



HAL
open science

Football de haut-niveau : analyses physique et physiologique – blessures et prévention

Hassane Zouhal, S. Coppalle, G. Rave, G. Dupont, Jan Troost, C. Tourny, S.
Ahmaidi

► To cite this version:

Hassane Zouhal, S. Coppalle, G. Rave, G. Dupont, Jan Troost, et al.. Football de haut-niveau : analyses physique et physiologique – blessures et prévention. *Science & Sports*, 2021, 36 (4), pp.332-357. 10.1016/j.scispo.2021.03.001 . hal-03368091

HAL Id: hal-03368091

<https://hal.science/hal-03368091v1>

Submitted on 4 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

1 **Football de Haut-Niveau : Analyses physique et physiologique -**
2 **Blessures et Prévention**

3
4 **High-Level Football : Physical and physiological analysis- Injury**
5 **and Prevention**

6
7 **H. Zouhal** ^{1*}, **S. Coppalle** ¹, **G. Ravé** ², **G. Dupont** ³, **J. Jan** ⁴, **C. Tourny** ^{5*}, **S. Ahmaidi** ^{6*}

8
9 ¹ Movement, Sport, Health and Sciences laboratory (M2S), University of Rennes 2, Rennes,
10 France.

11 ² Toulouse Football Club.

12 ³ Real Madrid Football Club, Madrid, Spain.

13 ⁴ Clinique la Sagesse, Rennes. Fédération Française de Football, Paris, France.

14 ⁵ EA 3832 CETAPS, University of Rouen, France.

15 ⁶ University of Picardie, EA-3300, APERE, Sport Sciences, Amiens, France.

16
17 ***: Derniers auteurs - Last authors**

18 **Corresponding authors:**

19 **Prof. H. Zouhal**, Univ Rennes, M2S (Laboratoire Mouvement, Sport, Santé) - EA 1274, F-
20 35000 Rennes, France hassane.zouhal@univ-rennes2.fr

21

22

61 **Football de Haut-Niveau : Analyses physique et physiologique–Blessures et**
62 **Prévention**

63
64 **High-Level Football : Physical and physiological analysis- Injury and**
65 **Prevention**

66 **Résumé**

67
68 **Objectifs** : Dans cette revue de question, les auteurs réalisent un état des lieux des connaissances relatives à
69 l'activité en match et des caractéristiques des joueurs et joueuses de haut niveau, ainsi qu'à la traumatologie et à
70 la prévention des blessures en football.

71 **Actualités** : La compréhension des exigences spécifiques du football de niveau élite peut fournir des informations
72 importantes sur les facteurs qui permettent d'être performant en compétition. En particulier, les mesures
73 anthropométriques, les capacités physiques et physiologiques des joueurs et des joueuses sont spécifiques et
74 différent l'un de l'autre.

75 **Perspectives et projets** : Il a été effectué une recherche de la littérature j'usqu'à Novembre 2020 sur les bases de
76 données Medline via Pubmed, Researchgate, Web of Science, SPORTDiscus et Google Scholar, au terme de
77 laquelle, il a été retenu 205 études en utilisant les mots clés : la performance dans le football et ses différentes
78 variables ; les méthodes de suivi de la charge en match ; l'analyse de la charge en match ; les caractéristiques
79 physiques et physiologiques des joueurs et des joueuses élites ; les blessures et la prévention des blessures.

80 **Conclusion** : La prise en compte des différents éléments de cette revue permettra aux staffs des équipes de football
81 d'appréhender l'entraînement et la compétition dans un but de performance et de prévention.

82
83 **Mots-clés**: Football; Analyse de l'activité; Entraînement; Prévention des blessures

84
85 **Abstract**

86 **Aims**: In this review the authors achieve a state of knowledge related to the match activity, the characteristics of
87 elite men and women players, as well as trauma and injury prevention in soccer.

88 **Actuality**: Comprehension the specific requirements of elite level soccer can provide important information about
89 the factors that enable competitive performance. In particular, anthropometric measurements, physical and
90 physiological capacities of men and women players are specific and differ from each other.

91 **Perspectives and projects**: A literature review was carried out from inception to November 2020 on databases of
92 Medline via Pubmed, Researchgate, Web of Science, SPORTDiscus and Google Scholar, at the end of which, 205
93 studies were identified using the key terms: performance in football and its different variables; the workload
94 monitoring in matches; the workload analysis in matches; the physical and physiological characteristics of men
95 and women elite players; injury and injury prevention.

96 **Conclusion**: Considering the different elements of this review will allow staff to understand training and
97 competition with the aim of performance and injury prevention.

98
99 **Key-words**: Soccer; Match-play activity; Training; Injury Prevention.

100

101 **I. Introduction**

102

103 Le football est considéré comme le sport le plus populaire au monde et est pratiqué par des
104 millions de personnes des deux sexes et de tous âges.

105 Le football d'élite moderne devient de plus en plus exigeant en termes de nombre de matches
106 disputés pendant une saison qui augmente les charges physiques et mentales imposées aux
107 joueuses et aux joueurs. Chez les hommes, une équipe européenne de haut niveau avait joué
108 environ 50 matches lors de la saison 2008/2009, et ce nombre a augmenté à environ 60 pour la
109 saison 2018/2019 [1]. De plus, pour les joueurs internationaux, nous devons également ajouter
110 les matchs amicaux ainsi que les rencontres internationales amenant ce nombre à plus de 70
111 matchs joués par saison [1]. Les joueuses internationales disputent elles, environ 50-55 matches
112 par saison.

113 Un match de football se déroule en deux mi-temps de 45 minutes entrecoupées d'un intervalle
114 de repos de 15 minutes entre les deux. L'activité football est définie comme intermittente. En
115 effet, elle est caractérisée par des variations fréquentes des mouvements (marche, course, sprint,
116 accélération, décélération, saut, tacle) [2].

117 Il est bien connu que la compréhension des exigences spécifiques du football de niveau élite
118 peut fournir des informations importantes sur les facteurs qui permettent d'être performant en
119 compétition [2]. En particulier, les mesures anthropométriques, les capacités physiques et
120 physiologiques comme l'endurance cardiorespiratoire, la force et l'endurance musculaire, la
121 vitesse, la capacité à répéter des sprints [3], la coordination et la flexibilité [2, 4]

122 Maintenir, toute une saison, un haut niveau de forme physique et éviter la fatigue et les blessures
123 est essentiel pour les performances des joueuses et joueurs et représente un challenge pour les
124 staffs. Ainsi, identifier et prévoir les diminutions de la performance physique, en réalisant un
125 monitoring des charges d'entraînement interne et externe, serait utile pour les entraîneurs, car
126 elles pourraient être modifiées en conséquence [5]. Il est donc essentiel de disposer
127 d'indicateurs fiables et valides de l'adaptation des joueurs aux charges d'entraînement et de
128 compétition [5].

129 L'objectif de cette revue de question est de synthétiser les dernières recherches relatives aux
130 caractéristiques des joueuses et joueurs de football de haut niveau. Tout particulièrement, nous
131 discuterons des charges induites par un match de football ainsi que des variables pouvant
132 influencer la performance puis des caractéristiques physiques et physiologiques du joueur de

133 football de haut niveau et pour finir nous discuterons les conséquences sur la genèse des
134 blessures et de leur prévention.

135

136 **II. Facteurs influençant la performance dans le football de haut niveau**

137

138 Le football est un sport où l'évaluation de la performance individuelle est complexe. La
139 performance combine les aspects techniques, tactiques, mentaux et physiques de l'activité [6].
140 L'activité physique d'un joueur au cours d'un match de football est différente à chaque match
141 [7-8]. A la fois des variables dites « situationnelles » mais également des variables « liées au
142 joueur » peuvent influencer l'activité des joueurs en compétition [9].

143

144 **2.1. Les variables situationnelles**

145

146 Le score (quand une équipe est menée ou non), la localisation (domicile ; extérieur), la qualité
147 de l'opposition (adversaire supérieur ; adversaire inférieur), les dispositifs tactiques (4-4-2 ; 4-
148 3-3, ...) et l'environnement liés au match (le climat, la température, l'altitude etc.) représentent
149 l'ensemble des variables situationnelles [9] impactant l'activité physique des joueurs au cours
150 d'un match. En Premier League anglaise les distances totales et les distances à haute intensité
151 parcourues sont plus élevées, lorsque le score est serré et lorsqu'une équipe est menée au score
152 [10]. Outre le score, jouer à domicile est associé, à un plus grand pourcentage de matchs gagnés
153 [11-13]. L'effet de foule, du voyage, la présence des familles, les tactiques spécifiques aux
154 entraîneurs et le facteur psychologique sont les principales causes évoquées [14].

155 La qualité de l'opposition est également un facteur modulant l'activité physique des joueurs.
156 Lago-Penas et al. [9] définit la qualité de l'opposition comme les différences au classement de
157 fin de saison entre les deux équipes. La distance totale et la distance à haute vitesse parcourues
158 sont plus importantes lorsque l'équipe adverse est meilleure que l'équipe étudiée [15]. A
159 l'inverse, l'étude de Lago-Penas et al. [9] montre que plus le niveau de l'adversaire est faible,
160 plus la distance de course effectuée en match par l'équipe étudiée est faible. Chez des
161 internationales féminines, l'équipe étudiée effectuait moins de distance totale face à une équipe
162 de niveau inférieur mais que, pour autant, elle parcourait une plus grande distance à haute
163 vitesse [16].

164 Il existe un lien entre le dispositif tactique choisi par l'entraîneur et la performance collective
165 [17]. Dans le dispositif 3-5-2, l'équipe parcourt une plus grande distance totale et une plus

166 grande distance à haute vitesse comparativement aux autres dispositifs étudiés [18]. En
167 première division anglaise, une équipe en possession du ballon organisée en 4-5-1 parcourt
168 moins de distance à très haute intensité qu'une équipe organisée en 4-4-2 ou 4-3-3 [17].
169 L'environnement géographique et climatique du match influence également la performance
170 physique des joueurs en match. Une diminution de 3.1% de la distance totale parcourue est
171 observée pour les équipes jouant entre 1200m et 1753m d'altitude comparativement aux
172 équipes jouant au niveau de la mer [19]. Les joueurs effectuent la plus grande distance de course
173 à une température entre 11.6 et 15.1°C [20]. Une précédente étude a montré une diminution de
174 7% ($P < 0,05$) de la distance totale et de 26% (de la distance parcourue à haute intensité (>14
175 km/h) dans des conditions de fortes chaleurs (43°) par rapport à des conditions tempérées (21°)
176 [21].
177 L'activité physique des joueurs en compétition varie d'un match à l'autre mais également au
178 cours du match. Ainsi, la notion de « Peak running performance » [7, 16] est définie comme
179 étant les cinq minutes du match qui contiennent la distance de course à haute intensité la plus
180 élevée [16]. Au sein d'un match de football féminin il apparaît un coefficient de variation de
181 17% et de 53% pour les accélérations et les distances en sprint (>25 km/h) respectivement, d'une
182 période à une autre [22].

183

184 **2.2. Les variables liées aux joueurs**

185

186 L'âge est un facteur de variation de la performance physique en match en football [23]. Le
187 coefficient de variation de performance physique d'un match à l'autre est significativement
188 moins élevé chez un jeune joueur (< 25.2 ans) par rapport à un joueur plus âgé (> 33.1 ans)
189 [23]. Les jeunes joueurs sont donc plus constants dans leur performance physique que les
190 joueurs plus âgés. Les auteurs conseillent de faire attention à ne pas surexposer les joueurs les
191 plus âgés en match car leurs performances physiques peuvent donc varier de façon importante.
192 Il a également été observé que les joueurs de plus de 30 ans parcouraient moins de distance
193 totale et réalisaient moins de sprints que les joueurs plus jeunes (<30 ans) [24].

194

195

196 Contrairement à l'âge, la performance physique en fonction du poste a fait l'objet de
197 nombreuses études depuis plusieurs années [15, 25-26]. Plus récemment, Suarez-Arrones et al.
198 [27] ont observé que les défenseurs centraux avaient le ratio Temps d'effort/Temps de

199 récupération le plus petit. Les milieux de terrain excentrés étaient les joueurs qui parcouraient
200 le plus de distance dans un match. Les auteurs ont également montré que les distances en sprint
201 et le nombre de sprint étaient plus élevés chez ces mêmes milieux excentrés ainsi que chez les
202 attaquants par rapport aux autres postes.

203 Des différences de performances physiques significatives ont pu également être constatées entre
204 les hommes et les femmes dans le football de haut niveau. Ainsi, les hommes parcourent en
205 général plus de distance totale que les femmes sur les matchs de Champions League [28]. Il en
206 est de même pour les distances à haute intensité. Par ailleurs, les distances effectuées entre 18
207 et 25 km/h étaient 37% supérieures chez les hommes que chez les femmes [28].

208

209 **III. Méthodes de suivi de la charge externe et interne en match**

210

211 L'analyse de l'activité physique du joueur de football s'effectue par la quantification de la
212 charge totale lors du match. Celle-ci se caractérise par sa charge externe et sa charge interne
213 [29-32]. Clemente et al. [33] définissent la charge externe comme des exigences physiques
214 imposées lors d'un scénario d'un match. L'analyse de la charge externe est réalisée par
215 l'observation des distances parcourues à différents seuils de vitesse, sprints, des accélérations
216 et des décélérations. La charge interne représente les réponses biologiques et physiologiques
217 des joueurs par rapport à une charge externe donnée [34-35]. Les indicateurs de la charge
218 interne les plus suivis et étudiés sont la fréquence cardiaque (FC), la consommation d'oxygène
219 (VO₂), la lactatémie et la perception de l'effort.

