπονητικά φορτία κατά την περίοδο προετοιμασίας, λόγω της προπόνησης δύναμης, στην οποία δινόταν έμφαση, σε αντίθεση με την αγωνιστική περίοδο, όπου τα φορτία ήταν χαμηλότερα λόγω της έμφασης που δινόταν περισσότερο σε τεχνικοτακτικά στοιχεία. Παρόλα αυτά, η πλειοψηφία αυτών (Andrade et al., 2018, Debien et al., 2018) αφορούσε ενήλικες αθλητές, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να γίνει σύγκριση των καταγεγραμμένων προπονητικών φορτίων με τα αντίστοιχα της παρούσας μελέτης.

Οι Aoki et al (2017), των οποίων η μελέτη ήταν η μοναδική που αφορούσε πετοσφαιριστές νεαρής ηλικίας (<16 και <19) από την πρόσφατη βιβλιογραφία, κατέγραφαν το ΠΦ, τόσο κατά την περίοδο προετοιμασίας όσο και κατά την αγωνιστική περίοδο της σεζόν, με στόχο την επίδραση των ΠΦ στην αλματική ικανότητα των αθλητών των δύο ηλικιακών κατηγοριών. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι τα ΠΦ των αθλητών ήταν υψηλότερα κατά τη διάρκεια της περιόδου προετοιμασίας σε σχέση με την αγωνιστική περίοδο, κι αυτό ίσχυε και για τις δύο ηλικιακές ομάδες. Οι <19 δέχονταν μεγαλύτερα ΠΦ σε σχέση με τους <16 και στις δύο περιόδους. Πιο συγκεκριμένα, κατά την περίοδο προετοιμασίας οι <19 περιείχαν περισσότερη προπόνηση δύναμης στο εβδομαδιαίο πρόγραμμά τους σε σχέση με τους <16, των οποίων η προπόνηση περιλάμβανε περισσότερα τεχνικά κομμάτια και φυσική κατάσταση.

Οι μεσες τιμές των τιμών εσωτερικού φορτίου της ομάδας <16 ετών κάθε προπόνησης ήταν χαμηλότερες από αυτές της παρούσης μελέτης, γεγονός που δείχνει έναν εμφανώς καλύτερο μακροχρόνιο προπονητικό σχεδιασμό στη Βραζιλία σε σχέση με τα ελληνικά δεδομένα, ο οποίος φέρει καλύτερες προσαρμογές στους αθλητές, προσδίδοντάς τους ποιοτικότερα χαρακτηριστικά.

Επιπλέον, οι προπονητικές μονάδες φορτίου λόγω των διπλών προπονήσεων των αθλητριών της παρούσης μελέτης έχουν αθροιστεί και παρουσιάζονται ως τιμές ημέρας. Ακόμα και εάν διαιρέσουμε το συνολικό άθροισμα των μονάδων σε δύο προπονήσεις, φαίνεται ότι το

προπονητικό φορτίο των αθλητριών του κοινοβίου της παρούσης μελέτης ήταν μεγαλύτερο από το φορτίο της ομάδας των <16 της μελέτης των Aoki et al (2017). Αυτό μπορεί να αποδοθεί, αφενός σε πιθανή έλλειψη κοινής γραμμής των σωματείων να ακολουθήσουν κατάλληλα για την ηλικία προγράμματα φυσικής κατάστασης κατά τη διάρκεια των εγχώριων πρωταθλημάτων, κι αφετέρου στη μακρά περίοδο κορωνοϊού που μεσολάβησε, στην οποία δεν ήταν δυνατή η συστηματική άσκηση για μεγάλο χρονικό διάστημα, φέρνοντας αποπροσαρμογές στις αθλήτριες, με αποτέλεσμα οι πολύωρες και διπλές προπονήσεις της εθνικής ομάδας να προσθέσουν μεγαλύτερο stress στον οργανισμό τους.

Ως προς τον ειδικότερο προπονητικό σχεδιασμό, δεν μπορεί να υπάρξει σύγκριση με την παρούσα μελέτη, καθώς η τελευταία αφενός ήταν μικρότερης διάρκειας (20 ημερών) κι αφετέρου διεξήχθη σε περίοδο προετοιμασίας για την Εθνική ομάδα, συνεπώς δε λάμβαναν χώρα αγώνες. Ωστόσο, οι βασικές αρχές και το περιεχόμενο του καθημερινού προγράμματος των αθλητριών της παρούσης μελέτης περιλάμβανε σημαντικό αριθμό τεχνικών, τακτικών ασκήσεων, συστηματική προπόνηση δύναμης, καθώς και πλειομετρική προπόνηση για την ανάπτυξη της αλματικής ικανότητας, στοιχεία που περιγράφονται και στην μελέτη των Aoki et al (2017).

Η καταγραφή της ικανότητας (διάθεσης) για προπόνηση την επόμενη ημέρα (RPR) μπορεί να αποτελέσει ένα πρόσθετο κριτήριο μελέτης της κόπωσης ή και της ικανότητας του οργανισμού να προσαρμόζεται στο προπονητικό stress στο σύντομο χρονικό διάστημα της νύχτας που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο προπονήσεις (Andrade et al., 2018). Σύμφωνα με την μελέτη αυτή, η καταγραφή δεικτών ευρωστίας (Recovery Status), γίνεται συνήθως σε καθημερινή βάση, και πιο σπάνια σε εβδομαδιαία, και μπορεί να βοηθήσει τόσο στην πρόληψη τραυματισμών, όσο και στην αποφυγή της χρόνιας κόπωσης.

Στην παρούσα μελέτη, δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ μΠΦ και μRPR, ούτε μεταξύ μRPE και μRPR.

Το recovery status των αθλητριών της παρούσης μελέτης ήταν ικανοποιητικό, με βάση τις μέσες τιμές των δεικτών που αναφέρονταν στην ικανότητα για προπόνηση την επόμενη μέρα (ελαφρά μικρότερες των τιμών των Andrade et al (2018)), και παρόλο που βρέθηκαν μεγαλύτερες τιμές εσωτερικού φορτίου (υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης) στις αθλήτριες λόγω των διπλών προπονήσεων στο κοινοβίο, σε σχέση με τις αντίστοιχες της μελέτης των Andrade et al (2018), φαίνεται να μεσολαβούσε επαρκές διάστημα ύπνου, το οποίο μπορούσε σε σημαντικό βαθμό να εξισορροπήσει την κόπωση.

Το CMJ (κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση) αποτελεί, αφενός, μια βασική δεξιότητα στην πετοσφαίριση, καθώς χρησιμοποιείται επαναλαμβανόμενα σε βασικές ενέργειες, (σερβίς,

επίθεση, μπλοκ) (Cardoso et al., 2021), κι αφετέρου, ένα σημαντικό δείκτη αξιολόγησης νευρομυικών προσαρμογών, όπως η μυική ισχύς των κάτω άκρων στους αθλητές (Carroll et al., 2017, Rousanoglou et al., 2013).

Οι Freitas et al (2020) κατέδειξαν τη σημαντικότητα στο να εντάξουν οι προπονητές την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων αλμάτων στο προπονητικό πρόγραμμα των αθλητών. Σε μελέτη τους σε ενήλικες πετοσφαιριστές για χρονική διάρκεια 6 εβδομάδων μέσα στη σεζόν, βρήκαν, κατά πρώτον, θετική συσχέτιση του εσωτερικού φορτίου με τη διαφορά (%Δ) στο CMJ μεταξύ πριν και μετά τις 6 εβδομάδες, δείχνοντας με τον τρόπο αυτό, ότι οι αθλητές με τις μεγαλύτερες βελτιώσεις στο CMJ είχαν και υψηλότερες τιμές υποκειμενικής αντίληψης προσπάθειας με βάση την κλίμακα RPE. Κατέληξαν, συνεπώς, στο συμπέρασμα ότι απαιτούνται υψηλά προπονητικά φορτία, προκειμένου να επιτευχθούν υψηλότερες επιδόσεις στο κατακόρυφο άλμα. Κατά δεύτερον, παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση του εσωτερικού φορτίου με τη μέση ισχύ των επαναλαμβανόμενων αλμάτων μετά τις 6 εβδομάδες, γεγονός που τους έδειξε ότι η βελτίωση της ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων αλμάτων, ενδεχομένως να βοηθάει στο να αποκτήσουν οι αθλητές τις κατάλληλες προσαρμογές, ώστε να διαχειρίζονται καλύτερα και να υποστηρίζουν υψηλότερα προπονητικά φορτία. (Freitas-Junior et al., 2020).

Από την άλλη, μελέτη των των Aoki et al (2017) σε νεαρούς αθλητές πετοσφαίρισης ηλικιακών κατηγοριών <16 και <19, έδειξε σημαντική αύξηση στο CMJ στο τέλος περιόδου 9 εβδομάδων, η οποία χωριζόταν σε 2 μεσόκυκλους: αρχικά στην περίοδο προετοιμασίας διάρκειας 5 εβδομάδων, η οποία χαρακτηριζόταν από υψηλότερα ΠΦ, κι έπειτα στην αγωνιστική περίοδο, διάρκειας 4 εβδομάδων, όπου τα φορτία που εφαρμόστηκαν ήταν χαμηλότερα. Αντίστοιχα, σε μελέτη των Cruz et al (2018) σε νεαρές αθλήτριες καλαθοσφαίρισης, το CMJ παρουσίαζε μείωση στις τιμές του, όταν εφαρμόζονταν στις αθλήτριες υψηλά προπονητικά φορτία κατά τη διάρκεια των 9 εβδομάδων που διήρκεσαν οι μετρήσεις.