220

221

222 **3.1. Charge Externe**

223

224 L'évaluation de l'activité physique au travers des distances parcourues en match a été beaucoup
225 étudiée lors de ces dix dernières années. L'analyse des déplacements des joueurs s'effectue via
226 différentes zones d'intensité et permet de profiler les joueurs en fonction de leur poste et /ou du
227 dispositif tactique [17-18]. Si les premières mesures de la charge externe s'effectuaient via la
228 notation manuelle il y a 25 ans [36], le recueil des données a ensuite été réalisé par le système
229 d'enregistrement vidéo [37]. Les progrès de la technologie ont fait naître d'autres outils de
230 mesure plus rapides et plus précis. Parmi les plus connus au niveau mondial on peut citer les
231 systèmes vidéo automatiques ainsi que les systèmes par transmission électronique. Ces outils

232 servent aujourd'hui d'étalonnage pour valider d'autres systèmes existant sur le marché [38].
233 L'utilisation massive des GPS (Global Positioning System) dans football professionnel permet
234 de caractériser l'activité physique des joueurs à l'entraînement mais également en compétition
235 [39-41]. Les clubs utilisent donc cet outil pour surveiller la charge d'entraînement et/ou pour
236 quantifier les performances physiques pendant la compétition [39]. Un effort est enregistré
237 lorsque la vitesse ou l'accélération est située dans un seuil spécifique (exemple pour la vitesse
238 : entre 19.8 et 25.1 km/h) et dure pendant une durée minimale (0,1s à 0,9 s) appelé « durée
239 minimale d'effort » pour évaluer les différences dans le nombre total d'efforts [42]. Il y a
240 plusieurs considérations méthodologiques lors de l'identification d'un effort qui peuvent
241 changer substantiellement le nombre d'effort identifiés lors du suivi des joueurs. Par exemple,
242 pour déterminer un effort significatif, les staffs doivent établir une durée minimale à laquelle la
243 vitesse ou l'accélération doit dépasser le seuil de mouvement spécifique, « durée minimale
244 d'effort » garantissant ainsi que les pics éventuels dus au « bruit » ne soient pas enregistrés
245 comme effort [42]. Malone et al. [43] précisent d'une part que la fréquence d'échantillonnage
246 du GPS peut avoir son importance car il a été montré que les anciens modèles d'appareils GPS
247 (1Hz et 5Hz) présentaient une fiabilité et une validité faibles pour les mesures à haute vitesse
248 [43]. Pour autant, Taberner et al. [44] ont montré que les valeurs mesurées par les GPS 10Hz et
249 10Hz étaient fortement corrélées au système de vidéo automatique de référence TRACAB
250 (Suède) ($r^2 > 0.92$). Il est suggéré de réaliser des analyses de mesure individualisées plutôt que
251 des analyses collectives (moyenne d'équipe, etc...) [43]. De plus, plusieurs études préconisent
252 de ne pas quantifier la charge à l'aide d'une seule donnée mais, au contraire, d'en utiliser
253 plusieurs car la surveillance des athlètes est plus complexe qu'une donnée prise d'une manière
254 isolée [43, 45]. D'autres auteurs suggèrent de planifier la charge d'entraînement collective en
255 fonction des données externes individuelles en match [46]. La planification du mois, de la
256 semaine et de la séance d'entraînement découlant directement des données en match de
257 distances parcourues et d'accélération-décélération à certains seuils [46]. L'intérêt de cette
258 démarche étant de calibrer, contrôler et réajuster la charge externe tant collectivement
259 qu'individuellement. Il est admis qu'un suivi de la charge externe est essentiel au maintien des
260 qualités physiques (e.g., VO_2max) [34] et des performances physiques en match [47]. De plus,
261 le suivi de la charge externe est associé à une limitation du risque de blessure myo-tendineuse
262 [48]. Ainsi, l'exploitation des données GPS en plus des données internes (perception de
263 l'effort ; FC) est pertinente dans un but de suivi personnalisé de la charge d'entraînement ou de
264 match [49]. Pour finir, comme il existe de grandes différences de données entre les modèles,

265 Thornton et al. [50] préconisent de standardiser le plus possible l'utilisation de l'outil et le
266 recueil des données.

267 Les seuils de vitesse standardisés (e.g., >25,2 km/h), sont utilisés afin de quantifier la charge
268 externe en match. Ainsi, certains associent les courses à haute vitesse à des seuils supérieurs à
269 14.4 km/h [28] alors que pour d'autres auteurs ne prennent en compte que les vitesses
270 supérieures à 21 km/h [51]. Concernant les sprints on retrouve également des valeurs de seuils
271 hétérogènes. Si Mohr et al. [37] considèrent que toute course supérieure à 18 km/h comme un
272 sprint, la majorité des autres auteurs [8, 20, 27, 28, 39] considèrent des valeurs beaucoup plus
273 élevées. Cependant, un consensus émerge et les seuils de haute vitesse communément utilisés
274 sont 19,8-25,1 km/h pour la course à très haute intensité et supérieur à 25,1 km/h pour le sprint.
275 Certaines études suggèrent toutefois une redéfinition des seuils non pas en fonction de la vitesse
276 brute mais de vitesse relatives et individualisées [46, 49]. Bradley et Vascovi [30] montrent que
277 les seuils de vitesses bruts ne peuvent pas être les mêmes pour les femmes et pour les hommes
278 car les courses à haute intensité (37%) et surtout les sprints à plus de 25 km/h (238%) diffèrent
279 de façon très significative en faveur des hommes. Les auteurs suggèrent donc de créer des seuils
280 de vitesse spécifiques aux femmes. Ils proposent par exemple que le seuil de sprint et/ ou de
281 course à haute intensité soient alignés avec la différence de vitesse maximale entre les deux
282 sexes (environ 10%) et/ou de la différence de performance au Yo-Yo test (environ 30%). Le
283 seuil de sprint pour le public féminin représenterait ainsi pour la première option 90% du seuil
284 des hommes (90% de 25 km/h = 22.5 km/h). Ces mêmes auteurs proposent également des seuils
285 de vitesse établis en fonction de la vitesse maximale de chaque joueur ou joueuse. Ils seraient
286 donc mis en place en fonction d'un test de sprint 40m (distance idéale pour atteindre la vitesse
287 maximale chez le footballeur).

288 Au-delà des classiques distances parcourues et des temps passés aux différentes vitesses pour
289 quantifier la charge externe, les notions d'accélération (ACC) et décélération (DEC) sont
290 également importantes à prendre en compte [46,52]. Les ACC et les DEC sont impliquées lors
291 des changements de directions qui sont fortement liés à une augmentation du stress
292 physiologique et donc au risque des blessures musculaires [53]. La distance totale d'ACC et de
293 DEC lors d'un match de haut niveau peut atteindre 3500-3800m [54-56]. Tout comme les seuils
294 de vitesse, la quantification du nombre d'ACC et de DEC relative au nombre de minute disputé
295 est un indicateur pertinent de la charge externe [57]. Comme il a été précisé par ailleurs,
296 l'interprétation et la comparaison des mesures doivent être effectuées de manière prudente.
297 L'outil GPS peut induire de larges variabilités et de faibles niveaux de fiabilités en fonction du
298 modèle utilisé [38, 58]. Rago et al. [49] dans leur récente revue systématique soulignent les

299 faibles consensus entre les méthodes de recueil des données de charge externe par les GPS et
300 l'interprétation de ces données. Ainsi, il a été rapporté que les déplacements verticaux, les
301 échauffements d'avant-match ou encore les séances de réhabilitation ne sont pas prises en
302 compte dans l'analyse de la charge externe [49]. Par ailleurs, il a également noté que la charge
303 externe dans le football féminin est sujet à beaucoup moins d'études que chez les hommes.

304

305 **3.2. Charge Interne**

306

307 La quantification de l'activité physique d'un joueur de football lors d'un match peut également
308 être réalisée via l'estimation de la charge interne. Le concept de charge interne intègre toutes
309 les réponses psychophysiologiques survenant lors de l'exécution de l'exercice [59]. La charge
310 interne est la réponse individuelle à la charge externe [60]. La charge interne est influencée par
311 l'entraînement mais également par d'autres facteurs liés au joueur (**Figure 1**). Les mesures de
312 la charge interne peuvent être des indicateurs reflétant la réponse psychophysiologique réelle
313 que le corps initie pour faire face aux exigences induites par la charge externe [59]. Plusieurs
314 mesures sont pertinentes pour mesurer la charge interne d'un joueur de football à
315 l'entraînement.

316

317 **3.2.1 La fréquence cardiaque**

318

319 La FC est un des paramètres physiologiques le plus fréquemment utilisé et représente un
320 indicateur fiable de la charge imposée aux joueurs professionnels de football que ce soit lors
321 des entraînements et/ou des matchs [61].

322 D'après les résultats de nombreuses études qui ont mesuré la FC en compétition, la FC moyenne
323 en match est comprise entre 70 et 90% de FC max [37, 61, 62]. Banister [63] a proposé un outil
324 d'estimation de la charge interne, le training impulse (TRIMP) qui est basé sur la mesure de
325 FC. Le calcul de la charge interne via la méthode TRIMP est le produit de la durée (en minutes),
326 de l'intensité de l'exercice (pourcentage d'utilisation de la fréquence cardiaque de réserve) et
327 d'un facteur de pondération qui modélise l'élévation exponentielle de la lactatémie avec
328 l'intensité de l'exercice [64]

329 $TRIMP = \text{Durée (min)} * \text{Intensité (\%)} * \text{Facteur de pondération}$

330 Du fait que le football soit un sport intermittent, la FC est discontinue et fluctue tout au long du
331 match [61]. Lors des changements de rythmes brutaux, la fréquence cardiaque change

332 relativement lentement et ne reflètent pas l'intensité de l'effort du fait de la latence de
333 l'adaptation de la FC [65]. La dimension aérobie est souvent surévaluée lors de quantification
334 de la charge de travail par la FC, également la dimension anaérobie des séances de préparation
335 physique, de musculation et de sprints ne peut être prise en considération.

336 Torreno et al. [66] se sont intéressés à la FC par période de jeu (match divisé en 6 périodes de
337 15 min) et ont montré l'intérêt d'utiliser l'index d'efficacité de performance (Vitesse en
338 m/min/%FCmax). Cet index « hybride » permet d'intégrer la charge externe exprimée en
339 vitesse moyenne au suivi de la charge interne (exprimé en % de la FCmax) et ce, sur plusieurs
340 séquences de jeu durant tout le match. Il a été montré que cet index était un outil intéressant
341 pour détecter des différences dans les profils physiques des joueurs professionnels en fonction
342 des postes de jeu lors de matchs officiels [27].

343

344 **3.2.2. La consommation d'oxygène**

345

346 Le football de compétition est un sport intermittent dans lequel le système aérobie est fortement
347 sollicité, contribuant à environ 98% de l'énergie totale [62, 67]. Bien que le football ne soit pas
348 un sport d'endurance en soi, il est établi qu'un niveau aérobie minimal est nécessaire afin que
349 le joueur soit capable de soutenir des efforts à intensité élevée et à optimiser la récupération
350 entre les efforts [68]. Il a été démontré que certains marqueurs de performance aérobie
351 permettent de discriminer les joueurs de différents niveaux de performance [67, 69]. Selon
352 plusieurs auteurs, la consommation maximale d'oxygène (VO_2max) témoigne du potentiel
353 aérobie d'un joueur de football professionnel [70]. Il est cependant difficile de connaître avec
354 précision les valeurs pic de VO_2 lors d'un match de football car les appareils portatifs
355 permettent d'évaluer les échanges gazeux lors d'un test de terrain ou à l'entraînement [71] mais
356 ne peuvent pas être utilisés lors d'un match. Les mesures s'extrapolent donc en général à partir
357 de la relation existante entre le FC et la VO_2max [58, 72]. Une valeur de 85% de la FCmax
358 serait équivalente à 75% de la VO_2max [73]. Le seuil anaérobie est défini par Davis [74] comme
359 le pourcentage de VO_2max associé à l'augmentation exponentielle de la concentration de lactate
360 sanguin. La moyenne d'intensité soutenue durant toute la durée d'un match de football est
361 proche de ce seuil et peut être traduite en pourcentage de VO_2max compris entre 75 et 85%
362 [62, 75].

363

364 **3.2.3. La lactatémie**

365

366 La lactatémie est utilisée dans de nombreuses disciplines sportives, et notamment le football
367 de compétition, comme un marqueur d'intensité de l'effort [67, 76]. Dans le football, les valeurs
368 moyennes en match sont comprises entre 7 et 13 mmol/L [62]. La concentration de lactate
369 sanguin lors du match varie entre 1 et 15,5 mmol/L [2]. La lactatémie est fortement corrélée
370 avec d'autres marqueurs de la charge interne comme la FC ou la perception de l'effort. Les
371 principales limites du suivi de la lactatémie sont, d'une part, son caractère invasif lié au
372 prélèvement sanguin (très compliqué à effectuer en match) et d'autre part, car il ne doit être
373 effectué que par des professionnels habilités, ce qui rend son suivi contraignant d'un point de
374 vue pratique.

375

376 *3.2.4. La perception de l'effort*

377

378 La prise en compte de la perception de l'effort repose sur le principe d'une évaluation à partir
379 d'une échelle normée [72]. Cette prise en compte a débuté dès 1960 via des recherches de mise
380 en relation entre la perception de l'effort physique et la fatigue avec l'adaptation aux charges
381 d'entraînement [77]. Il s'agit ici d'une prise en compte des conséquences subjectives et
382 individuelles de la charge car l'évaluation repose sur la perception de l'effort effectué par
383 l'athlète lors de sa dernière séance de travail (match ou entraînement) [78]. En 1982, Borg fait
384 évoluer son échelle de perception en la graduant de 0 à 10 (The Borg CR10-Scale). A partir
385 des années 2000, l'utilisation de cette méthode d'évaluation a gagné les sports collectifs comme
386 le football [78-83]. D'un point de vue pratique, la perception de l'effort (Rate of Perceived
387 Exertion ; RPE) s'obtient en multipliant la note de difficulté de l'effort de l'athlète par le temps
388 en minute de l'activité physique. Plusieurs études ont montré des corrélations entre la RPE et
389 les variables de la charge externe mesurées via les GPS (McLaren et al. 2018 ; Gaudino et al.
390 2015) [31, 84] (**Tableau 1**).

391

392 Certains auteurs ont proposé de séparer la RPE musculaire et la RPE respiratoire (Los
393 Arcos et al. 2015) [85]. Il a été montré que le temps de jeu en match influençait ces deux
394 variables [85]. Des valeurs élevées de RPE musculaire étaient associées à des charges
395 d'entraînement très fortes, plus que la RPE respiratoire [85]. L'effort perçu en match est plus
396 important qu'à l'entraînement (Wrigley et al. 2012 ; Thorpe et al. 2016) [82, 86]. Le niveau des
397 RPE en match varie de façon significative en fonction de diverses variables comme le niveau
398 de l'adversaire ou le lieu du match [87]. Il a été souligné que l'utilisation de la RPE dans le

399 suivi de la charge est plus fréquente que la FC, dûe au fait de sa simplicité, rapidité et gratuité
400 [88].

401 L'utilisation simultanée de la charge d'entraînement interne et les données de charge externe
402 est préconisée afin de fournir une image globale de la charge subie par les joueurs, c'est-à-dire
403 la quantité de travail effectuée et la réponse physiologique et perceptuelle associée. En effet,
404 les joueurs peuvent réagir différemment à une même charge externe appliquée [49].

405

406

407

408 **3.2.5. La puissance métabolique**

409

410 La puissance métabolique (PM) est obtenue à partir du produit des vitesses de course et une
411 estimation du coût énergétique (CE) lors des accélérations/décélérations sur le terrain [89].