Στην παρούσα μελέτη, η οποία αφορούσε έφηβες αθλήτριες πετοσφαίρισης, δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ του CMJ και του μΠΦ. Η έλλειψη συσχετίσεων ενδεχομένως καθιστά το κατακόρυφο άλμα λιγότερο ευαίσθητο δείκτη νευρομυικών προσαρμογών στις μεταβολές του προπονητικού φορτίου, σε σχέση με το RPE, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο.

Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ του CMJ και της διάρκειας ύπνου των αθλητριών. Αντίστοιχα, μελέτη των Abbott et al (2022) σε ελίτ αθλητές soccer, οι οποίοι εξέτασαν εάν ο περιορισμένος ύπνος είχε επιπτώσεις στο κατακόρυφο άλμα των αθλητών, δε βρήκαν σημαντικές διαφορές στις αλματικές επιδόσεις. Φάνηκε, συνεπώς, να μην

επιηρεάζεται η αλματική ικανότητα των αθλητών από τη διάρκεια του ύπνου.

Αντίθετα, μελέτη των Mah et al (2019), έδειξε σημαντική μείωση στο CMJ σε ελίτ ποδηλάτες, όταν περιορίστηκε σε αυτούς η διάρκεια ύπνου από 7 σε 4 ώρες, για τρεις συνεχόμενες ημέρες.

Αντίστοιχη μελέτη που αφορούσε αθλήτριες gymnastics, στην οποία εφαρμόστηκε παρέμβαση για τη βελτίωση της “sleep hygiene” στις αθλήτριες, έδειξε στατιστικά σημαντική βελτίωση στο CMJ (Cecilia-Callejo et al., 2019).

Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ του CMJ και του γενικού σκορ του PSQI των αθλητριών ($r = 0.576$, $p = 0,031$).

Λαμβάνοντας υπόψιν το γεγονός ότι οι τιμές του PSQI κυμάνθηκαν εντός των φυσιολογικών ορίων στις αθλήτριες και δεν ξεπέρασαν τη μέγιστη τιμή “5”, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το ανώτατο όριο των των φυσιολογικών τιμών του PSQI είναι ένα “κατώφλι”, το οποίο μας επιβεβαιώνει ότι ακόμα και σε αυτό αν φτάσει ο αθλητής, εξακολουθεί να έχει υψηλά άλματα. Συνεπώς, παρόλο που μια κακή ποιότητα ύπνου θα μπορούσε να επηρεάζει την αλματική απόδοση, λόγω του γεγονότος ότι η κλίμακα των αθλητριών της παρούσης μελέτης κορυφώνεται στην τιμή “5”, δηλ στη μέγιστη δυνατή αποδεκτή τιμή ως φυσιολογική, η θετική συσχέτιση υψηλής τιμής δείκτη ποιότητας ύπνου και υψηλού άλματος, μας επιβεβαιώνει οτι το όριο των 5 μονάδων δίνει τη δυνατότητα στον αθλητή να διατηρεί υψηλή αλματική ικανότητα.

Η Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού (HRV) αφορά στη μεταβλητότητα του χρονικού διαστήματος μεταξύ των διαδοχικών καρδιακών παλμών, και αναφέρεται συνεπώς στις διακυμάνσεις του Συμπαθητικού και Παρασυμπαθητικού Νευρικού Συστήματος, τα οποία αποτελούν το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα. Ο υπολογισμός της HRV γίνεται με τη μέτρηση παραμέτρων, οι οποίες μελετώνται είτε μέσω της time analysis είτε μέσω της spectral analysis (Kim et al., 2018 , Dong et al., 2016). Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες μεταβλητές της time analysis είναι οι RMSSD, SDNN, NN50 (και pNN50), NN100 (και pNN100) (Kim et al., 2018 , Singh et al., 2018 , Shaffer et al., 2017 , D'Ascenzi et al., 2013). Όσον αφορά τη spectral analysis, η διερεύνηση του σήματος στις υψηλές συχνότητες (HF) μας δείχνει την παρασυμπαθητική δραστηριότητα, ενώ η αυξημένη δραστηριότητα του σήματος στις χαμηλές συχνότητες (LF) προσδιορίζεται τόσο από συμπαθητική, όσο και από παρασυμπαθητική δραστηριότητα. Χρησιμοποιείται, τέλος, η σχέση LF/HF, η οποία δείχνει την ισορροπία μεταξύ συμπαθητικής και παρασυμπαθητικής δραστηριότητας. Πιο συγκεκριμένα, το ΣΝΣ αντανακλάται από τη σχέση $LF/HF > 1$. Αντιθέτως, η έντονη παρασυμπαθητική δράση συνδέεται με μειωμένο λόγο LF/HF. Χρησιμοποιείται, τέλος, το

γράφημα Poincaré (SD1, SD2), το οποίο θεωρείται μέθοδος που βασίζεται σε μη γραμμική δυναμική. Ο δείκτης SD1 αντιστοιχεί στην παρασυμπαθητική δραστηριότητα, ενώ ο δείκτης SD2 αντιστοιχεί και σε συμπαθητική και σε παρασυμπαθητική δραστηριότητα (Kim et al., 2018, Singh et al., 2018, D'Ascenzi et al., 2013).

Η υψηλή HRV έχει συνδεθεί με μια γενικότερα καλύτερη κατάσταση υγείας, καθώς μας δείχνει ότι ο οργανισμός μπορεί να προσαρμόζεται καλύτερα σε εσωτερικά και εξωτερικά ερεθίσματα. Αντιθέτως, μία χαμηλή HRV σχετίζεται με μειωμένες ρυθμιστικές λειτουργίες ομοιόστασης του Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος (ΑΝΣ), οι οποίες μειώνουν την ικανότητα του σώματος να αντιμετωπίζει τους στρεσογόνους παράγοντες (Sztajzel et al., 2004). Στον αθλητισμό, η HRV συνδέεται με το επίπεδο της φυσικής κατάστασης των αθλητών, καθώς θεωρείται, με βάση σημαντικό αριθμό μελετών, δείκτης προσαρμοστικότητας του αθλητή στα προπονητικά ερεθίσματα που δέχεται, (Liao et al., 2022, Flatt et al., 2019, Flatt et al., 2020, Flatt et al., 2017, Flatt et al., 2017, Edmonds et al., 2014). Σύμφωνα με τις συγκεκριμένες μελέτες, η HRV φάνηκε να επηρεάζεται σε περιόδους με έντονες μεταβολές του προπονητικού φορτίου κατά τη διάρκεια ενός προπονητικού σχεδιασμού.

Η επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών της HRV για την καλύτερη αποτύπωση της κόπωσης στους αθλητές αποτελεί θέμα αντιπαραθέσεων στην επιστημονική κοινότητα. Ειδικότερα, οι Flatt et al (2017, 2017, 2019, 2020), Nakamura et al (2016), Podstawski et al (2014), χρησιμοποίησαν την RMSSD, η οποία αποτελεί βασικό δείκτη της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας, ενώ οι Liao et al (2022), Cardoso et al (2021), Hernandez-Cruz et al (2017) και D'Ascenzi et al (2013) επέλεξαν περισσότερες μεταβλητές (μέση ΚΣ, RMSSD, SDNN, PNN50, SD1, SD2, HF, LF, VLF). Κατά τους Schmitt et al (2015, 2015), η χρήση μόνο παραμέτρων της time analysis δίνει μία πιο γενική εικόνα της κόπωσης, ενώ ο συνδυασμός παραμέτρων time και spectral analysis, καταδεικνύει περισσότερα επιμέρους είδη κόπωσης, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει τους προπονητές σε καλύτερο μακροχρόνιο προπονητικό σχεδιασμό.

Στην πετοσφαίριση, έχει μελετηθεί τα τελευταία χρόνια τόσο η επίδραση των επαναλαμβανόμενων αγώνων στην HRV (Hernandez-Cruz et al., 2017), όσο και οι μεταβολές της HRV στο διάστημα αποκατάστασης μεταξύ αγώνα και της επόμενης προπόνησης (Cardoso et al., 2021). Η HRV έχει μελετηθεί, επίσης, σε σχέση με το στρες των μετακινήσεων των αθλητών για τη συμμετοχή σε αγώνες (Edmonds et al., 2021). Έχει υπάρξει σύγκριση, επίσης, στην επίδραση των προπονητικών φορτίων των αθλητών στην HRV μεταξύ προαγωνιστικής και αγωνιστικής περιόδου (Podstawski et al., 2014). Έχουν, ακόμη, μελετηθεί οι μεταβολές της HRV πριν και μετά την αγωνιστική περίοδο (Mazon et

al., 2011), αλλά και οι μεταβολές της HRV πριν από στρεσογόνο αγώνα κατά τη διάρκεια της περιόδου των play off (D'Ascenzi et al., 2013). Συνεπώς, η μακροχρόνια καταγραφή της μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την ανάλυση της ετοιμότητας του αθλητή για προπόνηση, του recovery status του (Bisschoff et al., 2016), αλλά και των χρόνιων προσαρμογών που επιφέρει η προπόνηση ή η υπερπροπόνηση στον αθλητή (Flatt et al., 2017, Flatt et al., 2017, Schmitt et al., 2015), γεγονός που συμβάλλει στον καθορισμό των βέλτιστων προπονητικών φορτίων, με στόχο τις υψηλές επιδόσεις κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου. (Dong et al., 2016, Flatt et al., 2017, Flatt et al., 2017, Podstawski et al., 2014). Παρά το γεγονός ότι η ισορροπία συμπαθητικού και παρασυμπαθητικού φαίνεται ότι έχει διερευνηθεί διεξοδικά όσον αφορά το άθλημα της πετοσφαίρισης σε ενήλικες αθλητές και των δύο φύλων, ελάχιστες είναι οι σχετικές πληροφορίες όσον αφορά την HRV κατά τη διάρκεια κοινοβίων σε νεαρές αθλήτριες πετοσφαίρισης ηλικίας 13-15 ετών.