412 L'objectif a d'abord été d'avoir une méthode permettant de mieux estimer la charge
413 physiologique et la dépense énergétique que les différents seuils de vitesse. Osgnach et al. [54]

414 a montré qu'en utilisant la méthode de calcul proposée par di Prampero et al. [89], la
415 quantification du CE par les seuls seuils de vitesse de courses était sous-estimée de 8% en match

416 et que, par conséquent, la demande énergétique anaérobie était supérieure en utilisant la
417 puissance métabolique. Gaudino et al. [90] a également montré une différence de CE entre les

418 deux méthodes de mesures chez des joueurs anglais de première division. Il a été montré, par
419 ailleurs, que la puissance métabolique est fortement associée aux distances parcourues à haute

420 intensité [91], à la VO₂max et à la vitesse maximale aérobie (VMA) [92]. Pour autant, sa mesure
421 par des GPS a montré quelques limites [93]. Une faible fiabilité et une sous-estimation du CE

422 ont été observé sur des mesures effectuées lors d'exercices spécifiques au football en
423 comparaison avec un test mesurant la VO₂ par calorimétrie [93].

424 L'analyse des paramètres interne et externe de la charge permettent de comprendre l'activité
425 physique lors d'un match de football. Il a été montré que le genre était un facteur d'influence

426 de ces paramètres. Une analyse de la littérature est nécessaire afin d'avoir une meilleure
427 compréhension de l'activité physique en match chez un public féminin ou masculin.

428

429 **IV. Analyse de la charge externe et interne d'un match de football**

430

431 **4.1. Analyse de la charge externe en match**

432

433 *4.1.2. Distances de courses en match chez la joueuse de football*

434

435 Depuis une dizaine d'année, l'activité physique de la joueuse de football professionnel fait
436 l'objet d'études permettant ainsi de mieux appréhender la charge interne et externe lors d'un
437 match [18, 94, 95]. Le **tableau 2** regroupe les données des distances parcourues à haute vitesse
438 dans le football féminin professionnel. La distance totale parcourue en match par les joueuses
439 de football professionnelles est de 9.5-10.5 km par match [96, 97]. Des recherches antérieures
440 ont montré que la distance effectuée à haute vitesse par les joueuses de football est liée au
441 niveau de compétition et peut varier entre 700 et 2000m pendant un match [98, 99]. Une des
442 premières recherches sur le sujet utilisant la technologie GPS en match international a montré
443 une distance à haute vitesse (>16km/h) de $0,6\pm 0,1$ km et une distance en sprint (>25km/h) de
444 280 ± 80 m [100]. Les seuils de vitesse ne sont pas standardisés d'une étude à l'autre. De plus, si
445 certains auteurs utilisent la distance brute, d'autres analysent la distance parcourue relative à la
446 durée de jeu des joueuses. Globalement, les joueuses parcourent une distance minimale de
447 556m à une vitesse supérieure à 16km/h lors d'un match [95]. A cette intensité de course,
448 Palucci et al. [97] ont même relevé une distance moyenne de 820m lors de matchs
449 professionnels de football féminin. Pour des vitesses supérieures à 25,1 km/h, Bradley et al.
450 [101] enregistrent une distance moyenne de 59m alors qu'Andersson et al. [102] observent une
451 distance moyenne de 256m parcourue en sprint. Cette différence peut s'expliquer par la
452 différence des systèmes utilisés ou par le niveau des joueuses étudiées. Les joueuses de niveau
453 international effectuent une plus grande distance de sprint que les joueuses de niveau national.
454 Par ailleurs, contrairement à la distance totale, la distance parcourue à haute vitesse diminue
455 entre la première et la deuxième mi-temps (-30%) [96]. Elle diminue également au sein de la
456 deuxième mi-temps, entre le premier et le dernier quart d'heure (-34%) [96]. Il y a un nombre
457 de sprint répété égal entre les deux mi-temps mais un temps de récupération moyen plus long
458 entre deux sprints [96]. Sur des matchs de Champion's League, il y a une diminution des
459 distances de course à haute vitesse en deuxième mi-temps, contrairement à ce qui est observé
460 chez les hommes [101].

461

462 *4.1.2. Distances de courses en match chez le joueur de football*

463

464 L'analyse de la charge interne et externe chez le joueur de football professionnel en match est
465 beaucoup plus documentée que chez les femmes. Une description détaillée des données de

466 distances totales, de distances à haute intensités et de sprints lors de match de football
467 professionnels masculins est reportée dans le **tableau 3**. Les études y figurant datent au plus tôt
468 de 2014. Les études analysent de plus en plus les données de distances de course en valeur
469 relative au temps passé sur le terrain plutôt qu'en valeur absolue. Comme pour le football
470 féminin, on constate qu'il n'y a pas véritablement d'uniformisation des seuils à haute intensité
471 et en sprint. Pour autant, une vitesse comprise entre 19,8 km/h et 25 km/h pour la course à haute
472 intensité, et une vitesse >25,1 km/h pour les sprints sont les plus couramment utilisées. La
473 distance totale parcourue en match se situe entre 105 m/min [106] et 119,18 m/min [107]. Les
474 distances parcourues à haute intensité et en sprint, en fonction du seuil de vitesse de chacun des
475 auteurs sont très variables d'une étude à l'autre.

476

477 ***4.1.3. Distances de courses en match par poste chez la joueuse de football***

478

479 Le poste de jeu est un facteur d'influence de l'activité physique en football [25,27]. Le **tableau**
480 **4** rapporte les différentes performances physiques en termes de distance parcourue chez les
481 joueuses professionnelles en fonction de leur poste de jeu. Les défenseuses centrales (DC)
482 parcourent le moins de distance totale, de distance à haute vitesse et de sprint que les autres
483 postes de jeu [16, 111]. Les joueuses effectuent entre 8,65 et 10,8 km par match. La joueuse au
484 poste de milieu axial parcourt la plus grande distance totale. Lors des deux coupes du monde
485 de 2011 et 2015[74], les milieux centraux et les milieux excentrés (ML) sont celles qui
486 parcouraient la plus grande distance à haute vitesse (e.g., >20 km/h). Les attaquantes (AT) sont
487 souvent celles qui parcourent la plus grande distance en sprint (à l'exception de deux études
488 [105, 113]). Les distances totales, les distances à haute intensité, et les distances en sprint sont
489 plus élevées lors des matchs internationaux et lors des coupes du monde que lors de matchs
490 nationaux, et ce, quel que soit le poste de jeu.

491

492 ***4.1.4. Distances de courses en match par poste chez le joueur de football***

493

494 Le **tableau 5** regroupe les études présentant les différentes performances physiques en termes
495 de distances parcourues chez les joueurs professionnels en fonction de leur poste de jeu. Il
496 montre une grande variété de distance parcourue entre chaque poste. Les défenseurs centraux
497 sont en général les joueurs qui parcourent le moins de distance à haute intensité et en sprint [7,
498 27, 66]. Les milieux latéraux sont les joueurs qui parcourent le plus de distance à haute intensité
499 et en sprint. Il existe une variation importante entre chaque étude. Outre le niveau de pratique,

500 les facteurs de variabilités de l'activité du joueur en match ne permettent pas d'avoir une
501 observation standardisée. Les auteurs utilisent généralement deux types de données. Les
502 distances parcourues totales durant le match et la distance parcourue relative au temps de jeu.
503 Cette dernière permet une plus grande précision car elle permet de prendre en compte les
504 joueurs qui sortent ou qui rentrent en cours de match. De plus, le temps de jeu total varie même
505 lorsque les joueurs jouent le match entier car il est dépendant du temps additionnel ajouté par
506 l'arbitre à chaque fin de mi-temps.

507

508 **4.2. Analyse de la charge interne en match chez la joueuse de football**

509

510 A notre connaissance, peu d'études se sont intéressées à l'analyse de la charge interne lors d'un
511 match de football professionnel féminin. Une FC et une VO₂ moyenne de 86 et 77-80% ont été
512 respectivement observées en match chez des joueuses professionnelles [111]. Les valeurs pics
513 de FC et de VO₂ atteintes en match sont de 98% de FCmax et de 96% de VO₂max. La
514 concentration moyenne de lactate sanguin lors du match est d'environ 5,1 mmol/L [102, 114].
515 Le niveau de lactate durant le match peut être plus élevé en fonction de l'intensité globale ou
516 séquentielle du match [68]. Les auteurs ont montré une baisse de la concentration sanguine de
517 lactate corrélée à la baisse des distances de course à haute intensité durant la deuxième mi-
518 temps. L'analyse de la fréquence cardiaque en match n'a pas montré de différence significative
519 en match en fonction du poste.

520

521 **4.3. Analyse de la charge interne en match chez le joueur de football**

522

523 La FC moyenne reportée en match se situe entre 80 et 90% de la FCmax [62]. Plus récemment,
524 une fréquence cardiaque moyenne de 87,1% de la FCmax a été observée chez des joueurs de
525 football professionnels espagnols [27]. Il a aussi été observé que les milieux excentrés sont les
526 joueurs qui ont la FC moyenne la plus basse comparativement aux autres postes de jeu [62].

527 Les premières analyses de la lactatémie en cours de match ont permis de mesurer des valeurs
528 moyennes comprises entre 7 et 12,8 mmol/l [36, 62]. Ces concentrations sont corrélées aux
529 distances parcourues en match [62]. Mohr et al. [37] ont confirmé cette corrélation en observant
530 une diminution conjointe des distances effectuées en 2^{ème} mi-temps avec les concentrations de
531 lactate sanguin.

532

533 4.4. Cinétique de récupération physique chez la joueuse de football

534

535 Les paramètres les plus souvent observés pour apprécier la récupération sont le contre-
536 mouvement jump (CMJ) qui est un test appréciant la détente verticale [114], la performance en
537 sprint [114], la force développée via un système isocinétique et la créatine kinase (CK)
538 indicateur des dommages musculaires [102]. Le **tableau 6** relève les cinétiques de retour à l'état
539 basal observées par plusieurs auteurs concernant ces différents paramètres lors des premières
540 heures après un match de football chez la femme. Il est difficile de comparer les résultats des
541 différentes études car les protocoles ne sont pas toujours les mêmes. Cependant, on observe
542 qu'il y a une baisse de performance en CMJ directement après le match et jusqu'à 27h après.
543 Concernant la performance en sprint chez la femme après un match, on note une baisse de celle-
544 ci directement après le match. Les niveaux de force concentrique et excentrique ne retrouvent
545 pas leurs niveaux de base qu'environ 27h après le match. Par ailleurs, on constate une
546 augmentation importante de la CK après le match mais surtout 24h à 72h après le match

547

548 4.5. Cinétique de récupération physique chez le joueur de football

549

550 Chez le joueur, la diminution de performance au CMJ semble plus importante que chez la
551 joueuse (Kustrup et al. 2010 ; Ispirlidis et al. 2008) [114, 118]. En effet, selon les études
552 répertoriées dans le **tableau 7**, il y a des diminutions de performance au CMJ de 10% environ
553 24h après le match [118]. La performance en sprint diminue également de 2-7% 24h après un
554 match et ne se rapproche ses valeurs basales qu'environ 72h après le match [118, 119]. On
555 observe une perte de force au test isocinétique de 15% juste après le match et de 4-8% 72h après
556 le match [118, 119]. Le suivi de créatine kinase montre, comme chez la femme, une
557 augmentation très importante de 24h à 72h après le match [42, 120]. Toutefois les résultats
558 d'une étude à l'autre varient énormément du fait de la diversité des populations et des protocoles
559 utilisés.

560

561

562

563

564

565

566 **V. Caractéristiques physiques et physiologiques dans le football de**
567 **haut niveau**

568

569 **5.1. Caractéristiques anthropométriques chez la joueuse de football**

570

571 Le **tableau 8** présente les données anthropométriques de la joueuse de football professionnelle.
572 Il y a une grande variabilité en fonction des études. La joueuse de football a une taille moyenne
573 se situant entre 161 et 169 cm et un poids moyen de 55-64 kg. La masse grasse (MG) de la
574 joueuse de football se situe en dessous de 20%. L'indice de masse corporelle observé chez les
575 joueuses est de 20-23 Kg/m². Il a été observé que les défenseuses tendent à être plus grandes et
576 plus lourdes que les autres joueuses de champs [111]. Les gardiennes de but ont les % de MG
577 les plus élevés ce qui peut être attribué à une dépense énergétique à l'entraînement et en match
578 moindre par rapport aux autres postes [125].

579

580 **5.2. Caractéristiques anthropométriques chez le joueur de football**

581 Le **tableau 9** présente les données anthropométriques de joueurs de football de plusieurs études
582 publiées ces dix dernières années. Il a été observé que le joueur de football de haut niveau fait
583 une taille égale ou supérieure à 1,80m [49, 132]. Dans ce **tableau 9**, on constate une taille
584 moyenne de 177-183 cm en fonction des études. Concernant le poids, le joueur de football
585 professionnel pèse 69.1-81.3 kg. Selon les études, la masse grasse d'un joueur se situe entre 7,5
586 [133] et 13,6% [33]. Cette disparité est notamment dû aux méthodes utilisées pour la mesure
587 de masse grasse. L'Indice de Masse Corporelle (IMC) des joueurs de football se situe entre 22,9
588 [132] et 24,1 [130].

589

590

591 **5.3. Caractéristiques physiques et physiologiques chez la joueuse de football**

592 Le **tableau 10** résume les caractéristiques physiques et physiologiques des joueuses de football
593 professionnel. Les tests de capacité physique peuvent aider à identifier les talents et à
594 différencier les normes de compétition [138]. La mesure directe de VO₂max chez les joueuses
595 de football a été rapportée dans un certain nombre d'études avec des valeurs pour les joueuses
596 d'élite allant de 45.1 à 52 ml/min/kg (**Tableau 10**). L'utilisation des tests Yo-Yo Intermittent
597 Test Level 1 (YYIR) et Yo Yo Intermittent Test level 2 est courante dans les protocoles de test

598 sur le terrain pour le football féminin [127]. Plusieurs auteurs ont étudié la qualité de sprint
599 chez la joueuse de football [128-130]. Un résumé de leurs résultats est rapporté dans le **tableau**
600 **10**. Cependant, l'utilisation de différents protocoles limitent la comparaison entre ces études.
601 L'évaluation de la capacité de saut est acceptée comme une mesure fonctionnelle de la puissance
602 musculaire chez les joueurs et joueuses de football [2]. Le **tableau 10** résume les données de
603 performance au CMJ chez la joueuse de football de plusieurs études. La performance au CMJ
604 chez la joueuse de football se situe entre 28.1 et 37.2 cm.

605

606 **5.4. Caractéristiques physiques et physiologiques chez le joueur de football**

607 Les tests physiques sont un bon moyen pour apprécier le niveau de forme physique à un instant
608 donné et dans un contexte précis [142]. Le **tableau 11** résume les données physiques et
609 physiologiques de joueurs de football professionnels. La mesure directe de $VO_2\text{max}$ chez les
610 joueurs de football a été rapportée dans un certain nombre d'études avec des valeurs pour les
611 joueurs professionnels allant de 56,5 à 59,4 ml/min/kg. Plusieurs études montrent que les tests
612 Yo-Yo Intermittent Test level 1 et 2 sont fiables et valides et que leurs résultats sont corrélés
613 aux performances physiques sur le terrain [2]. Les performances des joueurs professionnels au
614 Yo-Yo Intermittent Test oscillent entre 1558 et 2289m pour le Level 1 et 927 et 966m pour le
615 Level 2 [132, 143]. Concernant la performance au CMJ, le joueur de football professionnel
616 saute à une hauteur entre 33.6 et 43.3 cm. La grande variabilité des résultats peut être imputée
617 à un manque de standardisation entre les différents protocoles. Plusieurs études ont montré que
618 96% des sprints en matchs font moins de 30m [2]. La performance en sprint se situe entre 1.74
619 et 1.81s sur 10m, 2.84 et 3.12s sur 20m et 4.13 et 4.27s sur 30m.