Στην παρούσα μελέτη, δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση των μεταβλητών της HRV με το μΠΦ, ούτε με τη μέση υποκειμενική αντίληψη κόπωσης των αθλητριών (μRPE).

Σε αυτό ενδεχομένως να έπαιξε ρόλο το γεγονός ότι οι αθλήτριες είχαν διαφορετική φυσική κατάσταση η καθεμία, καθώς προέρχονταν από διαφορετικά σωματεία, στο οποία φυσικά δεν ακολουθούσαν κοινή γραμμή σε σχέση με τα προπονητικά προγράμματα που εφαρμόζονταν.

Παρατηρήθηκε, ωστόσο, αρνητική συσχέτιση συγκεκριμένων μεταβλητών της spectral analysis, και πιο συγκεκριμένα του λόγου LF/HF με τη μέση ικανότητα (διάθεση) των αθλητριών για προπόνηση την επόμενη μέρα (μRPR) ($r = -0.588, p = 0.027$).

Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το ότι ο μειωμένος λόγος LF/HF σχετίζεται με αυξημένη παρασυμπαθητική δράση, άρα και αυξημένη ικανότητα (διάθεση) των αθλητριών για προπόνηση.

Παρόμοια ευρήματα είχε και μελέτη των Crossland et al (2018) σε αθλήτριες πετοσφαίρισης κολλεγιακού επιπέδου, όπου βρέθηκε θετική συσχέτιση της HRV, και πιο συγκεκριμένα της RMSSD, με τη Διάθεση των αθλητριών. Επιπλέον, στη συγκεκριμένη μελέτη βρέθηκε και αρνητική συσχέτιση της RMSSD με τα επίπεδα Κρεατινικής Κινάσης (CK), η οποία αποτελεί δείκτη μυϊκής καταστροφής, άρα και ενδεχόμενης ύπαρξης υπερπροπόνησης.

Καθώς δεν υπήρχαν περαιτέρω μελέτες με αντικείμενο τις μεταβολές της HRV σε έφηβες αθλήτριες μετά από περίοδο συστηματικής προπόνησης σε κοινόβιο, θα συνεχιστεί η σύγκριση της παρούσης με μελέτες, που παρουσιάζουν, ωστόσο, αρκετές διαφορές στη μεθοδολογία τους.

Πιο συγκεκριμένα, οι Edmonds et al (2021), οι οποίοι ασχολήθηκαν με 4 ηλικιακές

κατηγορίες νεαρών αθλητών πετοσφαίρισης (14-15, 15-16, 16-17, 17-18 ετών), εφαρμόζοντας για την καθεμία ξεχωριστά, 3ημερη μέτρηση της HRV (pre-gameday, gameday, post-gameday) σε εβδομαδιαία βάση, για μία ολόκληρη σεζόν, παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα με την παρούσα μελέτη, καθώς δεν καταδείκνυαν μεταβολές στην HRV ανάμεσα στις 3 συνεχόμενες ημέρες μέτρησης, κι αυτό ίσχυε σε όλες τις ηλικιακές κατηγορίες. Παρόμοια ευρήματα είχε και μελέτη των Podstawski et al (2014), οι οποίοι συγκρίνοντας την HRV κατά τη διάρκεια προαγωνιστικής και αγωνιστικής περιόδου σε ενήλικες αθλητές πετοσφαίρισης, δεν έδειξε σημαντικές διαφορές στις περισσότερες μεταβλητές της HRV ανάμεσα στις δύο περιόδους. Κάποια μείωση, ωστόσο, που παρατηρήθηκε στην παρασυμπαθητική λειτουργία, αποδόθηκε κυρίως στο συναισθηματικό στρες των αθλητών κατά την αγωνιστική περίοδο. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Mazon et al (2011), οι οποίοι δεν κατέγραψαν σημαντικές μεταβολές στην HRV κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου σε αθλητές πετοσφαίρισης. Επιπλέον, οι αλλαγές, που φάνηκαν στους δείκτες στρες, οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι δεν υπήρξε άμεση συσχέτιση μεταξύ της HRV και των συγκεκριμένων δεικτών στρες.

Αντίθετα, όσον αφορά τις time analysis μεταβλητές της HRV, τα ευρήματα της παρούσης έρχονται σε αντίθεση με τα αντίστοιχα μελέτης των Flatt et al (2017, 2018), στην οποία, μετρήθηκε ο lnRMSSD, το ΠΦ, καθώς και το εσωτερικό φορτίο (κόπωση, στρες, μυϊκός πόνος, ύπνος) σε ελίτ αθλήτριες soccer για χρονική περίοδο 2 εβδομάδων, και βρέθηκε υψηλή αρνητική συσχέτιση του ΠΦ με την HRV, καθώς και υψηλή αρνητική συσχέτιση του lnRMSSD με την κόπωση στις αθλήτριες (Flatt et al., 2017 – Individual HRV responses...). Αντίθετα ευρήματα με την παρούσα μελέτη, είχαν και οι Liao et al (2021), σε μελέτη τους, στην οποία μέτρησαν ΠΦ και HRV σε αθλήτριες πετοσφαίρισης για μία ολόκληρη σεζόν, χωρισμένη σε 3 περιόδους με ΠΦ διαφορετικών εντάσεων, και βρήκαν μερική συσχέτιση του ΠΦ και της HRV, με το δείκτη SDNN να αποτελεί τον πιο ευαίσθητο δείκτη στις μεταβολές του ΠΦ. Όσον αφορά την ανάλυση συχνοτήτων (spectral analysis), η LF, η οποία φάνηκε να είναι ο πιο ευαίσθητος δείκτης, είχε πτωτική τάση από την 1η στη 2η περίοδο, γεγονός που έδειξε μείωση της λειτουργίας του πνευμονογαστρικού νεύρου, ενώ στη συνέχεια αυξήθηκε ελαφρά από τη 2η στην 3η περίοδο, γεγονός που οφειλόταν αφενός στην καλύτερη αποκατάσταση κι αφετέρου στο ότι είχε βελτιωθεί και η φυσική κατάσταση των αθλητριών (Liao et al., 2022).

Και οι Hernandez-Cruz et al (2017), μελετώντας την HRV σε συνολική περίοδο 4 μηνών, στην οποία οι πετοσφαιριστές είχαν 2 συνεχόμενους αγώνες κάθε εβδομάδα, κατέγραψαν σημαντικές μεταβολές σε όλες τις παραμέτρους της time analysis μετά τον 1ο αγώνα (ως αποτέλεσμα του ψυχοσωματικού στρες). Ωστόσο, δεν υπήρχαν περαιτέρω σημαντικές

αλλαγές στην HRV μετά το 2ο αγώνα, γεγονός που οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι ήταν επαρκής η αποκατάσταση στο μεσοδιάστημα των δύο αγώνων (Hernandez-Cruz et al., 2017). Βασικός παράγοντας, φυσικά για αυτό, ήταν το υψηλό προπονητικό επίπεδο των αθλητών, το οποίο συνέβαλε στο να καταστεί επαρκής η 24ωρη αποκατάσταση ανάμεσα στους δύο αγώνες (Stanley et al., 2013 , Plews et al., 2013).

Η ύπαρξη αρνητικής συσχέτισης μεταξύ του λόγου LF/HF και της ικανότητας (διάθεσης) των αθλητριών για προπόνηση την επόμενη μέρα ($r = -0.588$, $p = 0.027$) στην παρούσα μελέτη, καθιστά τον LF/HF πιο ευαίσθητο δείκτη για τον προσδιορισμό της σχέσης της HRV με το συγκεκριμένο δείκτη ευεξίας.

Όσον αφορά το χρόνο καταγραφής, στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η τρίλεπτη καταγραφή HRV η οποία ήταν προτεινόμενη από τον κατασκευαστή της συσκευής (Cardioscan). Παρόλο που το καθιερωμένο πρότυπο “short-term” καταγραφών ήταν τα 5 λεπτά, και πιο συγκεκριμένα, με προτίμηση στη μέθοδο ανάλυσης συχνοτήτων (Malik, 1996), αρκετοί ερευνητές έχουν προτείνει και τις “ultra short-term” καταγραφές, οι οποίες κυμαίνονται από 30sec έως 4 λεπτά. Ειδικότερα, για την RMSSD, η οποία σχετίζεται με την παρασυμπαθητική δραστηριότητα, έχουν κριθεί επαρκή τα 3 λεπτά (Bourdillon et al., 2017), το 1 λεπτό (Esco et al., 2014 , Nussinovitch et al., 2011), ακόμα και τα 30 δευτερόλεπτα καταγραφής (Baek et al., 2015). Επιπλέον, για το pNN50, το οποίο επίσης σχετίζεται με την παρασυμπαθητική δραστηριότητα, έχει βρεθεί από την πρόσφατη βιβλιογραφία ότι επαρκούν τα 2 λεπτά καταγραφής (Shaffer et al., 2017), αλλά και τα 60sec (Baek et al., 2015). Για την SDNN, ωστόσο, σύμφωνα με τις παραπάνω μελέτες, θεωρούνται ανεπαρκείς οι καταγραφές κάτω των 4 λεπτών (Shaffer et al., 2017 , Baek et al., 2015 , Nussinovitch et al., 2011). Ως προς τις μεταβλητές της spectral analysis, οι απόψεις δίστανται, καθώς ορισμένοι ερευνητές δέχονται την 5λεπτη καταγραφή ως αξιόπιστη (Bourdillon et al., 2017), ενώ άλλοι διαχώρισαν τις ζώνες συχνοτήτων και βρήκαν: α) για τις χαμηλές συχνότητες (LF), επαρκή τα 2 λεπτά καταγραφής (Shaffer et al., 2014 , Shaffer et al., 2017), ακόμα και τα 90sec (Baek et al., 2015), β) για τις υψηλές συχνότητες (HF), επαρκή τα 90sec (Baek et al., 2015), αλλά και τα 60sec (Shaffer et al., 2017) και γ) για το λόγο LF/HF, τα 90sec. (Baek et al., 2015) Εξαίρεση αποτελούν οι πολύ χαμηλές συχνότητες (VLF), στις οποίες κρίθηκαν απαραίτητα τα 4,5 λεπτά (270sec) καταγραφής από τους (Baek et al., 2015), και τα 5 λεπτά από τους Shaffer et al (2014, 2017). Κάποιοι ερευνητές εφάρμοσαν 15λεπτη περίοδο καταγραφής time domain μεταβλητών της HRV σε αθλητές πετοσφαίρισης (Liao et al., 2022 , Hernandez-Cruz et al., 2017) και κάποιοι άλλοι εφάρμοσαν 5λεπτη καταγραφή για τη μέτρηση των RMSSD και SDNN σε αθλητές πετοσφαίρισης (Cardoso et al., 2021). Ωστόσο, αρκετοί ερευνητές εφάρμοσαν καταγραφή

της RMSSD για 60sec σε αθλητές futsal, κολύμβησης, soccer και ράγκμπι αντίστοιχα, δίνοντας εξίσου αξιόπιστα αποτελέσματα (Nakamura et al., 2015 , Flatt et al., 2017-Heart rate variability..., Flatt et al., 2017-Individual Heart..., Flatt et al., 2019). Συνεπώς, μπορούμε να θεωρήσουμε αξιόπιστη την 3λεπτη καταγραφή που εφαρμόστηκε στην παρούσα μελέτη, ως προς την πλειοψηφία των μεταβλητών της HRV που μελετήθηκαν.

Επιπλέον, η ultra short-term μέθοδος καταγραφής της HRV, όπως εφαρμόστηκε και στην παρούσα μελέτη, μπορεί αναμφισβήτητα να κάνει πιο πρακτική την παρακολούθηση της καρδιακής αυτόνομης δραστηριότητας σε καθημερινή βάση στους αθλητές, καθώς υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης της HRV μετά τις προπονήσεις, με στόχο τη βελτιστοποίηση της αποκατάστασης, κάτι που είναι ζωτικής σημασίας για την πρόληψη της υπερβολικής συσσώρευσης σωματικής κόπωσης κατά την προετοιμασία ή τον αγώνα.

Αναφορικά με το κομμάτι **του ύπνου**, σημαντικός αριθμός εργασιών έχει αναδείξει τη σημαντικότητά του στον αθλητισμό. Από τη μία, έχουν μελετηθεί οι επιπτώσεις των υψηλών απαιτήσεων του πρωταθλητισμού στην ποιότητα του ύπνου των αθλητών (Gupta et al., 2017) και πιο συγκεκριμένα, έχει μελετηθεί ο ύπνος υπό το πρίσμα μιας σειράς διαφορετικών παραγόντων που χαρακτηρίζουν τους αθλητές, όπως το φύλο, η ηλικία, το άθλημα, το προπονητικό επίπεδο, η διαφορετική φάση της σεζόν στην οποία βρίσκονται (Vlahogiannis et al., 2021), ή ακόμα και το εάν πρόκειται για εν ενεργεία αθλητές ή για αθλητές που έχουν αποσυρθεί από την ενεργό δράση (Montero et al., 2022).

Αντιστρόφως, έχει εκτενώς μελετηθεί και η επίδραση του επαρκούς (ή ανεπαρκούς) ύπνου, τόσο στην αποκατάσταση (Closs et al., 2019), όσο και στην απόδοση των αθλητών (Cook et al., 2023). Και πιο συγκεκριμένα, στο soccer, πλήθος εργασιών έχει μελετήσει τη σχέση μεταξύ της έλλειψης ύπνου και της αθλητικής απόδοσης, αλλά και του κινδύνου για τραυματισμούς (Clemente et al., 2021 – REVIEW).

Η ανασκοπική μελέτη των Gupta et al (2017) έδειξε ότι μεγάλο ποσοστό αθλητών, τόσο ατομικών όσο και ομαδικών αθλημάτων, έχουν παρουσιάσει κατά τη διάρκεια της αθλητικής τους καριέρας είτε περιστασιακά προβλήματα ύπνου (60% επί του συνόλου) με τη χρήση του Sleep Disorders Questionnaire (Lucidi et al., 2007), είτε συμπτώματα αϋπνίας (70% επί του συνόλου) με τη χρήση του Insomnia Severity Index (Duran et al., 2015). Η ίδια ανασκοπική μελέτη έδειξε ότι σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο Pittsburgh (PSQI), το 50% των αθλητών ομαδικών αθλημάτων δήλωσε “κακής ποιότητας” ύπνο, παρουσιάζοντας σκορ >5 (Swinbourne et al., 2016).

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο **Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)** (Buysse et al., 1988), μέσω του οποίου παρουσιάζονται οι συνήθειες ύπνου

των αθλητριών (διάρκεια, ποιότητα και πιθανές διαταραχές), οι οποίες συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια του κοινοβίου. Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο κρίθηκε ως ιδανικό για τη μελέτη ομαδικών αθλημάτων παρά το γεγονός ότι αφορά γενικό πληθυσμό, αφού διαπιστώθηκε η αξιοπιστία του μεταξύ άλλων συναφών ερωτηματολογίων (Claudino et al 2019). Συμπληρωματικές πληροφορίες δόθηκαν από τις αθλήτριες και με τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου **Sleep and Memory (Clinic Version)**.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από το PSQI, οι αθλήτριες στην παρούσα μελέτη κοιμόντουσαν κατά μέσο όρο 9.23 ± 1.32 ώρες. Το 52% των αθλητριών κοιμόταν μεταξύ 12:00π.μ. και 1:00π.μ. και το 60% των αθλητριών ξυπνούσε μετά τις 10:00π.μ.

Το 64% των αθλητριών δεν ξυπνούσε καθόλου κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ το 76% των αθλητριών δεν έβλεπε εφιάλτες. Αντίθετα, το 20% των αθλητριών δήλωσε ότι έβλεπε εφιάλτες περισσότερες από 3 φορές την εβδομάδα.

Σχετικά με την αναφορά ποιότητας ύπνου, το 48% των αθλητριών δήλωσε καλή ποιότητα, ενώ το 52% δήλωσε σχεδόν καλή.

Αναφορικά με τα συμβάντα κατά τη διάρκεια του ύπνου των αθλητριών, τα συχνότερα, όπως δηλώθηκαν από τις ίδιες με τη χρήση του ερωτηματολογίου Sleep and Memory Clinic Version, ήταν το τίναγμα του σώματος σε ποσοστό 38.5% των αθλητριών και η διακοπτόμενη αναπνοή από ένα μικρό ποσοστό (3.8%).

Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με μελέτη των Lastella et al (2015), σύμφωνα με την οποία οι αθλητές κοιμόντουσαν νωρίτερα ($22:59 \pm 1.3$) και ξυπνούσαν νωρίτερα ($07:15 \pm 1.2$), ενώ ο ύπνος διαρκούσε κατά μέσο όρο 6.5 ώρες στους αθλητές ατομικών αθλημάτων και 7 ώρες στους αθλητές ομαδικών αθλημάτων, δηλαδή κάτω από το προτεινόμενο όριο των 8 ωρών ύπνου.

Παρόμοια ευρήματα είχε και μελέτη των Vlahoyiannis et al (2021), στην οποία η διάρκεια ύπνου των αθλητών, διαφορετικών αθλημάτων, ηλικιών, καθώς και προπονητικού επιπέδου, βρέθηκε να είναι κατά μέσο όρο μικρότερη των 8 ωρών. Η πλειοψηφία των νεαρών αθλητών, δε, δήλωσε “χαμηλής αποτελεσματικότητας” ύπνο ($80.3\% \pm 8.8$), κυρίως λόγω της πολύ πρωινής έγερσης.