VI. Les Blessures dans le football de haut niveau

Dans le football professionnel, les blessures ont un impact important sur la performance sportive, l'économie et la santé des joueurs [150]. Concernant la performance, une incidence de blessures très basse est corrélée de manière très significative ($r=0.93$, $p<0.01$) avec le classement d'une équipe en championnat [151] et le succès en Coupe d'Europe [152]. D'un point de vue financier, Le coût moyen d'un joueur arrêté pour blessure est estimé à 500 000 euros pour une équipe de football professionnelle européenne de haut niveau [153]. Enfin, d'un point de vue sanitaire, 32% des joueurs déclarent avoir de l'arthrose à la fin de leur carrière [154]. De manière générale, la blessure sportive est définie comme tous types de dommages qui peuvent être subis lors de la pratique sportive [155]. D'un point de vue spécifique, la FIFA a établi un consensus sur la définition de la blessure en football [156]. Cette dernière est définie comme « toute plainte physique subie par un joueur, résultant d'un match ou d'un entraînement de football, indépendamment du besoin d'une attention médicale ou de l'impossibilité de prendre part à l'activité ». Fuller et al. [156] ont proposé dans ce consensus de classer les blessures par sévérité, par localisation et par type. La sévérité est caractérisée par le nombre de jours d'absence dû à la blessure et définit comme « le nombre de jours qui se sont écoulés entre la date de la blessure du joueur et la date de son retour complet à l'entraînement et de sa disponibilité pour un match ». Concernant la localisation, elle peut se situer dans les zones suivantes : Tête et cou/ membres supérieurs/ tronc/ membres inférieurs. Enfin, les types de blessure répertoriés sont : fractures et blessures osseuses/ articulations et ligaments/ muscles et tendons/ contusions/ lacérations et lésions dermatologiques/ système nerveux central ou périphérique/ autres [156]. Les blessures peuvent également être caractérisées par le fait qu'elles soient dues à un contact (d'un objet ou d'un autre joueur) ou non (e.g., sans contact et avec contact). Afin de quantifier les blessures, plusieurs études [157, 158] recommandent l'utilisation de l'incidence plutôt que le nombre de blessures en valeur absolue. Junge et Dvorak [159] définissent l'incidence des blessures en football comme le nombre de nouvelles blessures. La méthode de normalisation la plus communément utilisée est le nombre de blessures pour 1000h de pratique (match et/ou entraînement) [157, 158, 160]. Cette dernière se calcule de la manière suivante :

$$\text{Blessures pour 1000h de pratique} = \left(\frac{\text{Nombre de blessure}}{\text{Somme de la durée d'exposition globale de chaque joueur}} \right) \times 1000$$

Afin de prévenir les blessures, la première étape est de décrire leur épidémiologie) [150, 155]. Le suivi des blessures dans les clubs professionnels est courant et permet aux staffs médicaux de faire une analyse statistique de ces dernières [158, 161, 162]. Les types, les localisations et la fréquence des blessures dans les cinq premières divisions anglaises durant la saison 2015/2016 ont été répertoriées et il a été observé 473 blessures pour 243 joueurs étudiés, soit 1,9 blessures/joueur [158]. Ces mêmes auteurs ont constaté une incidence de 9,11 blessures pour 1000h d'activité, et plus particulièrement, 6,84 blessures pour 1000h d'entraînement et 24,29 blessures pour 1000h de match. Ces données sont à mettre en perspective avec une étude [163] effectuant un suivi auprès d'autres clubs européens et concluant à une incidence des blessures de l'ordre de 8,1 blessures/1000h d'activité et notamment 3,5 blessures pour 1000h d'entraînement, soit moitié moins que dans la première étude citée [158].

Les membres inférieurs sont la partie du corps la plus souvent sujette aux blessures dans le football professionnel [164]. 84,1% des blessures répertoriées dans cette étude [164] concernent les membres inférieurs. Au niveau articulaire, le genou est l'articulation la plus touchée, représentant 22,4% des blessures suivi de la cheville (11,8%) et de la hanche (4,1%). Il a également été montré que sur 6140 blessures répertoriées, 35% sont des blessures musculaires localisées principalement au niveau des ischio-jambiers (n=900 ; 14,6%), des adducteurs (n=523 ; 8,5%), des quadriceps (n=394 ; 6,4%) et des mollets (n=306 ; 5%) [152]. Ces données confirment les résultats de recherches antérieures observant 37% de lésions musculaires sur plus de 6030 blessures dont 23% au niveau des ischio-jambiers et 10% au niveau des adducteurs [165].

Concernant la sévérité des blessures, sur 1084 blessures aux Ischio-jambiers, 13% ont des durées d'indisponibilité égales ou inférieures à 3 jours, 25% de 4 à 7 jours, 51% de 8 à 28 jours et enfin, 11% sont considérées comme des blessures sévères (>28 jours). Les données sont similaires concernant les quadriceps, les adducteurs et les mollets [163].

Les facteurs de risque des blessures ont fait l'objet de nombreuses recherches. Il existe quelques consensus à ce sujet. Au niveau de la charge d'entraînement, les joueurs ont un risque de blessure accru lorsqu'ils sont sujet à une augmentation significative de la charge absolue ou exposés à une variation brutale de celle-ci [166-167]. De plus, un temps important passé à une intensité supérieure à 85% de la FCmax augmente également le risque de blessure [168].

D'autre part, un niveau d'évidence maximal a été constaté entre une blessure et un antécédent de blessure chez un joueur de football professionnel [161]. Plusieurs études ont également montré que des blessures antérieures peuvent augmenter le risque de blessure sur le même

groupe musculaire [152]. De plus, des antécédents de blessures prédisposeraient pour un autre type de blessure [152]. Cela s'expliquerait par une éventuelle altération biomécanique, une inhibition neuromusculaire ou encore une faiblesse musculaire causées par la blessure antérieure [152].

La fatigue augmente également le risque de blessure en match [163]. La fatigue est définie comme toute baisse de la performance musculaire associée à l'activité musculaire [169]. Plusieurs auteurs ont constaté des blessures plus fréquentes en fin de période (première ou deuxième mi-temps d'un match) [163]. La fatigue peut être liée à plusieurs facteurs, comme par exemple la diminution de force musculaire (notamment aux ischio-jambiers) au cours du match [170]. La fatigue peut également être dû à une augmentation de la fréquence des matchs [123, 160]. Les temps de récupération entre deux matchs sont insuffisants lorsqu'il y a trois matchs dans une même semaine [123].

Les déséquilibres musculaires font souvent partie des causes couramment citées pour expliquer une éventuelle blessure. Si les données de la littérature sur le sujet peuvent parfois paraître contradictoires, il y a aujourd'hui deux consensus. Un déséquilibre supérieur à 15% en force excentrique au niveau des ischio-jambiers a été rapporté comme un prédicteur significatif du risque de blessure [171]. Pour autant, le ratio force excentrique ischio-jambier/force concentrique du quadriceps détecterait une blessure antérieure mais pas forcément une future lésion [172]. D'autre part, d'autres auteurs ont montré qu'un déficit de force isocinétique n'était pas associé à un risque de blessure [173].

Si les recherches effectuées sur les blessures dans le football masculin professionnel sont nombreuses, celles sur le football féminin sont plus rares et beaucoup plus ciblées sur la rupture du ligament croisé antérieur du fait de sa fréquence plus élevée chez ce public [173-177].

Les facteurs de risque neuromusculaires sont exacerbés chez la femme dans la pratique du football par rapport aux hommes. Quatre catégories distinctes ont été identifiées dans la littérature [178] :

- 1) la prédominance ligamentaire s'appuie sur le constat que les femmes réceptionnent les sauts avec plus de valgus du genou prédictif de la lésion du LCA;
- 2) la prédominance quadricipitale est la traduction d'une force d'extension plus forte avec un couple quadriceps/ischio-jambiers altérant leur capacité à contrôler les forces de cisaillement produites par la translation tibiale antérieure. Une contraction élevée du quadriceps a été montrée suffisante pour léser un LCA et les déséquilibres entre la force du quadriceps et celle des ischio-jambiers sont à l'origine de contraintes élevées sur le LCA.

- 3) La prédominance du tronc est basée sur le constat que les femmes souffrant de blessure au genou ayant plus de déplacement de tronc et une proprioception plus faible
- 4) La prédominance du membre inférieur statue que les fortes asymétries du moment et de l'angle de valgus du genou sont prédictives de lésion du LCA

Pourtant, certaines études ont pu constater certaines particularités liées à cette population et notamment le fait qu'il est constaté un nombre de blessures inférieure de 30 à 40% par rapport aux hommes ($p < 0,05$) [150]. Ces données confirment d'ailleurs celles d'une étude plus ancienne constatant un nombre de blessures inférieur de 20 à 40% chez les femmes par rapport aux hommes [178]. Pour autant cette différence est à prendre avec précaution car il a été également montré que la différence était surtout dû au fait que le nombre de contusions était cinq fois supérieur chez les hommes [150].

Un autre domaine spécifiquement étudié chez la femme est la relation entre le cycle menstruel et le potentiel risque de blessure [180]. 41,7% des femmes pensent que leur cycle menstruel a un impact négatif sur l'entraînement et la performance [181], cependant peu d'étude sur le sport féminin ont pu fournir des facteurs explicatif. Les menstruations abondantes pourraient entraîner une carence en fer non diagnostiquée et pourrait être en cause) [180-181]. Les femmes sont plus prédisposées aux blessures sans contact du LCA lors de la phase de pré ovulatoire du cycle menstruel avec un niveau d'œstrogène élevé. Des recherches futures seraient nécessaires sur la façon dont le cycle menstruel peut affecter la performance physique et le risque potentiel de blessure de la joueuse de Football.

VII. Prévention des blessures chez le footballeur de haut niveau

Une augmentation du nombre des blessures est constatée depuis plusieurs années dans le football moderne [182] et est la conséquence d'une augmentation de l'intensité physique (course à haute intensité, sprints, accélérations, ...) à l'entraînement et en match [182]. Des stratégies ont été mise en place par les clubs afin de reathlétisation et de réduction des risques de blessures [161, 184].

La thématique du monitoring ou suivi de la charge d'entraînement dans le but de réduire le risque de blessure est sujet à de nombreuses recherches depuis plusieurs années [41, 83, 185-187]. Si une charge d'entraînement inhabituellement élevée augmente le risque de blessure chez

le joueur de football [167], il a été observé qu'un sportif qui est habitué à une charge d'entraînement élevée est moins exposé à la blessure [166]. Les auteurs ont proposé l'utilisation d'un ratio charge aiguë/ charge chronique (Acute/Chronic Workload Ratio, ACWR) qui permettrait de définir une zone de travail idéal. Une charge d'entraînement hebdomadaire égale de 0,8 à 1,3 fois la charge d'entraînement moyenne des quatre dernières semaines d'entraînement semble être idéale [166, 188]. Pour autant, cette approche est récemment critiquée car il n'y aurait aucune raison ni explication pertinente pour sélectionner une semaine ou quatre semaines comme fenêtre temporelle [189]. De plus, le rôle prédictif du risque de blessure de l'ACWR a été également débattu par la démonstration d'artefacts statistiques [190]. En l'absence de justification, d'autres études ont essayé plusieurs fenêtres temporelles en montrant certaines associations mais le processus de sélection de ces dernières a été généralement totalement subjectif et a donc pu manquer de transparence. Enfin, Impellizzeri et al [189] ont souligné que l'ACWR est appliqué à plusieurs mesures de la charge d'entraînement (internes ou externes), ce qui supposerait que toutes les mesures soient liées à des mécanismes similaires ou ont un effet similaire sur les blessures. Si la relation de cause à effet entre la charge d'entraînement et la blessure doit faire l'objet de nouvelles recherches, le monitoring ne doit toutefois pas être abandonné car une corrélation positive significative existe entre la charge d'entraînement et la performance sportive en sport collectif [191].

Les antécédents de blessure augmentent le risque d'une nouvelle indisponibilité que ce soit sur le même groupe musculaire ou sur une autre partie du corps [152]. Un déficit de force sur le membre atteint peut survenir à la suite d'une première blessure [192]. Un déficit de force est une cause avérée de blessure. Donc, une des solutions pour lutter contre une nouvelle blessure est d'essayer de combler ce déficit de force [193]. Il a été montré qu'il y avait une relation entre la pubalgie et des niveaux de force excentriques faibles au niveau de la ceinture abdominale et des muscles adducteurs, entraînant un déséquilibre entre le niveau de force excentrique des abdominaux et le niveau de force concentrique des adducteurs [194]. Ces mêmes auteurs suggèrent donc d'inclure du renforcement excentrique au niveau des abdominaux et des adducteurs afin de limiter les risques de pubalgies.

Cette dernière étude, soulève le fait qu'un travail de force excentrique aurait un impact positif sur la réduction des douleurs et blessures. Plusieurs autres travaux ont montré l'intérêt de ce type de renforcement en prévention des blessures [195]. Dernièrement, une revue systématique a conclu qu'on pouvait réduire les blessures aux ischio-jambiers de 51% en introduisant un renforcement excentrique sur les ischios-jambiers via l'exercice du Nordic Hamstring Exercise (NHE) lors de l'échauffement [196]. Il est souvent notifié que pour contrer les inconvénients

du NHE, qui est un exercice bilatéral et mettant en jeu la seule articulation du genou, ce dernier doit être complété par un exercice bi-articulaire et unilatéral [197]. Néanmoins, Fanchini et al. (2020) [198] ont relevé que, bien que la littérature soit généralement favorable à l'utilisation d'exercices excentriques, ces études présentent un risque de biais élevé et, par conséquent, de futures recherches sont nécessaires afin de mettre en place des protocoles à faible risque de biais méthodologiques dans une population élite spécialiste de football. Le fait que la plupart des études ne soient pas focalisées uniquement sur la composante excentrique des exercices de prévention mais qu'ils comprennent également la phase concentrique ne permet donc pas de dire qu'il y a une évidence scientifique notable du rôle de l'exercice excentrique sur la prévention des blessures [161].

Un autre moyen souvent utilisé pour prévenir les blessures est l'évaluation de la mobilité, Le Functional Movement Screen (FMS) qui est un outil d'évaluation permettant d'identifier la qualité du mouvement et requière équilibre et stabilité [199-200]. Le rôle de cet outil est encore largement débattu [201-202]. Si certaines études suggèrent d'utiliser cet outil d'évaluation afin d'identifier un potentiel risque de blessure [203], une revue systématique récente a conclu que l'hétérogénéité des populations, et les différentes définitions de la blessure que l'on peut trouver dans les différentes études ne permettent pas d'associer ce type d'évaluation à un potentiel risque de blessure [200].

Dernièrement, des travaux ont étudiés l'impact de l'entraînement en course à haute vitesse ou en sprint sur l'incidence des blessures [204]. Des recherches ont montré qu'un entraînement en sprint permettait une augmentation plus importante (16%) de la longueur des fascicules des ischio-jambiers, cause de diminution de risque des blessures) [205], par rapport à un entraînement au NHE (7%) chez des footballeurs [206]. Cette augmentation de la longueur des fascicules du muscle ischio-jambiers observée après un programme de sprint pourrait être liée à l'augmentation continue de l'intensité de contraction de système myo-tendineux induit par les mouvements à grandes vitesses. La piste de l'entraînement à haute vitesse pour réduire les blessures en sprint suggère de nouvelles recherches afin de connaître le lien entre un entraînement en sprint et une potentielle diminution de l'incidence des blessures musculaires.

VIII. Conclusion et perspectives

Cette revue propose dans un premier temps de faire un état des lieux sur différents thèmes liés au football comme l'analyse des facteurs de la performance, le suivi de la charge interne et externe, les caractéristiques anthropométriques et physiques des joueurs et joueuses de football, l'épidémiologie des blessures et enfin, la prévention dans le football. Dans un deuxième temps ces connaissances scientifiques développées permettent : 1- de définir et de distinguer quelles sont les facteurs de performance situationnelles et celles liées au joueur. Ces facteurs impactent la performance en match et doivent être pris en compte par les staffs pour appréhender l'entraînement et la compétition. 2- de connaître les méthodes de suivi de la charge interne et externe à l'entraînement et en match ainsi que leur utilité. Il est aujourd'hui reconnu qu'il doit y avoir un suivi de la charge interne et externe et de multiplier les indicateurs de suivi afin d'optimiser la performance et d'individualiser l'entraînement. 3- d'analyser et de différencier les caractéristiques physiques et anthropométriques entre homme et femme et en fonction des postes. 4- de constater un nombre important de blessures dans le football et ce malgré la mise en place depuis quelques années de stratégie de prévention. Il serait intéressant d'analyser l'incidence des blessures sur les dernières années en fonction des postes et du genre. 5- la mise en place de multiples stratégies de prévention de blessures ces dernières années. Si certaines n'ont pas encore fait preuve de leur efficacité, d'autres ont montré un effet positif sur la réduction du risque de blessure.

Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêts.

Références

1. Football FIFPRO. Players Worldwide. Football's schedule is getting busier, cutting players recovery time 2019. [\[1\]. org/en/industry/at-the-limit](#) Accessed March 29, 2020.
2. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U, Physiology of soccer: an update, Sports Med. 2005. 35 (6). 501–536.
3. Buchheit M, Mendez-Villanueva A., Delhomel G., Brughelli M., Ahmaidi Said. Improving Repeated Sprint Ability in Young Elite Soccer Players: Repeated Shuttle Sprints Vs. Explosive Strength Training. Journal of Strength and Conditioning Research: [October 2010 - Volume 24 - Issue 10 - p 2715-2722](#)

4. Canhadas IL, Silva RLP, Chaves CR, Portes LA. Anthropometric and physical fitness characteristics of young male soccer players. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2010;12:239.
5. Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 2014; 44 Suppl 2:S 139–147
6. Lemoine A, Jullien H, Ahmaidi Said. Technical and tactical analysis of one-touch playing in soccer - Study of the production of information. *International Journal of performance analysis in Sport*, 2005, Volume 5, Issue 1, page 83-103.
7. Carling C, Bradley P, McCall A, Dupont G. Match-to-match variability in high-speed running activity in a professional soccer team, *Journal of Sports Sciences*. 2016 Dec;34(24):2215-2223.doi: 10.1080/02640414.2016.1176228. Epub 2016 May 4.
8. Di Salvo V, Pigozzi F, González-Haro C, Laughlin MS, and De Witt JK. Match performance comparison in top English soccer leagues. *Int J Sports Med*. 2013. 34: 526–532,
9. Lago-Penas C. The role of situational variables in analyzing physical performance in soccer. *Journal of Human Kinetics* volume 35/2012, 89-95.
10. Redwood-Brown A, O'Donoghue PG, Nevill A, M., Saward C, Dyer N, Sunderland C. Effects of situational variables on the physical activity profiles of elite soccer players in different score line states. *Scand J Med Sci Sports*. 2018;1–12.
11. Nevill AM, Newell SM and Gale S. Factors associated with home advantage in English and Scottish soccer matches, *J Sports Sci*, 1996.14:2, 181 - 186.
12. Tucker W, Mellalieu SD, James N, Taylor JB. Game location effects in professional soccer: A case study. *Int J Perform Analysis Sport*. 2005. 5(2):23-35. DOI:10. 1080.
13. Pollard R, Gomez M. Validity of the established method of quantifying home advantage in soccer. *J Hum Kinet*. 2015. volume 45/2015, 7-8.
14. Pollard R. Home advantage in football: a current review of an unsolved puzzle. *Open Sports Sci J*. 2008. I, 12-14
15. Rampinini E, Coutts AJ., Castagna C, Sassi R, Impellizzeri M. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med*. 2007. Dec; 28(12): 1018-24.
16. Trewin J, Meylan C, Varley MC. Cronin J, Ling D. Effect of match factors on the running performance of elite female soccer players. *J Strength Cond Res*. 2018. 32(7)/2002–2009.
17. Bradley PS, Carling C, Archer D, Roberts J, Dodds A, Di Mascio M, Paul D, Gomez Diaz A, Peart D and Krstrup P. 'The effect of playing formation on high- intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches', *J Sports Sci*, 2011. 29: 8, 821-830 .
18. Tierney PJ, Young A, Clarke ND, Duncan MJ. Match play demandes of 11 vs 11 professional football using global positioning system tracking: variations across common playing formations. *Hum Mov Sci*. 2016. 49.1–8
19. Nassis GP. Effect of altitude on football performance: analysis of the 2010 Fifa World Cup Data. *J Strength Cond Res*. 2012. 27(3)/703-707.
20. Zhou C, Hopkins WG, Malo W, Calvo AL, Liu H. Match performance of soccer teams in the Chinese super league-effect of situational and environmental factors. *Int J environ res public health*. 2019. Nov; 16(21): 4238 <https://dx.doi.org/10.3390%2Fijerph16214238>.

21. Mohr M, Nybo L, Grantham J, Racinais S. Physiological responses and physical performance during football in the heat. *PLoS ONE* . 2012. 7(6).
22. Trewin J, Meylan C, Varley M, Cronin J. The match-to-match variation of match-running in elite female soccer. *J Sci Med Sport*. 2018. Feb;21(2):196-201. doi: 10.1016.
23. Lorenzo-Martinez M, Rey E, Padron-Cabo A. The effect of age on between-match physical performance variability in professional soccer players. *Res Sports Med*. 2020. Jul-Sep; 28(3): 351-359.
24. Rey E, Costa PB, Corredoira FJ, Sal de Rellan Guerra. A. Effects of age on physical match performance in professional soccer players. *J Strength Cond Res*. 2019. Jul 1. doi: 10.1519
25. Di Salvo V, Gregson W, Atkinson G, Tordoff P, Drust B. Analysis of high intensity activity in premier league soccer. *Int J Sports Med*. 2009; 30: 205-212
26. Vigne G, Gaudino C, Rogowski I, Alloatti G, Hautier C. Activity profile in elite Italian soccer team. *Int J Sports Med*. 2010. 31(5):304-10.
27. Suarez Arrones L, Torreno N, Requena B, Saez de Villareal, E., Casamichana, D., Barbero-Alvarez, E., et al. Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *J. Sports Med. Phys. Fit*. 2014. 55, 1417–1422.
28. Bradley PS, Dellal A, Mohr M, Castellano J, Wilkie A. Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. *Hum Mov Sci* 2014;33:159–71. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.07.024>.
29. Bradley PS, Carling C, Diaz AG, Hood P, Barnes C, Ade J, and Mohr M. Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Hum mov sci*. 2013. 32(4), 808–821.
30. Bradley PS, Vescovi JD. Velocity thresholds for women’s soccer matches: Sex specificity dictates high-speed-running and sprinting thresholds-female athletes in motion (FAiM). *Int J Sports Physiol Perform* 2015;10:112–6. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0212>.
31. McLaren SJ, Macpherson TW, Coutts AJ, Hurst C, Spears IR, Weston M. The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. vol. 48. 2018. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0830-z>.
32. Oliveira R, Brito JP, Martins A, Mendes B, Marinho DA, Ferraz R, et al. In-season internal and external training load quantification of an elite European soccer team. *PLoS One* 2019;14:1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209393>.
33. Clemente FM, Rabbani A, Conte D, Castillo D, Afonso J, Clark CCT, et al. Training/match external load ratios in professional soccer players: A full-season study. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16. <https://doi.org/10.3390/ijerph16173057>.
34. Morin S, Ahmaidi S, Lepretre PM. Modélisation des effets de l’entraînement : revue des différentes études. *Sciences et Sport*. Volume 29, Issue 5, 2015, pages 237-247.
35. Jones CM, Griffiths PC, and Mellalieu SD. Training load and fatigue marker associations with injury and illness: a systematic review of longitudinal studies. *Sports Med*. 2017. 47, 943–974
36. Ekblom B. Applied physiology of soccer. *Sport Med*. 1986;3; 50-60
37. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*. 2003; 21: 519–528

38. Buchheit M, Al Haddad H, Simpson BM, Palazzi D, Bourdon PC, Di Salvo V, Mendez-Villanueva A. Monitoring accelerations with GPS in football: time to slow down? *Int J Sports Physiol Perform*. 2014. May;9(3):442-5.
39. Thorpe RT, Strudwick AJ, Buchheit M, Atkinson G, Drust B, Gregson W. Monitoring fatigue during the in-season competitive phase in elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform* 2015;10:958–64. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0004>.
40. Weston M. Training load monitoring in elite English soccer: a comparison of practices and perceptions between coaches and practitioners. vol. 2. 2018. <https://doi.org/10.1080/24733938.2018.1427883>.
41. Jaspers A, Kuyvenhoven JP, Staes F, Frencken WGP, Helsen WF, Brink MS. Examination of the external and the internal load indicator's association with overuse injuries in professional soccer players. *Sci Med Sport*. 2018. 21. 579-585
42. Varley I, Lewin R, Needham R, Thorpe RT, Burbeary R. Association between Match Activity Variables, Measures of Fatigue and Neuromuscular Performance Capacity Following Elite Competitive Soccer Matches. *J Hum Kinet* 2017;60:93–9. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0093>.
43. Malone JJ, Barrett S, Barnes C, Twist C, Drust B. To infinity and beyond: The Use of gps devices within the football codes. *Science and Medicine in Football*. 2019. 4(1)
44. Taberner M, O'Keefe J, Flower D, Phillips J, Close G, Cohen DD, et al. Interchangeability of position tracking technologies; can we merge the data? *Sci Med Footb* 2020;4:76–81. <https://doi.org/10.1080/24733938.2019.1634279>.
45. Boullosa D, Casado A, Claudino JG, Jiménez-Reyes P, Ravé G, Castaño-Zambudio A, et al. Do you Play or Do you Train? Insights From Individual Sports for Training Load and Injury Risk Management in Team Sports Based on Individualization. *Front Physiol* 2020;11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00995>.
46. Ravé G, Granacher U, Boullosa D, Hackney AC, Zouhal H. How to Use Global Positioning Systems (GPS) Data to Monitor Training Load in the “Real World” of Elite Soccer. *Front Physiol* 2020;11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00944>.
47. Lee M, Mukherjee S. Relationship of training with high-intensity running in professional soccer players. *Int J Sports Med*. 2019. May;40(5):336-343.
48. Malone JJ, Lovell R, Varley MC, Coutts AJ. Unpacking the black box: Applications and considerations for using gps devices in sport. *Int J Sports Physiol Perform* 2017;12:18–26. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0236>.
49. Rago V, Brito J, Figueiredo P, Costa J, Barreira D, Krstrup P, et al. Methods to collect and interpret external training load using microtechnology incorporating GPS in professional football: a systematic review. *Res Sport Med* 2020;28:437–58. <https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1686703>.
50. Thornton HR, Nelson AR, Delaney JA, Serpiello FR, Duthie GM. Interunit reliability and effect of data-processing methods of global positioning systems. *Int J Sports Physiol Perform* 2019;14:432–8. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0273>.

51. Dellal A, Chamari K, Wong DP, Ahmaidi S, Keller D, Barros R, et al. Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: Fa Premier League and La Liga. *Eur J Sport Sci* 2011;11:51–9. <https://doi.org/10.1080>
52. Akenhead R, Nassis GP. Training load and player monitoring in high-level football: Current practice and perceptions. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016 Jul;11(5):587-93.
53. Chaouachi A, Manzi V, Chaalali A, Wong DP, Chamari K, Castagna C. Determinants analysis of change of direction ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*. 2012. Oct;26(10):2667-76
54. Osgnach C, Poser S, Bernardini R, Rinaldo R, di Prampero PE. Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*. 2010. Jan;42(1):170-8.
55. Akenhead R, Hayes PR, Thompson KG, French D. Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *J Sci Med Sport* 2013;16:556–61. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.005>.
56. Russell M, Sparkes W, Northeast J, Cook CJ, Love TD, Bracken RM, et al. Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *J Strength Cond Res* 2016;30:2839–44. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000805>.
57. Akenhead R, French D, Thompson KG, Hayes PR. The physiological consequences of acceleration during shuttle running. *Int J Sports Med*. 2015. Apr;36(4):302-7.
58. Djaoui L, Haddad M, Chamari K, Dellal A. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiol Behav* 2017;181:86–94. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.09.004>.
59. Impellizzeri FM, Marcora SM, Coutts AJ. Internal and external training load: 15 years on. *Int J Sports Physiol Perform* 2019;14:270–3. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>.
60. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gastin P, Kellmann M, Varley MC, et al. Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform* 2017;12:161–70. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>.
61. Dellal A, da Silva CD, Hill-Haas S, Wong DP., et al. Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J Strength Cond Res*. 2012. Oct;26(10):2890-906
62. Bangsbo J. The physiology of soccer, with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl*. 1994; 619:1-155
63. Banister E, Calvert T, Savage M, and Bach T. A systems model of training for athletic performance. *Aust J Sports Med*. 1975. 7, 57-61.
64. Morton RH. Detection of a lactate threshold during incremental exercise? *J Apple Physiol*. 1985. Aug;67(2): 885-8.
65. Achten J, Jeukendrup AE. Maximal Fat Oxidation during Exercise in Trained Men. *Int J Sports Med* 2003;24:603–8. <https://doi.org/10.1055/s-2003-43265>.
66. Torreno N, Munguia-Izquierdo D, Coutts A, Saez de Villareal A, Asian-Clemente J, Suarez-Arrones L. Relationship between external and internal load of professional soccer players during full-matches in official games using GPS and heart rate technology. *Int J Sport Physiol*. 2016. 11(7).