Αντίστοιχα, σε μελέτη των Supriah et al (2021), που αφορούσε νεαρούς ελίτ αθλητές διαφόρων αθλημάτων, το 45% των αθλητών δήλωσε “χαμηλής ποιότητας” ύπνο, με τη χρήση του Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI). Αξιοσημείωτο, δε, ήταν το γεγονός ότι οι αθλητές ομαδικών αθλημάτων παρουσίασαν σοβαρότερες δυσκολίες στον ύπνο σε σχέση με τους αθλητές ατομικών αθλημάτων.

Σχετικά με την ώρα κατάκλισης και αφύπνισης των αθλητριών της παρούσης μελέτης, οφείλουμε να λάβουμε υπόψιν το γεγονός ότι οι προπονήσεις και οι αγώνες των ομαδικών

αθλημάτων στα ελληνικά πρωταθλήματα γίνονται συνήθως βράδυ, συνεπώς οι συμμετέχουσες, αναγκάζονται να διαμορφώνουν διαφορετικά ωράρια ύπνου σε σύγκριση με άλλα αθλήματα.

Αναφορικά με τη σχέση του ύπνου με την HRV, αυτή η σχέση είναι αμφίδρομη. Από τη μία, η δραστηριότητα του Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος (ΑΝΣ) είναι αυτή που επιτρέπει στον οργανισμό να κοιμηθεί, συνεπώς εάν στρεσογόνοι παράγοντες διαταράξουν την ισορροπία μεταξύ Συμπαθητικού και Παρασυμπαθητικού Ν.Σ., αυτό μπορεί να επηρεάσει με τη σειρά του και τον ύπνο. Από την άλλη, τόσο η διάρκεια, όσο και η ποιότητα του ύπνου είναι σημαντικά στοιχεία που επηρεάζουν τη δραστηριότητα του ΑΝΣ σε βασικές λειτουργίες του, όπως η διαχείριση του στρες, η καρδιαγγειακή λειτουργία, η ρύθμιση ορμονών και ο μεταβολισμός, καθιστώντας έτσι τον οργανισμό πιο ευέλικτο σε οποιαδήποτε συνθήκη και ερέθισμα καλείται να αντιμετωπίσει κατά τη διάρκεια της ημέρας (Tobaldini et al., 2013).

Στην παρούσα μελέτη, το επιμέρους σκορ στο PSQI στην κατηγορία που αφορούσε την ποιότητα του ύπνου, όπως δηλώθηκε από τις αθλήτριες, συσχετίστηκε αρνητικά με την RMSSD ($r = 0.556$, $p = 0.025$), την SDNN ($r = 0.568$, $p = 0.022$), το pNN50 ($r = 0.642$, $p = 0.007$), το SD(1) ($r = -0.559$, $p = 0.25$) και SD(2) ($r = -0.572$, $p = 0.20$), επιβεβαιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την προαναφερθείσα σχέση. Συνεπώς, η “καλή” και “σχεδόν καλή” ποιότητα ύπνου, όπως δηλώθηκε από το σύνολο των αθλητριών και στο ερωτηματολόγιο **Sleep and Memory (Clinic Version) στην παρούσα μελέτη, αποτυπώθηκε και στην λειτουργία του ΑΝΣ, μέσω των παραμέτρων RMSSD, pNN50 και SDNN της HRV, αναδεικνύοντας αυξημένη διέγερση του πνευμονογαστρικού νεύρου, αφού ειδικά οι παράμετροι RMSSD και pNN50, αποτελούν δείκτες παρασυμπαθητικής δράσης.**

Σύμφωνη με τα ευρήματα της παρούσης είναι και μελέτη των Flatt et al (2018), η οποία αφορούσε μετρήσεις σε ενήλικες κολυμβητές για περίοδο 4 εβδομάδων, όπου και πάλι βρέθηκε θετική συσχέτιση της HRV με την ποιότητα ύπνου των αθλητών. (Flatt et al., 2018 – Association between subjective...)

Παρόμοια ευρήματα είχε και μελέτη των Sajjadadieh et al (2020), στην οποία το υψηλό σκορ στο ερωτηματολόγιο PSQI (δηλαδή η ύπαρξη σοβαρών προβλημάτων στον ύπνο) συνδέθηκε με μειωμένη πιθανότητα να αυξηθεί η τιμή της SDANN. Αξίζει να αναφερθεί, ωστόσο, ότι η συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε σε ενήλικο γενικό πληθυσμό κι όχι σε νεαρές αθλήτριες, όπως η παρούσα.

Στην ίδια μελέτη, υπήρξε και σύνδεση μεταξύ της χρήσης υπνωτικών φαρμάκων (σε συχνότητα μικρότερη της μίας φορές/εβδομάδα) και της υψηλής καρδιακής συχνότητας, εύρημα που αποτυπώθηκε και στην παρούσα μελέτη, όπου **η Καρδιακή Συχνότητα**

Ηρεμίας (HR) των αθλητριών συσχετίστηκε θετικά με τη συχνότητα λήψης υπνωτικών φαρμάκων ($r = 0.806$, $p = 0.000$).

Ένα ακόμη ενδιαφέρον εύρημα αποτέλεσε η ύπαρξη θετικής συσχέτισης μεταξύ του λόγου LF/HF και της συχνότητας εμφάνισης δυσκολίας στο να μείνουν ξύπνιες οι αθλήτριες σε κοινωνικές δραστηριότητες ($r = 0.563$, $p = 0.023$), γεγονός που επιβεβαιώνει τα ευρήματα προγενέστερων εργασιών, σύμφωνα με τα οποία, σε συνθήκες έντονης συμπαθητικής δραστηριότητας (δηλαδή σε συνθήκες σωματικής κόπωσης ή στρες), παρατηρείται αυξημένος λόγος LF/HF, ενώ σε συνθήκες ηρεμίας έχουμε μειωμένο λόγο LF/HF. (Chalmers et al., 2022 , Kim et al., 2018 , Singh et al., 2018 , D'Ascenzi et al., 2013). **Παρ' όλα αυτά, στην παρούσα μελέτη δεν παρατηρήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ του γενικού σκορ του ερωτηματολογίου PSQI και των: μΠΦ, μRPE, και μRPR.**

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, στην παρούσα μελέτη ερευνήθηκε η σχέση ανάμεσα σε ΠΦ, κόπωση, αλτική ικανότητα και HRV σε ελίτ πετοσφαιρίστριες εφηβικής ηλικίας, κατά τη διάρκεια παραμονής τους σε προπονητικό camp διάρκειας 20 ημερών. Βασικό εύρημα αποτέλεσε η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ ΠΦ και των δεικτών κόπωσης των αθλητριών, μέσω της κλίμακας RPE. Από την άλλη, δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ ΠΦ και CMJ, ούτε μεταξύ ΠΦ και HRV. Γενικά, φαίνεται ότι σε ομαδικά αθλήματα όπως η πετοσφαίριση, η RPE αποτελεί έναν πιο ευαίσθητο δείκτη και πρακτικά εύκολο να υπολογισθεί, συγκριτικά με την HRV και το κατακόρυφο άλμα.

Στην παρούσα μελέτη, δεν παρατηρήθηκε, επίσης, συσχέτιση των μεταβλητών της HRV με την υποκειμενική αντίληψη κόπωσης των αθλητριών (RPE). Σημαντικό ρόλο στην έλλειψη συσχέτισης της HRV με το ΠΦ και την κόπωση, ίσως έπαιξε και το γεγονός ότι κάθε αθλήτρια προερχόταν από διαφορετικό σωματείο, στο οποίο εφαρμόζονταν διαφορετικά προπονητικά προγράμματα, χωρίς να ακολουθείται κάποια κοινή γραμμή, με αποτέλεσμα το σύνολο των συμμετεχουσών να αποτελείται από αθλήτριες διαφορετικής φυσικής κατάστασης.

Ωστόσο, η μέτρηση της HRV μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο αξιολόγησης της έντασης και της αποτελεσματικότητας των προπονητικών προγραμμάτων, με στόχο την αποφυγή υπερπροπόνησης.

Λαμβάνοντας υπόψιν το γεγονός ότι η HRV αποτελεί πολυπαραγοντικό κομμάτι μελέτης, λόγω του πλήθους και της διαφορετικότητας των παραμέτρων που την περιγράφουν, απαιτείται περαιτέρω έρευνα, για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

Αναφορικά με τον ύπνο, η πλειοψηφία των αθλητριών δήλωσε καλής ποιότητας ύπνο κατά

τη διάρκεια του κοινοβίου. Επίσης, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση της δηλωμένης από τις αθλήτριες ποιότητας του ύπνου με παραμέτρους της HRV, γεγονός που επιβεβαιώνει το ότι ένας ποιοτικός ύπνος αποτελεί βασικό συστατικό στην εύρυθμη λειτουργία του Α.Ν.Σ., οδηγώντας τους αθλητές σε μεγαλύτερες αθλητικές επιδόσεις κατά τη διάρκεια της επόμενης ημέρας, αλλά και αντίστροφα.

Αντιθέτως, τόσο το σκορ του PSQI, όσο και η δηλωμένη από τις αθλήτριες ποιότητα ύπνου δεν συσχετίστηκαν με: μΠΦ, RPE και RPR.