67. Garcia-Tabar I, Rampinini E, Gorostiaga EM. Lactate Equivalent for Maximal Lactate Steady State Determination in Soccer. *Res Q Exerc Sport* 2019;90:678–89. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1643446>.
68. Krstrup P, Mohr M, Nybo L, Jensen JM, Nielsen JJ, Bangsbo J. The yo-yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 2006. Sep;38(9): 1666-73.
69. Jullien H., Amiard V., Ahmaidi Said. Le test navette de 20 m adapté au football: un indicateur du potentiel physiologique et des habiletés techniques du joueur. *Revue STAPS*, 2000 ; N° 53, Pages 7-18.
70. Doncaster G, Marwood S, Iga J, Unnithan V. Influence of oxygen uptake kinetics on physical performance in youth soccer. *Eur J Appl Physiol.* 2016. Sep;116(9):1781-94
71. Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci.* 2005. Jun;23(6):583-92.
72. Hourcade JC. Quantification de la charge d'entraînement pour les exercices spécifiques en football. *Physiologie.* 2017. Université Sorbonne Paris Cité, 2017.
73. Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci.* 2006; 24: 665–674
74. Davis JA. Anaerobic threshold : review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc.* 1985 Feb;17(1):6-21.
75. Santos-Silva PR, D'Andrea Greve JM, Pedrinelli A, Almeida AM, Osorio BB, Ferreira M, et al. Comparing the Aerobic Fitness of Professional Male Soccer Players and Soccer Referees. *Curr Sports Med Rep* 2019;18:497–501. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000668>.
76. Nowakowska A, Kostrzewa-Nowak D, Buryta R, Nowak R. Blood biomarkers of recovery efficiency in soccer players. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183279>.
77. Borg G. The perception of muscular work. *Publication Umeå University* 5, 1960. 1-27.
78. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. *J Strength Cond Res* 2001;15:109–15. <https://doi.org/10.1519/1533-4287>
79. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1042–7. <https://doi.org/10.1249/01>.
80. Brink MS, Visscher C, Arends S, Zwerver J, Post WJ, Lemmink KAPM. Monitoring stress and recovery: New insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *Br J Sports Med* 2010;44:809–15. <https://doi.org/10.1136/bjism>.
81. Casamichana D, Castellano J, Calleja-Gonzalez J, san Roman J, Castagna C. Relationship between indicators of training load in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2013. Feb;27(2):369-74.
82. Thorpe RT, Strudwick AJ, Buchheit M, Atkinson G, Drust B, Gregson W. Tracking morning fatigue status across in-season training weeks in elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform* 2016;11:947–52. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0490>.

83. McCall A, Dupont G, Ekstrand J. Internal workload and non-contact injury: a one-season study of five teams from the uefa elite club injury study. *Br J Sports Med*. 2018. Dec;52(23):1517-1522
84. Gaudino P, Iaia FM, Strudwick AJ, Hawkins RD, Alberti G, Atkinson G, et al. Factors influencing perception of effort (session rating of perceived exertion) during elite soccer training. *Int J Sports Physiol Perform* 2015;10:860–4. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0518>.
85. Arcos AL, Martínez-Santos R, Yanci J, Mendiguchia J, Méndez-Villanueva A. Negative associations between perceived training load, volume and changes in physical fitness in professional soccer players. *J Sport Sci Med* 2015;14:394–401.
86. Wrigley R, Drust B, Stratton G, Scott M, Gregson W. Quantification of the typical weekly in-season training load in elite junior soccer players. *J Sports Sci*. 2012. 30(15):1573-80.
87. Brito J, Hertzog M, Nassis GP. Do match-related contextual variables influence training load in highly trained soccer players. *J Strength Cond Res*. 2016. Feb;30(2):393-9.
88. Fanchini M, Ferraresi I, Petruolo A, Azzalin A, Ghielmetti R, Schena F, Impellizzeri FM. Is a retrospective RPE appropriate in soccer? Response shift and recall bias. *Sci Med in Football*, 2016. 1(1).
89. Di Prampero PE, Fusi S, Sepulcri L, Morin JB, Belli A, Antonutto G. Sprint running: a new energetic approach. *J Exp Biol* 208, 2005. 2809-2816.
90. Gaudino P, Iaia FM, Alberti G, Strudwick AJ, Atkinson G, Gregson W. Monitoring training in elite soccer players: systematic bias between running speed and metabolic power data. *Int J Sports Med*. 2013. 34(11).
91. Castagna C, Varley M, Povoas SCA, D’Ottavio S. Evaluation of the external load in soccer: methods comparison. In *J Sports Physiol Perform*. 2017. Apr; 12(4): 490-495. Doi: 10.1123.
92. Manzi V, Bovenzi A, Impellizzeri MF, Carminati I, Castagna C. Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the precompetitive season. *J Strength Cond Res* 2013;27:631–6. <https://doi.org/10.1519>
93. Buchheit M, Manouvrier C, Cassirame J, Morin JB. Monitoring locomotor load in soccer: Is metabolic power, powerful? *Int J Sports Med* 2015;36:1149–55. <https://doi.org/10.1055>
94. Andersson H, Raastad T, Nilsson J, Paulsen G, Garthe I, Kadi F. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: Effects of active recovery. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:372–80. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815b8497>.
95. Wells AJ, Hoffman JR, Beyer KS, Hoffman MW, Jajtner AR, Fukuda DH, et al. Regular- and postseason comparisons of playing time and measures of running performance in NCAA Division I women soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab* 2015;40:907–17. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0560>.
96. Datson N, Drust B, Weston M, Jarman IH, Lisboa PJ, Gregson W. Match Physical Performance of Elite Female Soccer Players during International Competition. vol. 31. 2017. <https://doi.org/10.1519>
97. Palucci Vieira LH, Aquino R, Moura FA, Barros RML d., Arpini VM, Oliveira LP, et al. Team Dynamics, Running, and Skill-Related Performances of Brazilian U11 to Professional Soccer Players During Official Matches. *J Strength Cond Res* 2019;33:2202–16. <https://doi.org/10.1519>

98. Mohr M, Krustup P, Andersson H, Kirkendal D, Bangsbo J. Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *J Strength Cond Res.* 2008. 22(2): 341-9
99. Krustup P, Mohr M, Ellingsgaard H, Bangsbo J. Physical demands during an elite female soccer game: Importance of training status. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1242–8. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000170062.73981.94>.
100. Hewitt A, Withers R, Lyons K. Match analysis of Australian international women soccer players using an athlete tracking device. In: Reilly T, Korkusuz F, eds. *Science and Football VI: The Proceedings of the Sixth World Congress on Science and Football*. Oxford: Routledge 2009. p.224-228.
101. Bradley PS, Dellal A, Mohr M, Castellano J, Wilkie A. Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. *Hum Mov Sci* 2014;33:159–71. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.07.024>.
102. Andersson H. The physiological impact of soccer on elite female players and the effects of active recovery training. 2010.
103. Vescovi JD, Falenchuk O. Contextual factors on physical demands in professional women’s soccer: Female Athletes in Motion study. *Eur J Sport Sci* 2019;19:141–6. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1491628>.
104. Analyse physique de la Coupe du Monde Féminine de la FIFA, France 2019
105. Nakamura FY, Pereira LA, Loturco I, Rosseti M, Moura FA, Bradley PS. Repeated sprint sequences during female soccer matches using fixed and individual speed thresholds. *J Strength Cond Res.* 2016. 31(7)/1802-1810
106. Tuo Q, Wang L, Huang G, Zhang H, Liu H. Running performance of soccer players during matches in the 2018 FIFA world cup: Differences among confederations. *Front Psychol* 2019;10:1–6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01044>.
107. Longo UG, Sofi F, Candela V, Dinu M, Cimmino M, Massaroni C, et al. Performance activities and match outcomes of professional soccer teams during the 2016/2017 serie a season. *Med* 2019;55. <https://doi.org/10.3390/medicina55080469>.
108. Miñano-Espin J, Casáis L, Lago-Peñas C, Gómez-Ruano MÁ. High Speed Running and Sprinting Profiles of Elite Soccer Players. *J Hum Kinet* 2017;58:169–76. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0086>.
109. Modric T, Versic S, Sekulic D, Liposek S. Analysis of the association between running performance and game performance indicators in professional soccer players. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16. <https://doi.org/10.3390/ijerph16204032>.
110. Russell M, Sparkes W, Northeast J, Cook CJ, Bracken RM, Kilduff LP. Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *J Strength Cond Res.* 2014. 30(10)/2839-2844.
111. Datson N, Hulton A, Andersson H, Lewis T, Weston M, Drust B, et al. Applied physiology of female soccer: An update. *Sport Med* 2014;44:1225–40. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0199-1>.
112. FIFA. Analyse physique de la Coupe du Monde Féminine de la FIFA. Allemagne 2011.

113. FIFA. Analyse physique de la Coupe du Monde Féminine de la FIFA, Canada 2015™ 2015:92.
114. Krustup P, Zebis M, Jensen JM, Mohr . Game-induced fatigue patterns in Elite female soccer. *J Strength Cond Res.* 2010. 24(2)/437-441.
115. Hoffman. J. R., Nusse. V., Kang. J. The effect of an intercollegiate soccer game on maximal power performance. *Can J Appl Physiol.*2003. 28(6): 807-817.
116. Snyder BJ, Hutchison RE, Mills CJ, Parsons SJ. Effects of two competitive soccer matches on landing biomechanics in female Division 1 soccer players. *Sports.* 2019.7.237.
117. Delextrat A, Piquet J, Matthews M, Cohen DD. Strength- endurance training reduces the hamstrings strength decline following simulated football competition in female players. *Front Psychol.* 2018: 9. 1059
118. Ispiridis I, Fatouros I, Jamurtas A, Nikolaidis MG, Michailidis I, Douroudos I, et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med.* 2008. 18(5):423-3.
119. Magalhaes J, Rebelo A, Oliveira E, Renato Silva J, Marques F, Ascensao A. Impact of loughborough intermittent shuttle test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *Eur J Appl Physiol.* 2010. 108(1):39-48.
120. Matta L, Rhea M, Maior S. Physiological evaluation post-match as implications to prevent injury in elite soccer players. *Arch Med Del Deport* 2019;36:220–6.
121. Brownstein CG, Dent JP, Parker P, Hicks KM, Howatson G, Goodall S, et al. Etiology and recovery of neuromuscular fatigue following competitive soccer match-play. *Front Physiol* 2017;8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00831>.
122. Rampinini E, Bosio A, Ferraresi I, Petruolo A, Morelli A, Sassi A. Match-related fatigue in soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:2161–70.
123. Djaoui L, Garcia JDC, Hautier C, Dellal A. Kinetic post-match fatigue in professional and youth soccer players during the competitive period. *Asian J Sports Med* 2016;7:1–7. <https://doi.org/10.5812/asjasm.28267>.
124. Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in Soccer. *Sport Med* 2012;42:997–1015. <https://doi.org/10.1007/bf03262308>.
125. Ascensão A, Rebelo A, Oliveira E, Marques F, Pereira L, Magalhães J. Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clin Biochem* 2008;41:841–51. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2008.04.008>.
126. Sedano S, Vaeyens R, Philippaerts RM, Redondo JC, Cuadrado G. Anthropometric and anaerobic fitness profile of elite and non-elite female soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2009;49:387–94.
127. Bradley PS, Bendiksen M, Dellal A, Mohr M, Wilkie A, Datson N, et al. The Application of the Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 Test to Elite Female Soccer Populations. *Scand J Med Sci Sport* 2012;24:43–54. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01483.x>.
128. Booyesen MJ, Gradidge PJL, Constantinou D. Anthropometric and Motor Characteristics of South African National Level Female Soccer Players. *J Hum Kinet* 2019;66:121–9. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0189>.

129. Can İ, Yasae AB, Bayarakdaroglu S, Yildiz B. Fitness Profiling in Women Soccer: Performance Characteristics of Elite Turkish Women Soccer Players. *Turkish J Sport Exerc* 2019. <https://doi.org/10.15314/tsed.510853>.
130. de Araújo MC, Baumgart C, Freiwald J, Hoppe MW. Contrasts in intermittent endurance performance and heart rate response between female and male soccer players of different playing levels. *Biol Sport* 2019;36:323–31. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.88755>.
131. Martinez-Lagunas V, Niessen M, Hartmann U. Women’s football: player characteristics and demands of the game. *Journal of Sport and health science*. 2014: 3; 258-272
132. Ingebrigtsen J, Bendiksen M, Randers MB, Castagna C, Krstrup P, Holtermann A. Yo-Yo IR2 testing of elite and sub-elite soccer players: Performance, heart rate response and correlations to other interval tests. *J Sports Sci* 2012;30:1337–45. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.711484>.
133. Owen AL, Lago-Peñas C, Dunlop G, Mehdi R, Chtara M, Dellal A. Seasonal Body Composition Variation Amongst Elite European Professional Soccer Players: An Approach of Talent Identification. *J Hum Kinet* 2018;62:177–84. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0132>.
134. Zouhal H, Abderrahman AB, Dupont G, Truptin P, Le Bris R, Le Postec E, et al. Effects of neuromuscular training on agility performance in elite soccer players. *Front Physiol* 2019;10:1–9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00947>.
135. Arcos AL, Martínez-Santos R, Yanci J, Mendez-Villanueva A. Monitoring perceived respiratory and muscular exertions and physical fitness in young professional soccer players during a 32-week period. *Kinesiology* 2017;49:153–60. <https://doi.org/10.26582/k.49.2.12>.
136. Requena B, García I, Suárez-Arrones L, Sáez De Villarreal E, Naranjo Orellana J, Santalla A. Off-Season Effects on Functional Performance, Body Composition, and Blood Parameters in Top-Level Professional Soccer Players. *J Strength Cond Res* 2017;31:939–46. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001568>.
137. Hoppe MW, Baumgart C, Sperlich B, Ibrahim H, Jansen C, Willis SJ, et al. Comparison between three different endurance tests in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 2013;27:31–7. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824e1711>.
138. Reilly T, Williams AM, Nevill A, Franks A. A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci* 2000;18:695–702. <https://doi.org/10.1080/02640410050120078>.
139. Haugen TA, Tønnessen E, Hem E, Leirstein S, Seiler S. Vo2max characteristics of elite female soccer players, 1989-2007. *Int J Sports Physiol Perform* 2014;9:515–21. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2012-0150>.
140. Haugen TA, Tønnessen E, Seiler S. Speed and countermovement-jump characteristics of elite female soccer players, 1995-2010. *Int J Sports Physiol Perform* 2012;7:340–9. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.4.340>.
141. Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Castagna C. Fitness determinants of success in men’s and women’s football. *J Sports Sci* 2009;27:107–14. <https://doi.org/10.1080/02640410802428071>.
142. Svensson M, Drust B. Testing soccer players. *J Sports Sci* 2005;23:601–18. <https://doi.org/10.1080/02640410400021294>.

143. Iaia FM, Fiorenza M, Perri E, Alberti G, Millet GP, Bangsbo J. The effect of two speed endurance training regimes on performance of soccer players. *PLoS One* 2015;10:1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138096>.
144. Marcos MA, Koulla PM, Anthos ZI. Preseason maximal aerobic power in professional soccer players among different divisions. *J Strength Cond Res* 2018;32:356–63. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001810>.
145. Redkva PE, Paes MR, Fernandez R, Da-Silva SG. Correlation between Match Performance and Field Tests in Professional Soccer Players. *J Hum Kinet* 2018;62:213–9. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0171>.
146. Fernando PB, Suarez-Arrones L, Rodríguez-Rosell D, López-Segovia M, Jiménez-Reyes P, Bachero-Mena B, et al. Evolution of determinant factors of repeated sprint ability. *J Hum Kinet* 2016;54:115–26. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0040>.
147. Joo CH. The effects of short term detraining and retraining on physical fitness in elite soccer players. *PLoS One* 2018;13:1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196212>.
148. Castagna C, Impellizzeri FM, Chaouachi A, Manzi V. Preseason variations in aerobic fitness and performance in elite-standard soccer players: A team study. *J Strength Cond Res* 2013;27:2959–65. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828d61a8>.
149. Koundourakis NE, Androulakis NE, Malliaraki N, Margioris AN. Vitamin D and exercise performance in professional soccer players. *PLoS One* 2014;9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101659>.
150. Larruskain J, Lekue JA, Diaz N, Odriozola A, Gil SM. A comparison of injuries in elite male and female football players: A five-season prospective study. *Scand J Med Sci Sport* 2018;28:237–45. <https://doi.org/10.1111/sms.12860>.
151. Eirale C, Tol JL, Farooq A, Smiley F, Chalabi H. Low injury rate strongly correlates with team success in Qatari professional football. *Br J Sports Med* 2013;47:807–8. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091040>.
152. Häggglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: The UEFA injury study. *Am J Sports Med* 2013;41:327–35. <https://doi.org/10.1177/0363546512470634>.
153. Ekstrand J, Askling C, Magnusson H, Mithoefer K. Return to play after thigh muscle injury in elite football players: implementation and validation of the Munich muscle injury classification. *Br J Sports Med* 2013;47:769–74. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-092092>.
154. Drawer S, Fuller CW. Evaluating the level of injury in English professional football using a risk based assessment process. *Br J Sports Med* 2002;36:446–51
155. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med* 1992;14:82–99
156. Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2006. 16, 83–92.

157. Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT, Reddin DB. An assessment of training volume in professional rugby union and its impact on the incidence, severity, and nature of match and training injuries. *J Sports Sci* 2008;26:863–73. <https://doi.org/10.1080/02640410701832209>.
158. Jones A, Jones G, Greig N, Bower P, Brown J, Hind K, et al. Epidemiology of injury in English Professional Football players: A cohort study. *Phys Ther Sport* 2019;35:18–22. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.10.011>.
159. Junge A, Dvorak J. Injury surveillance in the world football tournaments 1998-2012. *Br J Sports Med* 2013;47:782–8. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092205>.
160. Dupont G, Nedelec M, McCall A, McCormack D, Berthoin S, Wisløff U. Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med* 2010;38:1752–8. <https://doi.org/10.1177/0363546510361236>.
161. McCall A, Carling C, Davison M, Nedelec M, Le Gall F, Berthoin S, et al. Injury risk factors, screening tests and preventative strategies: A systematic review of the evidence that underpins the perceptions and practices of 44 football (soccer) teams from various premier leagues. *Br J Sports Med* 2015;49:583–9. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094104>.
162. Carling C, Lacombe M, McCall A, Dupont G, Le Gall F, Simpson B, et al. Monitoring of Post-match Fatigue in Professional Soccer: Welcome to the Real World. *Sport Med* 2018;48:2695–702. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0935-z>.
163. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med* 2011;39:1226–32. <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>.
164. Stubbe JH, Van Beijsterveldt AMMC, Van Der Knaap S, Stege J, Verhagen EA, Van Mechelen W, et al. Injuries in professional male soccer players in the Netherlands: A prospective cohort study. *J Athl Train* 2015;50:211–6. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.64>.
165. Hawkins RD. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med* 2001;35:43–7. <https://doi.org/10.1136/bjism.35.1.43>.
166. Gabbett TJ, and Whiteley R. Two training-load paradoxes: can we work harder and smarter, can physical preparation and medical be teammates? *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 12(Suppl 2) 2017, S2–S50.
167. Windt J, Gabbett TJ. How do training and workloads relate to injury? The workload-injury aetiology model. *Br Sports Med.* 2017;51:428-435. doi:10.1136/bjsports-2016-096040
168. Owen AL, Forsyth JJ, Won DP, Dellal A, Connelly SP, Chamari K. Heart rate-based training intensity and its impact on injury incidence among elite-level professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2015;29(6)1705-1712.
169. Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: Cellular mechanisms. *Physiol Rev* 2008;88:287–332. <https://doi.org/10.1152/physrev.00015.2007>.
170. Small K, McNaughton L, Greig M, et al. The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *J Sci Med Sport* 2010;13:120–5.

171. Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P, Athanasopoulos S, Vagenas G. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *Br J Sports Med* 2011;45:709–14. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.077560>.
172. Dauty M, Potiron-Josse M, Rochcongar P. Conséquences et prédiction des lésions musculaires des ischiojambiers à partir des paramètres isocinétiques concentriques et excentriques du joueur de football professionnel. *Ann Readapt Med Phys* 2003;46:601–6. <https://doi.org/10.1016/j.annrmp.2003.04.001>
173. Van Dyk N, Bahr R, Whiteley R, Tol JL, Kumar BD, Hamilton B, Farooq A, Witvrouw E. Hamstring and quadriceps isokinetic strength deficits are weak risk factors for hamstring strain injuries: a 4-year cohort study. *Am J Sports Med*. 2016. 44(7):1789-1795.
174. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med* 2006 ; 34:299–311
175. Waldén M, Hagglund M, Magnusson H, Ekstrand J. Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19(1):11–19. doi:10. 1007/s00167-010-1170-9
176. Steffen K, Nilstad A, Kristianslund EK, Myklebust G, Bahr R, Krosshaug T. Association between lower extremity muscle strength and noncontact ACL injuries. *Med Sci Sports Exerc* 2016;48:2082–9. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001014>.
177. Montalvo AM, Schneider DK, Silva PL, Yut L, Webster KE, Riley MA, et al. “What’s my risk of sustaining an ACL injury while playing football (soccer)?” A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2019;53:1333–40. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097261>.
178. Gillot T, L’Hermette M, Garnier T, Tourny-Chollet C. Effect of Fatigue on Functional Stability of the Knee: Particularities of Female Handball Players. *Int J Sports Med*. 2019 Jul;40(7):468-476. doi: 10.1055/a-0866-9482. Epub 2019 May 16. PMID: 31096292.
179. Hagglund M, Walden M, Ekstrand J. UEFA injury study--an injury audit of European Championships 2006 to 2008. *Br J Sports Med* 2009;43:483–9. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.056937>.
180. Hewett TE, Zazulak BT, Myer GD. Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *Am J Sports Med* 2007; 35:659-668
181. Bruinvels G, Burden RJ, McGregor AJ, Ackerman KE, Dooley M, Richards T et al. Sport, exercise and the menstrual cycle: where is the research? *Br J Sports Med* 2017; 51:487-488.
182. Pfirrmann D, Herbst M, Ingelfinger P, Simon P, Tug S. Analysis of injury incidences in male professional adult and elite youth soccer players: A systematic review. *J Athl Train* 2016;51:410–24. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.6.03>.
183. Barnes C, Archer D, Hogg B, Bush M, Bradley P. The Evolution of Physical and Technical Performance Parameters in the English Premier League. *Int J Sports Med* 2014;35:1095–100. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>
184. Ben Belghit A., Ahmaidi S., Maille P., Noirez P., Desgorces D. Quantification de la charge d’entraînement imposée au footballeur professionnel en phase de réhabilitation athlétique post-blessure. *Sciences et Sport*, Volume 27, Issue 3, June 2012.

185. Arazi H, Asadi A, Khalkhali F, Boullosa D, Hackney AC, Granacher U, et al. Association Between the Acute to Chronic Workload Ratio and Injury Occurrence in Young Male Team Soccer Players: A Preliminary Study. *Front Physiol* 2020;11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00608>.
186. Coppalle S, Rave G, Ben Abderrahman A, Ali A, Salhi I, Zouita S, et al. Relationship of pre-season training load with in-season biochemical markers, injuries and performance in professional soccer players. *Front Physiol* 2019;10:1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00409>.
187. Ehrmann FE, Duncan CS, Sindhusake D, Franzsen WN, Green DA. GPS and injury prevention in professional soccer. *J Strength Cond Res*. 2016. 30(2)/360-367
188. Malone S, Owen A, Newton M, Mendes B, Collins KD, Gabbett TJ. The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. *J Sci Med Sport* 2017;20:561–5. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.014>.
189. Impellizzeri FM, Tenan MS, Kempton T, Novak A, Coutts AJ. Acute: Chronic workload ratio: Conceptual issues and fundamental pitfalls. *Int J Sports Physiol Perform* 2020;15:907–13. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0864>.
190. Impellizzeri FM, Woodcock S, Coutts AJ, Fanchini M, McCall A, Vigotsky AD. What role do chronic workloads play in the acute to chronic workload ratio? Time to dismiss ACWR and its underlying theory. *Sport Medicine*. 2020. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01378-6>
191. Fox JL, Stanton R, Sargent C, Wintour SA, Scanlan AT. The Association Between Training Load and Performance in Team Sports: A Systematic Review. vol. 48. 2018. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0982-5>.
192. Buckthorpe M, La Rosa G, Villa F Della. Restoring Knee Extensor Strength After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: a Clinical Commentary. *Int J Sports Phys Ther* 2019;14:159–72. <https://doi.org/10.26603/ijsp.20190159>.
193. Heiderscheit BC. Hamstring Strain Injuries 2010;40:67–81. <https://doi.org/10.2519>
194. Mohammad WS, Elsaï WM. Abdominal/Adductor strength imbalance in soccer players with Osteitis Pubis. *J Mens Health* 2018;14:33–40. <https://doi.org/10.22374/1875-6859.14.3.5>.
195. Lovell R, Knox M, Weston M, Siegler JC, Brennan S, Marshall PWM. Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scand J Med Sci Sport* 2018;28:658–66. <https://doi.org/10.1111/sms.12925>.
196. Attar WSA Al, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. P-7 Effect of injury prevention programs that include the nordic hamstring exercise on hamstring injury rates in soccer players: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2016;50:A35.2-A35. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097120.60>.
197. Bisciotti GN, Chamari K, Cena E, Carimati G, Bisciotti A, Bisciotti A, et al. Hamstring Injuries Prevention in Soccer: A Narrative Review of Current Literature. *Joints* 2020. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1712113>.
198. Fanchini M, Steendahl IB, Impellizzeri FM, Pruna R, Dupont G, Coutts AJ, et al. Exercise-Based Strategies to Prevent Muscle Injury in Elite Footballers: A Systematic

- Review and Best Evidence Synthesis. *Sports Medicine* 2020;50:1653–66. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01282-z>
199. Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *Int J Sports Phys Ther* 2014;9:396–409.
200. Trinidad-Fernandez M, Gonzalez-Sanchez M, Cuesta-Vargas AI. Is a low Functional Movement Screen score ($\leq 14/21$) associated with injuries in sport? A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med* 2019;5:1–10. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000501>.
201. Moran RW, Scheiders AG, Mason J, Sullivan SJ. Do functional movement screen (FMS) composite scores predict subsequent injury? A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017. 51(23):1661-1669.
202. Pfeifer CE, Sacko RS, Ortaglia A, Monsma E V., Beattie PF, Goins J, et al. Functional movement screen in youth sport participants: evaluating the proficiency barrier for injury. *Int J Sports Phys Ther* 2019;14:436–44. <https://doi.org/10.26603/ijsp20190436>.
203. Armstrong R, Greig M. Injury Identification: the Efficacy of the Functional Movement Screen™ in Female and Male Rugby Union Players. *Int J Sports Phys Ther* 2018;13:605–17. <https://doi.org/10.26603/ijsp20180605>.
204. Freeman BW, Young WB, Talpey SW, Smyth AM, Pane CL, Carlon TA. The effect of sprint training and the Nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019. 59(7):1119-1125.
205. Timmins RG, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. Architectural adaptations of muscle to training and injury: a narrative review outlining the contributions by fascicle length, pennation angle and muscle thickness. *Br J Sport Med*. 2016. 50(23):1467-1472.
206. Mendiguchia J, Conceição F, Edouard P, Fonseca M, Pereira R, Lopes H, et al. Sprint versus isolated eccentric training: Comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. *PLoS One* 2020;15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228283>.

Tableau 1 : Niveau de corrélation entre la RPE et les variables externes chez le joueur de football de haut-niveau.

Références	Populations	Variables	Niveau de corrélation avec la RPE
Mc Laren et al. (2018)	Revue de littérature	Distance totale parcourue	r= 0.74-0.83 p < 0.05
Gaudino et al. (2015)	Joueurs professionnels de première div. Anglaise	Course à haute intensité	r= 0.61 p = 0.001
		Accélérations maximale	r= 0.63 p = 0.001

Tableau 2 : Distances parcourues par la joueuse de football de haut-niveau.

	Population (n)	Niveau	DT	DHV	Sprint
Trewin et al. 2017	45	International	10.4 km	930m	20 (n) (>19.8 km/h)
Vescovi et Falenchuk. 2018	28	Professionel		8.25m/min (Entre 16 et 20 km/h)	3.9m/min
Wells et al. 2014	20	Elite	105m/min	556m (Entre 16 et 20 km/h)	86m (>20 km/h)
Datson et al. 2016	107	International	10.3 km	608m (Entre 19.8 et 25.1 km/h)	168m (>25.1 km/h)
Fifa 2019	436	International	10,8 km	495,7m (Entre 19 et 23 km/h)	180,8m (>23km/h)
Bradley et al. 2014	59	National		718m >18 km/h	59m (>25.1 km/h)
Andersson et al. 2010	17	International		1530m >15 km/h	256m (>25.1 km/h)
Nakamura et al. 2016	11	Élite			284.5m (>20 km/h)
Palucci et al. 2019	20	National	10.15 km	820m (entre 16 et 19 km/h)	36.7m (>19 km/h)

Abréviations : DT : Distance totale ; DHV : Distance à haute vitesse

Tableau 3 : Distances parcourues par le joueur de football de haut-niveau.