Τέλος, η διάρκεια του ύπνου δεν συσχετίστηκε με καμία από τις υπόλοιπες μεταβλητές, που ερευνήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Βασικό περιορισμό της παρούσης μελέτης αποτελεί, κατά πρώτον, το γεγονός ότι το δείγμα αφορά αθλήτριες 14-15 ετών, συνεπώς τα αποτελέσματα περιορίζονται σε αυτήν την ηλικιακή ομάδα και δεν μπορούν να έχουν εφαρμογή σε μεγαλύτερες ηλικίες, και, κατά δεύτερον, το ότι οι αθλήτριες προέρχονταν από διαφορετικά σωματεία, συνεπώς, δεν υπήρχε η δυνατότητα ελέγχου του προπονητικού τους προγράμματος σε αυτά. Επιπλέον περιορισμό αποτελεί η μικρή χρονική διάρκεια (20 ημερών) του προπονητικού κοινοβίου.

Συνεπώς, προτείνεται, αφενός η δημιουργία και εφαρμογή κοινών γραμμών μέσω προπονητικών πρωτοκόλλων, κυρίως σε επίπεδο σωματείων, ώστε οι αθλήτριες εφηβικής ηλικίας να δέχονται τα κατάλληλα για την ηλικία τους φορτία, ενώ σε ερευνητικό επίπεδο, προτείνεται η πραγματοποίηση νέας σειράς μελετών, πραγματοποιώντας πιο μακροχρόνια καταγραφή των συγκεκριμένων παραμέτρων, με στόχο την συναξιολόγηση των ευρημάτων με αυτά της παρούσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abbott W, Brett A, Watson A.W, Brooker H, Clifford T. **(2022)**. Sleep Restriction in Elite Soccer Players: Effects on Explosive Power, Wellbeing and Cognitive Function. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 93(2), 325-332.
2. Andrade D.M, Fernandes G, Miranda R, Coimbra D.R, Filho M.G.B. **(2018)**. Training Load and Recovery in Volleyball During a Competitive Season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(4), 1082-1088.
3. Aoki M.S, Arruda A.F.S, Freitas C.G, Miloski B, Marcelino P.R, Drago G, Drago M, Moreira A. **(2017)**. Monitoring Training Loads, Mood States and Jump Performance over Two Periodized Training Mesocycles in Elite Young Volleyball Players. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 12(1).
4. Baek H.J, Cho C-H, Cho J, Woo J-M. **(2015)**. Reliability of Ultra Short-Term Analysis as a Surrogate of Standard 5-min Analysis of Heart Rate Variability. *Telemedicine Journal and e-Health*, 21(5), 404-414.
5. Benarroch E.E. **(2020)**. Physiology and Pathophysiology of the Autonomic Nervous System. *Continuum (Minneapolis)*, 26(1), 12-24.
6. Berntson G.G, Bigger J.T, Eckberg D.L, Grossman G, Kaufmann P.G, Malik M, Nagaraja H.N, Porges S.W, Saul J.P, Stone P.H, Van Der Molen M.W. **(1997)**. Heart Rate Variability: Origins, Methods and Interpretive Caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648.
7. Berriel G.P, Costa R.R, Soares da Silva E, Schons P, Droscher de Vargas G, Peyre-Tartaruga L.A, Krueel L.F.M. **(2020)**. Stress and Recovery Perception, Creatine Kinase Levels, and Performance Parameters of Male Volleyball Athletes in a Preseason for a Championship. *Sports Medicine*, 6, 26.
8. Billman G.E. **(2013)**. The LF/HF Ratio Does not Accurately Measure Cardiac Sympatho-vagal Balance. *Frontiers in Physiology*, 4, 26.
9. Bourdillon N., Schmitt L., Yazdani S., Vesin J-M., Millet J.P. **(2017)**. Minimal Window Duration for Accurate HRV Recording in Athletes. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 456.
10. Bourdon P.C, Cardinale M, Murray A, Gatin P, Kellmann M, Varlet M.C, Gabbett T.J, Coutts A.J, Burgess D.J, Gregson W and Cable N.T. **(2017)**. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2161-S2170.
11. Brandt R, Bevilacqua G.G, Andrade A. **(2017)**. Perceived Sleep Quality, Mood States, and their Relationship with Performance among Brazilian Elite Athletes

- During a Competitive Period. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 1033-1039.
12. Cajochen C, Frey S, Anders D, Spati J, Bues M, Pross A, Mager R, Wirz-Justice A, Stefani O. (2011). Evening Exposure to a Light-Emitting Diodes (LED) - Backlit Computer Screen Affects Circadian Physiology and Cognitive Performance. *Journal of Applied Physiology*, 110(5), 1432-1438.
 13. Cardoso A.S, Berriel G.P, Schons P, Costa R.R, Krueel L.F.M. (2021). Recovery Behavior after Matches for Returning to Training in Volleyball Athletes. *Archivos de Medicina del Deporte*, 38(5), 343-349.
 14. Carroll K.M, Wagle J.P, Sole C.J, Stone M.H. (2019). Intrasession and Intersession Reliability of Countermovement Jump Testing in Division-I Volleyball Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(11), 2932-2935.
 15. Cecilia-Callego P, Encina A, Beltran-Carrido J.V, Adelantado-Renau M. (2019). An 8-Week of Sleep Hygiene Intervention Could Improve the Vertical Jump Height of CMJ in Young Gymnasts. Conference: Simposio de Fuerza – INEF Madrid / NSCA Spain.
 16. Chalmers T, Hickey B.A, Newton P, Lin C-T, Sibbritt D, MacLachlan C.S, Clifton-Bligh R, Morley J.W, Lal S. (2022). Associations Between Sleep Quality and Heart Rate Variability; Implications for a Biological Model of Stress Detection Using Wearable Technology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5770.
 17. Chaput J-P, Dutil C, Featherstone R, Ross R, Giangregorio L, Saunders T.J, Janssen I, Poitras V.J, Kho M.E, Ross-White A, Zankar S, Carrier J. (2020). Sleep Timing, Sleep Consistency and Health in Adults: A Systematic Review. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 45(10 (Suppl 2)), S232-S247.
 18. Claudino J.G, Gabbet T.J, De Sa Souza H, Simim M, Flower P, De Alcantara Borba D, Melo M, Bottino A, Loturco I, D'Almeida V, Amadio A.C, Serrao J.C, Nassis G.P. (2019). Which Parameters to Use for Sleep Quality Monitoring in Sport Athletes? A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 5(1), e000475.
 19. Clemente F.M, Afonso J, Costa J, Oliveira R, Pino-Ortega J, Rico-Gonzalez M. (2021). Relationships Between Sleep, Athletic and Match Performance Training Load and Injuries: A Systematic Review of Soccer Players. *Healthcare*, 9(7), 808.
 20. Clemente F.M, Silva A.F, Clark C, Conte D, Ribeiro J, Mendes B, Lima R. (2019). Analyzing the Seasonal Changes and Relationships in Training Load and Wellness in

- Elite Volleyball Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(5), 731-740.
21. Clemente F.M, Mendes B, Palao J.M, Silverio A, Carrico S, Calvete F, Nakamura F. **(2018)**. Seasonal Player Wellness and Its Longitudinal Association with Internal Training Load. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(3), 345-351.
 22. Closs B, Burkett C, Trojan J.D, Brown S.M, Mulcahey M.K. **(2019)**. Recovery after Volleyball: A Narrative Review. *The Physician and Sportsmedicine*, 48(1), 8-16.
 23. Cook J.D, Charest J. **(2023)**. Sleep and Performance in Professional Athletes. *Current Sleep Medicine Reports*, 9, 56-81.
 24. Crossland B, Sokoloski M, Rigby B.R. **(2018)**. The Relationship Between Heart Rate Variability and Skeletal Muscle Damage in Female Collegiate Athletes. *International Journal of Exercise Science*, 33(8), 1394-1398.
 25. Debieu P.B, Mancini M, Coimbra D.R, De Freitas G.S, Miranda R, Bara Filho M.G. **(2018)**. Monitoring Training Load, Recovery and Performance of Brazilian Volleyball Players During a Season. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(9), 1182-1189.
 26. De Freitas Cruz I, Pereira L.A, Kobal R, Kitamura K, Cedra C, Loturco I, Cavinato Cal Abad C. **(2018)**. Perceived Training Load and Jumping Responses Following Nine Weeks of a Competitive Period in Young Female Basketball Players. *PeerJ*, 6, e5225.
 27. D'Ascenzi F, Alvino F, Natali B.M, Cameli M, Palmitesta P, Giampaolo B, Bonifazi M, Mondillo S. **(2013)**. Precompetitive Assessment of Heart Rate Variability in Elite Female Athletes During Play Offs. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(3), 230-236.
 28. Doherty R, Madigan S.M, Nevill A, Warrington G, Ellis J.G. **(2021)**. The Sleep and Recovery Practices of Athletes. *Nutrients*, 13(4), 1330.
 29. Doherty R, Madigan S.M, Warrington G, Ellis J.G. (2019). Sleep and Nutrition Interactions: Implications for Athletes. *Nutrients*, 11(4), 822.
 30. Dong J.G. **(2016)**. The Role of Heart Rate Variability in Sports Physiology (Review). *Experimental and Therapeutic Medicine*, 11(5), 1531-1536.
 31. Duffield R, Fowler P.M. **(2018)**. Domestic and International Travel: Implications for Performance and Recovery in Team-Sport Athletes. *Sport, Recovery and Performance: Interdisciplinary Insights*, pp183-197.
 32. Duran A.S, Arroyo J.P, Varas S.C. **(2015)**. Sleep Quality, Excessive Daytime Sleepiness and Insomnia in Chilean Paralympic Athletes. *Nutricion Hospitalaria*,

32(6), 2832-2837.

33. Edmonds R, Schmidt B, Siedlik J. **(2021)**. Eligibility Classification as a Factor in Understanding Student-Athlete Responses to Collegiate Volleyball Competition. *Sports*, 9(3), 43.
34. Edmonds R.C, Leicht A.S, McKean M, Burkett D. **(2014)**. Daily Heart Rate Variability during an 18-Day Staging Camp in Paralympic Medallist Swimmers. *Journal of Exercise Physiology-online*, 17(4), 84.
35. Esco M.R, Flatt A.A. **(2014)**. Ultra-Short-Term Heart Rate Variability Indexes at Rest and Post-Exercise in Athletes: Evaluating the Agreement with Accepted Recommendations. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(3), 535-541.
36. Exelmans L, Van den Bulk J. **(2016)**. Bedtime Mobile Phone Use and Sleep in Adults. *Social Science and Medicine*, 148, 93-101.
37. Fabbri M, Beracci A, Martoni M, Meneo D, Tonetti L, Natale V. **(2021)**. Measuring Subjective Sleep Quality: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1082.
38. Fowler P.M, Duffield R, Lu D, Hickmans J.A, Scott T.J. **(2016)**. Effects of North-Haul Transmeridian Travel on Subjective Jet-Lag and Self-Reported Sleep and Upper Respiratory Symptoms in Professional Rugby League Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 876-884.
39. Fowler P, Duffield R, Howle K, Waterson A, Vaile J. **(2015)**. Effects of North-Haul International Air Travel on Sleep Quantity and Subjective Jet-Lag and Wellness in Professional Australian Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), 648-654.
40. Ferioli D, Bosio A, Bilsborough J.C, La Torre A, Tornaghi M, Rampinin E. **(2018)**. The Preparation Period in Basketball: Training Load and Neuromuscular Adaptations. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(8), 991-999.
41. Flatt A.A, Esco M.R, Allen J.R, Robinson J.B, Bragg A, Keith C.M, Fedewa M.V, Earley R.L. **(2020)**. Cardiac-Autonomic Responses to In-Season Training Among Division-1 College Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(6), 1649-1656.
42. Flatt A.A, Howells D. **(2019)**. Effects of Varying Training Load on Heart Rate Variability and Running Performance Among an Olympic Rugby Sevens Team. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(2), 222-226.
43. Flatt A.A, Esco M.R, Nakamura F.Y. **(2018)**. Association Between Subjective Indicators of Recovery Status and Heart Rate Variability among Division-1 Sprint-

- Swimmers. *Sports (Basel)*, 6(3), 93.
44. Flatt A.A, Hornikel B, Esco M.R. **(2017a)**. Heart Rate Variability and Psychometric Responses to overload and Tapering in Collegiate Sprint-Swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(6), 606-610.
 45. Flatt A.A, Esco M.R, Nakamura F.Y. **(2017b)**. Individual Heart Rate Variability Responses to Preseason Training in High Level Female Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 531-538.
 46. Freitas V.H, Nakamura F.Y, Miloski B, Samulski D, Bara-Filho M.G. **(2014)**. Sensitivity of Physiological and Psychological Markers to Training Load Intensification in Volleyball Players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(3), 571-579.
 47. Freitas-Junior C.G, Gantois P, De Sousa Fortes L, Correia V. **(2020)**. Effects of the Improvement in Vertical Jump and Repeated Jumping Ability on Male Volleyball Athletes' Internal Load During a Season. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(5), 2924-2931.
 48. Fullagar H.H.K, Skorski S, Duffield R, Julian R, Bartlett J, Meyer T. **(2016)**. Impaired Sleep and Recovery after Night Matches in Elite Football Players. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1333-1339.
 49. Fullagar H.H.K, Duffield R, Skorski S, White D, Bloomfield J, Kolling S, Meyer T. **(2016)**. Sleep, Travel and Recovery Responses of National Footballers During and After Long-Haul International Air Travel. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 86-95.
 50. Garcia-de-Arcaraz A, Ramirez-Campillo R, Rivera-Rodriguez M, Romero-Moraleda B. **(2020)**. Analysis of Jump Load During a Volleyball Season in Terms of Player Role. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(10), 973-978.
 51. Gibbons C.H. **(2019)**. Basics of Autonomic Nervous System Function. *Handbook of Clinical Neurology*, 160, 407-418.
 52. Gupta L, Morgan K, Gilchrist S. **(2017)**. Does Elite Sport Degrade Sleep Quality? A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(7), 1317-1333.
 53. Haddad M, Stylianides G, Djaoui L, Dellal A, Chamari K. **(2017)**. Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness and Influencing Factors. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 612.
 54. Hap P, Stejskal P, Jakubec A. **(2010)**. Volleyball Players Training Intensity Monitoring through the Use of Spectral Analysis of HRV during a Training Microcycle. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 41(3), 32-38.

55. Herman L, Foster C, Maher M.A, Mikat R.P, Porcari J.P. **(2006)**. Validity and Reliability of the Session RPE Method for Monitoring Exercise Training Intensity. *South African Journal of Sports Medicine*, 18(1), 14-17.
56. Hernandez-Cruz G, Quezada-Chacon J.T, Gonzalez-Fimbres R.A, Flores-Miranda F.J, Naranjo-Orellana J, Rangel-Colmenero B.R. **(2017)**. Effect of Consecutive Matches on Heart Rate Variability in Elite Volleyball Players. *Journal of Sport Psychology*, 6(2), 9-14.
57. Hirshkowitz M, Whiton K, Albert S.M, Alessi C, Bruni O, DonCarlos L, Hazen N, Herman J, Hillard P.J.A, Katz E.S, Kheirandish-Gozal L, Neubauer D.N, O'Donnell A.E, Ohayon M, Peever J, Rawding R, Sachdeva R.C, Setters B, Vitiello M.V, Ware J.C. **(2015)**. National Sleep Foundation's Updated Sleep Duration Recommendations: Final Report. *Sleep Health*, 1(4), 233-243.
58. Horta T.A.G, Filho M.G.B, Coimbra D.R, Miranda R, Werneck F.Z. **(2019)**. Training Load, Physical Performance, Biochemical Markers and Psychological Stress During a Short Preparatory Period in Brazilian Elite Male Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(12), 3392-3399.
59. Impellizzeri F.M, Marcora S.M, and Coutts A.J. **(2018)**. Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270-273.
60. Jeukendrup A.E. **(2017)**. Periodized Nutrition for Athletes. *Sports Medicine*, 47(Suppl 1), 51-63.
61. Juliff L.E, Halson S.L, Pfeiffer J.J. **(2015)**. Understanding Sleep Disturbance in Athletes prior to Important Competitions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(1), 13-18.
62. Kallus K.W, Kellman M. **(2016)**. Recovery Stress Questionnaires: User Manual. Pearson Assessment and Information GmbH Frankfurt.
63. Kim H-G, Cheon E-J, Bai D-S, Lee Y.H, Koo B-H. **(2018)**. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatric Investigation*, 15(3), 235-245.
64. Knufinke M, Nieuwenhuys A, Geurts S.A.E, Coenen A.M.L, Kompier M.A.J. **(2018)**. Self-Reported Sleep Quantity, Quality and Sleep Hygiene in Elite Athletes. *Journal of Sleep Research*, 27(1), 78-85.
65. Lastella M, Roach G.D, Halson S.L, Sargent C. **(2015)**. Sleep/Wake Behaviours of Elite Athletes from Individual and Team Sports. *European Journal of Sport Science*, 15(2), 94-100.

66. Liao L, Li J. **(2022)**. Research on Effect of Load Stimulation Change on Heart Rate Variability of Women Volleyball Athletes. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, article ID 3917415.
67. Lima R.F, Silva A, Alfonso J, Castro H, Clemente F.M. **(2020)**. External and Internal Load and their Effects n Professional Volleyball Training. *International Journal of Sports Medicine*, 41(7), 468-474.
68. Lucidi F, Lombardo C, Russo P.M, Devoto A, Violani C. **(2007)**. Sleep Complaints in Italian Olympic and Recreational Athletes. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 1(2), 121-129.
69. Mah C.D, Sparks A.J, Samaan M.A, Souza R.B, Luke A. **(2019)**. Sleep Restriction Impairs Maximal Jump Performance and Alters Lower Extremity Joint Coordination Variability in Elite Athletes. *Journal of Sports Sciences*, 37(17), 1981-1988.
70. Malhotra R.K. **(2017)**. Sleep, Recovery, and Performance in Sports. *Neurologic Clinics*.
71. Malik M. **(1996)**. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Circulation*, 93(5), 1043-1065.
72. Matricciani L, Paquet C, Galland B, Short M, Olds T. **(2019)**. Children's Sleep and Health: A Meta-Review. *Sleep Medicine Reviews*, 46, 136-150.
73. Mazon J, Gastaldi A, Di Sacco T, Cozza I, Dutra S, Souza H. **(2011)**. Effects of Training Periodization on Cardiac Autonomic Modulation and Endogenous Stress Markers in Volleyball Players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(1), 114-120.
74. Mendes B, Palao J.M, Silverio A, Owen A, Carrico S, Calvete F, Clemente F.M. **(2018)**. Daily and Weekly Training Load and Wellness Status in Preparatory, Regular and Congested Weeks: A Season-Long Study in Elite Volleyball Players. *Research in Sports Medicine*, 26(4), 462-473.
75. Milojevich H.M, Lukowski A.F. **(2016)**. Sleep and Mental Health in Undergraduate Students with General Healthy Sleep Habits. *PloS ONE*, 11(6), e0156372.
76. Mishica C, Kyrolainen H, Hynynen E, Nummela A, Holmberg H-C, Linnamo V. **(2021)**. Relationships Between Heart Rate Variability, Sleep Duration, Cortisol and Physical Training in Young Athletes. *Journal of Sports Science Medicine*, 20(4), 778-788.
77. Montero A, Stevens D, Adams R, Drummond M. **(2022)**. Sleep and Mental Health Issues in Current and Former Athletes: A Mini Review. *Frontiers in Psychology*, 13, 868614.