Références	Population (n)	Niveau	DT	DHV	Sprint
Carling et al. 2016	12 joueurs	Professionnels		587m (19.8-25.1 km/h)	184m (>25.1 km/h)
Longo et al. 2019	380 performances individuelles	Professionnels	119.18m/min	9.5m/min (>15.8 km/h)	
Mirano-Espin et al. 2017	2082 performances individuelles	Professionnels		277m (21.1-24 km/h)	246.5m (>24 km/h)
Modric et al. 2019	101 performances individuelles	Professionnels	10.3 km	461.83m (19.8-25.1 km/h)	155.89m (>25.1 km/h)
Russel et al. 2014	11	Professionnels	9.5 km	487m (>19.8 km/h)	
Suarez-Arrones et al. 2014	30	Professionnels	118 m/min	11.5m/min (>18 km/h)	
Torreno et al. 2016	26	Professionnels	113 m/min	21.3 m/min (>18 km/h)	
Tuo et al. 2019	250	Internationaux	107 m/min	15.1 m/min (15-20 km/h)	8.2 m/min (> 20 km/h)
	87	Internationaux	105 m/min	14.9 m/min (15-20 km/h)	8.2 m/min (> 20 km/h)

Abréviations : DT : Distance totale ; DHV : Distance à haute vitesse

Tableau 4 : Distances parcourues par la joueuse de football de haut-niveau en fonction du poste de jeu.

Références	Population (n)	Intensité	DC	DL	MC	ML	AT
Trewin et al. 2017	PRO (45)	Distance totale	100m/min	110m/min	115m/min		108m/min
		Haute intensité >16.4 km/h	6.9 m/min	12.5 m/min	10.2m/min		10.8m/min
		Sprint					
Nakamura et al. 2016	PRO (11)	Distance totale					
		Haute intensité					
		Sprint >20 km/h	124.5m	358.5m	359.1m		352m
Datson et al. 2014	PRO (107)	Distance totale	9.5	10.3	11	10.6	10.2
		Haute intensité 19.8-25.1 km/h	423	634	683	700	651
		Sprint >25.1 km/h	111	163	170	220	221
Bradley et al. 2013	PRO (45)	Distance totale	10.2	10.7	11	10.9	10.8
		Haute intensité 18-23 km/h	501	643	667	753	756
		Sprint >23 km/h	101	113	111	179	295
FIFA. 2015	PRO (45)	Distance totale	10.02	10.75	11.23	10.9	10.8
		Haute intensité 16-20 km/h	607	856	928	927	891
		Sprint >20 km/h	318	536	356	575	565
FIFA. 2011	PRO (45)	Distance totale	10.8	11.03	11.4	11.2	10.5
		Haute intensité 16-20 km/h	607	885	929	965	761
		Sprint >20 km/h	356	522	347	561	624

Abréviations : DC : Défenseure centrale; DL : Défenseure latérale ; MC : Milieu central ; ML : Milieu latéral ; AT : Attaquante Centre

Tableau 5 : Distances parcourues par le joueur de football de haut-niveau en fonction du poste de jeu.

Références	Population	Intensité	DC	DL	MC	ML	MO	AT
Carling et al. 2016	PRO (n=12)	Distance totale						
		Haute intensité 19.8-25.1 km/h	387.4 m	697.9 m	570 m	684 m		652 m
		Sprint >25 km/h	107.5 m	243.3 m	103 m	298.6 m		247 m
Suarez-Arrones et al. 2014	PRO (n=30)	Distance totale	103.7 m/min	112.8 m/min	122.6 m/min	125.6 m/min	127.7 m/min	119.1 m/min
		Haute intensité 18.1-21 km/h	4.4 m/min	5.4 m/min	6 m/min	8.1 m/min	7.9 m/min	6.5 m/min
		Sprint >21 km/h	3.3 m/min	4.6 m/min	3.4 m/min	7.6 m/min	5 m/min	6.6 m/min
Torreno et al. 2016	PRO (n=26)	Distance totale	101 m/min	109 m/min	117.5 m/min	122.5 m/min	122.5 m/min	114.5 m/min
		Haute intensité > 18 km/h	7.5 m/min	9.5 m/min	9 m/min	14.5 m/min	11.5 m/min	12 m/min
		Sprint						
Modric et al. 2019	PRO (n=101 analyses)	Distance totale	9300m	10360 m	11160 m	10260 m		9800 m
		Haute intensité 19.8-25.1 km/h	288.2 m	533.9 m	492.7 m	640.7 m		458.7 m
		Sprint > 25.1 km/h	87.7 m	236.6 m	123.7 m	260.6 m		137.1 m
Minano-Espin et al. 2017	PRO (n= 2082 analyses)	Distance totale						
		Haute intensité	186m	340.5m	268.5m	368m		283m
		Sprint	162.5m	347m	187.5m	340.5m		270.5m

Abréviations : DC : Défenseur central ; DL : Défenseur latéral, MC : Milieu central ; MO : milieu offensif ; AT : Attaquant centre.

Tableau 6 : Cinétique de retour à l'état basal après un match de football pour certaines variables chez la joueuse de football.

Références	Population (n)	CMJ*	Sprint*	Force*	CK*
Kustrup et al. 2010	Elite (23)	Post-match : -2.8%	30m : Post-match : -4%		
Anderson et al. 2010	Elite (9)	Post-match : -4.4% +27h : -2%	20m : Post-match : -3%	<i>Flexion de genou en concentrique (60°/s)</i> Post-match : -9.4% +27h : -6.5% <i>Extension de genou en concentrique (60°/s)</i> Post-match : -7.1% +27h : -6.5%	
Andersson et al. 2010	Elite (17)				Post-match : +152% +21h : +190% +45h : +70%
Hoffman et al. 2003	NCAA Division III (19)	+24h : -15.5%			
Snyder et al. 2019	Pros (8)	+12h : -4.9%		<i>Extension de genou en isométrie</i> +12h : -14.8% <i>Flexion de genou en isométrie</i> +12h : -12.6%	
Delextrat et al. 2018	Équipe universitaire (21)			<i>Extension de genou en excentrique</i> Post-match : -12.3% <i>Flexion de genou en concentrique</i> Post-match : -6.9%	

Abréviations : n : Nombre ; CMJ : Counter-movement jump ; CK : Créatine Kinase

Tableau 7 : Cinétique de retour à l'état basal après un match de football pour certaines variables chez le joueur de football.

Références	Population (n)	CMJ *	Sprint *	Force *	CK *
Matta et al. 2018	Pros (10)				24h = +160% 48h = 80%
Varley et al. 2017	Pros (16)				Post-match : +275% 40h = +325%
Ispirlidis et al. 2008	Elites (14)	+24h = -9.3%	20m : +24h : -2% +48h : -2.5% +72h : -1.6%		Post-match : +154% 24h : +400% 48h : +710% 72h : + 657%
Magalhaes et al. 2010	Entraînés (16)	Post-match : -12% +24h : -10% +48h : -9% +72h : -10%	20m : Post-match : -9% +24h : -7% +48h : -6% +72h : -5%	<i>Flexion de genou en concentrique (90°/s)</i> Post-match : -15% +24h : -15% +48h : -11.5% +72h : -7% <i>Quadriceps en concentrique (90°/s) :</i> Post-match : -7.3% +24h : -7.3% +48h : -6.5% +72h : -4%	Post-match: +250% +24h : +750% +48h : +500% +72h : +330%
Brownstein et al. 2017	Semi-pros (16)	Post-match : -5% +24h : -4%	20m : Post-match : -4%		
Rampinini et al. 2011	Pros (20)		2x20m Post-match: -2.8% +24h : -1.18% +48h : -0.6%		
Djaoui et al. 2016	Pros (9)				+24h : +519% +48h : +220%
Russel et al. 2016	Pros (15)				+24h : +101% +48h : +39.8%
Nedelec et al. 2013	Pros (11)	Post-match : -4,7% +24h : -4.4% +48h : -1.7%			
Ascensao et al. 2008	Entraînés (16)		20m : Poste-match : -7% +24h : -6% +48h : -5% +72h : -5%	<i>Flexion de genou en concentrique (90°/s)</i> Post-match : -15% +24h : -14% +48h : -10% +72% : -8%	

				<i>Extension de genou en concentrique (90°/s):</i> Post-match : -10% +24h : -10% +48h : -6.5% +72h : -4%	
--	--	--	--	--	--

**Performance en % par rapport à la valeur basale*

Tableau 8 : Caractéristiques anthropométriques de la joueuse de football de haut-niveau.

Références	Population (n)	Taille (cm)	Poids (kg)	MG (%)	IMC (Kg/m ²)
Booyesen et al. 2019	Pros (37)	G : 167 D : 162 M : 165 A : 162	G : 65.2 D : 57.2 M : 59.2 A : 61.1		G : 23.3 D : 21.9 M : 21.8 A : 23.3
Can et al. 2019	Pros (11)	160.3	55.8		
Eustace et al. 2019	Pros (17)	167.9	63.1		
Loturco et al. 2019	Elites (16)	165.1	60.2		
Morales et al. 2019	Pros (16)	161	60.9		
Risberg et al. 2018	Pros (200)	166.9	63.7		22.9
Mascherini et al. 2017	Elites (18)	168.6	61	16.6	21.4
Dey et al. 2015	Pros (45)	158.4	52.1	19.8	20.8
Fifa 2015	Internationales (552)	167	60.6		
Haugen et al. 2014	Pros (199)	169	63		
Martinez-Lagunas et al. 2014	Review	155-174	48-72		13-29
Datson et al. 2014	Review	161-170	57-65	14.6-20.1	
Jelaska et al. 2013	Pros (70)	166.8	60.3		
Castagna et Castellini. 2013	Internationales (21)	167	59.9		
Vescovie et al. 2012	Haut niveaux (140)	167.6	62.5		22.2
Dilern et al. 2011	Elites (32)	G : 164.7 D : 167.8 M : 164.4 A : 168	G : 65.6 D : 61.5 M : 56 A : 58		G : 24.2 D : 22.1 M : 20.7 A : 20.5
Bradley et al. 2012	Pros (92)	1.68	61.9		
Sedano et al. 2009	Pros (100)	161.3	57.7	20.1	
Mala et al. 2016	Internationales (14)	168.8	62.1		
Mara et al. 2017	Pros (12)	171.9	65.3		
Nakamura et al. 2016	Pros (11)	163.8	59.7		
Leyre et al. 2011	Pros (14)		61	15.5	
De Araujo et al. 2018	Pros (13)	166	59.8		21.6

Tableau 9 : Caractéristiques anthropométriques du joueur de football de haut-niveau.

Références	Population (n)	Taille (cm)	Poids (kg)	Masse grasse (%)	IMC
Clemente et al. 2019	Pros (27)	178.8	71.6	13.6	
Gonçalves et al. 2018	Pros (28)	178.2	72.9		
Newans et al. 2019	Pros (20)	179	74		
Marcos et al. 2018	Pros (233)	179	76.8	12	24
Redkva et al. 2018	Pros (18)	177	77.5	11.5	
Rago et al. 2020	Pros (20)	181.5	78.3		
Rodriguez-Fernandez et al. 2017	Pros (17)	179.6	74.5		
Pareja-Blanco et al. 2016	Pros (21)	174	73.1	11.4	
Ingebrigtsen et al. 2012	Pros (38)	183	76.4		22.9
Coppalle et al. 2019	Pros (35)	179.7	76.2		
Ravé et al. 2020	Pros (14)	179	75.2		
Zouhal et al. 2019	Elite (20)	178	69.1	9.6	
Los Arcos et al. 2015	Pros (21)	181	76.1		
Delecroix et al. 2018	Pros (130)	181.9	77.6		
Thorpe et al. 2016	Pros (29)	181	78		
Owen et al. 2018	Pros (22)	180.5	76.7	7.5	
Malone et al. 2015	Pros (30)	183	80.5		
Los Arcos et al. 2017	Pros (24)	179	73		
Clemente et al. 2017	Pros (25)	182.3	79.1		
Requena et al. 2017	Pros (19)	180.3	77	10.8	23
Hoppe et al. 2013	Pros	179.2	76.6	9.6	23.8
De Araujo et al. 2018	Pros (17)	182	79.9		24.1

Tableau 10 : Caractéristiques physiques et physiologiques de la joueuse de football de haut-niveau.

Références	Population (n)	CMJ (cm)	10m (s)	20m (s)	30m (s)	40m (s)	Yo-Yo 1 (m)	Yo-Yo 2 (m)	Vo2max
Booyesen et al. 2019	Pros (37)	G : 35.1 D : 36.9 M : 37.2 A : 39.1	G : 1.95 D : 1.85 M : 1.89 A : 1.81	G : 3.41 D : 3.2 M : 3.3 A : 3.15		D : 5.73 M : 5.96 A : 5.71	G : 887 D : 1167 M : 1055 A : 1067		
Bradey et al. 2012	Pros (92)							1774	
Can et al. 2019	Elite (11)	35.7	1.85		4.96		676.3		
Haugen et al. 2014	Pros (76)								3.58 L/min
Haugen et al. 2012	Internationales (85) Pros (47)	I : 30.7 P : 28.1	I : 1.67 P : 1.70	I					
Krustrup et al. 2010	Pros (21)	35						1213	52 mL/min/kg
Martinez-Lagunas. 2014	Revue	28-50			4.34-4.96		780-1379		45.1-55.1 mL/min/kg
Sedano et al. 2009	Pros (100)	26.1							
Mujika et al. 2009	Pros (34)						1224		
De Araujo et al. 2018	Pros (13)	28.9	2.01	3.42	4.80				

Tableau 11 : Caractéristiques physiques et physiologiques du joueur de football de haut-niveau

Références	Population (n)	CMJ (cm)	10m (s)	20m (s)	30m (s)	Yo-Yo 1 (m)	Yo-Yo 2 (m)	VO2max (mL/min/kg)
Marcos et al. 2018	Pros (233)							57.03
Redkva et al. 2018	Pros (18)							56.8
Rago et al. 2020	Pros (20)					2289		
Rodriguez-Fernandez et al. 2018	Pros (17)					2368		58.29
Fernando et al. 2016	Pros (21)	33.6			4.27	1558		
Iaia et al. 2015	Pros (18)			2.84			927	
Joo. 2018	Semi-Pros (20)		1.75	3	4.13			
Ingbrigtsen et al. 2012	Pros (38)					2033	965	59.2
Castagna et al. 2013	Pros (18)					2000		
Wells et al. 2012	Pros (18)						966	56.5
Volpi Braz et al. 2017	Pros (25)		1.84	3.12				
Koundourakis et al. 2014	Pros (67)	40.9	1.74	3.02				59.44
Los Arcos et al. 2015	Pros (21)	43.3						
De Araujo et al. 2018	Pros (17)	41.1	1.81	3.04	4.19			