78. Mroczek D, Mackala K, Kawczynski A, Superlak E, Chmura P, Seweryniak T, Chmura J. (2018). Effects of Volleyball Plyometric Intervention Program on Vertical Jumping Ability in Male Volleyball Players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(11), 1611-1617.
79. Nakamura F.Y, Pereira L.A, Rabelo F.N, Flatt A.A, Esco M.R, Bertollo M, Loturco I. (2016). Monitoring Weekly Heart Rate Variability in Futsal Players During the Preseason: The Importance of Maintaining High Vagal Activity. *Journal of Sport Sciences*, 34(24), 2262-2268.
80. Nakamura F.Y, Flatt A.A, Pereira L.A, Ramirez-Campillo R, Loturco I, Esco M.R. (2015). Ultra-Short-Term Heart Rate Variability is Sensitive to Training Effects in Team Sports Players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(3), 602-605.
81. Nussinovitch U, Elishkevitz K.P, Katz K, Nussinovitch M, Segev S, Volovitch B, Nussinovitch N. (2011). Reliability of Ultra-Short EGG Indices for Heart Rate Variability. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 16(2), 117-122.
82. Osiecki R, Rubio T.B.G, Coelho R.L, Novack L.F, Conde J.H.S, Alves C.G, Malfatti C.R.M. (2015). The Total Quality Recovery Scale (TQR) as a Proxy for Determining Athletes' Recovery State after a Professional Soccer Match. *Journal of Exercise Physiology*, 18(3), 27-32.
83. Pereira G, Correia R, Ugrinowitsch C, Nakamura F, Rodacki A, Fowel N, Kokubun E. (2014). The Rating of Perceived Exertion Predicts Intermittent Vertical Jump Demand and Performance. *Journal of Sport Sciences*, 29(9), 927-932.
84. Petrigna L, Karsten B, Marcolin G, Paoli A, D'Antona G, Palma A, Bianco A. (2019). A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures. *Frontiers in Physiology*, 10, 1384.
85. Plews D, Laursen P, Kilding A, Buchheit M. (2014). Heart Rate Variability and Training-Intensity Distribution in Elite Rowers. *International Journal of Physiology and Performance*, 9(6), 1026-1032.
86. Plews D.J, Laursen P.B, Kilding A.E, Buchheit M. (2013). Evaluating Training Adaptation with Heart-Rate Measures: A Methodological Comparison. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 688-691.
87. Plews D.J, Laursen P.B, Stanley J, Kilding A.E, Buchheit, M. (2013). Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports Medicine*, 43(9), 773-781.
88. Plews D.J, Laursen P.B, Kilding A.E, Buchheit M. (2012). Heart Rate Variability in

- Elite Triathletes, Is Variation in Variability the Key to Effective Training? A Case Comparison. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3729-3741.
89. Podstawski R, Boraczynski M, Nowosielska-Swadzba D, Zwolinska D. (2014). Heart Rate Variability During Pre-Competition and Competition Periods in Volleyball Players. *Biomedical Human Kinetics*, 6(1), 19-26.
90. Rabbani A, Clemente F.M, Kargarfard M, Chamari K. (2019). Match Fatigue Time-Course Assessment over 4 Days: Usefulness of the Hooper Index and Heart Rate Variability in Professional Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, 10, 109.
91. Rabbani M, Agha-Alinejad H, Gharakhanlou R, Rabbani A, Flatt A.A. (2021). Monitoring Training in Women's Volleyball: Supine or Seated Heart Rate Variability? *Physiology and Behavior*, 240, 113537.
92. Ramalho E.S.V, Souza-Junior E.L, Magnani M, Braga V.A. (2017). Gender Differences in Heart Rate Variability among Individuals Undergoing Regular Resistance Training. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, 17(2), e209-e212.
93. Rebelo A, Pereira J.R, Martinho D.V, Valente-dos-Santos J. (2023). Rating of Perceived Exertion in Professional Volleyball: A Systematic Review. *Journal of Human Kinetics*, 87, 143-155.
94. Roberts S.S.H, Teo W-P, Warmington S.A. (2019). Effects of Training and Competition on the Sleep of Elite Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(8), 513-522.
95. Rousanoglou E.N, Barzouka K.G, Boudolos K.D. (2013). Seasonal Changes of Jumping Performance and Knee Muscle Strength in Under-19 Women Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 1108-1117.
96. Sajjadih A, Shahsavari A, Safaei A, Penzei T, Schoebel C, Fietze I, Mozafarian N, Amra B, Kelishadi R. (2020). The Association of Sleep Duration and Quality with Heart Rate Variability and Blood Pressure. *Tanaffos*, 19(2), 135-142.
97. Salahuddin L, Cho J, Gi Jeong M, Kim D. (2007). Ultra Short Term Analysis of Heart Rate Variability for Monitoring Mental Stress in Mobile Settings. *International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2007, 4656-4659.
98. Shaffer F, Ginsberg J.P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 258.
99. Shaffer F, McCraty R, Zerr C.L. (2014). A Healthy Heart is not a Metronome: An Integrative Review of the Heart's Anatomy and Heart Rate Variability. *Frontiers in Psychology*, 5, 1040.

100. Singh N, Moneghetti K.J, Christle J.W, Hadley D, Plews D, Froelicher V. **(2018)**. Heart Rate Variability: An Old Metric with New Meaning in the Era of Using mHealth Technologies for Health and Exercise. Training Guidance. Part One: Physiology and Methods. *Arrhythmia and Electrophysiology Review*, 7(3), 193-198.
101. Skazalski C, Whiteley R, Bahr R. **(2018)**. High Jump Demands in Professional Volleyball – Large Variability Exists Between Players and Player Positions. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(11), 2293-2298.
102. Soligard T, Schwelunus M, Alonso J.M, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra H.P, Gabbett T, Gleeson M, Hägglund M, Hutchinson M.R, Christa Janse van Rensburg, Khan K.M, Meeusen R, Orchard J.W, Pluim B.M, Raftery M, Budgett R, Engebretsen L. **(2016)**. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *B J Sports*, 50(17), 1030-1041.
103. Stanley J, Peake J.M, Buchheit M. **(2013)**. Cardiac Parasympathetic Reactivation Following Exercise: Implications for Training Prescription. *Sports Medicine*, 43(12), 1259-1277.
104. Stein P.K, Dimitrovich P.P, Hui N, Rautaharju P, Gottdiener J. **(2005)**. Sometimes Higher Heart Rate Variability Is Not Better Heart Rate Variability: Results of Graphical and Nonlinear Analyses. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 16(9), 954-959.
105. Suppiah H.T, Swinbourne R, Wee J, Tay V, Gastin P. **(2021)**. Sleep Characteristics of Elite Youth Athletes: A Clustering Approach to Optimize Sleep Support Strategies. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(9), 1225-1233.
106. Swinbourne R, Gill N, Vaile J, Smart D. Prevalence of Poor Sleep Quality, Sleepiness and Obstructive Sleep Apnoea Risk Factors in Athletes. *European Journal of Sport Science*, 16(7), 850-858.
107. Sztajzel J. **(2004)**. Heart Rate Variability: A Noninvasive Electrocardiographic Method to Measure the Autonomic Nervous System. *Swiss Medical Weekly*, 134(35-36), 514-522.
108. Tobaldini E, Nobili L, Strada S, Casali K.R, Braghiroli A, Montano N. **(2013)**. Heart Rate Variability in Normal and Pathological Sleep. *Frontiers in Physiology*, 4, 294.
109. Vitale J.A, Banfi G, La Torre A, Bonato M. **(2018)**. Effects of a Habitual Late-

Evening Physical Task on Sleep Quality in Neither-Type Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, 9, 1582.

110. Vitale J.A, Weydahi A. **(2017)**. Chronotype, Physical Activity and Sport Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(9), 1859-1868.
111. Voss A, Schroeder R, Heitmann A, Peters A, Perz S. **(2015)**. Short-Term Heart Rate Variability – Influence of Gender and Age in Healthy Subjects. *PLoS ONE*, 10(3), e0118308.
112. Watson N.F, Badr M.S, Belenky G, Bliwise D.L, Buxton O.M, Buysse D, Dinges D.F, Gangwisch J, Grandner M.A, Kushida C, Malhotra R.K, Martin J.L, Ratel S.R, Quan S.F, Tasali E. **(2015)**. Recommended Amount of Sleep for a Healthy Adult: A Joint Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society. *Sleep*, 38(6), 843-844.