

APPROCHE DES PATHOLOGIES EN TRIATHLON *

Triathlon injuries

D. Sanfilippo

Service de médecine physique et réadaptation, CHU de Liège, avenue de l'Hôpital, 1, 4000 Liège, Belgique

F. Delvaux

Service de médecine physique et réadaptation, CHU de Liège, avenue de l'Hôpital, 1, 4000 Liège, Belgique

J.-L. Croisier

Service de médecine physique et réadaptation, CHU de Liège, avenue de l'Hôpital, 1, 4000 Liège, Belgique

B. Forthomme

Service de médecine physique et réadaptation, CHU de Liège, avenue de l'Hôpital, 1, 4000 Liège, Belgique

J.-F. Kaux

Service de médecine physique et réadaptation, CHU de Liège, avenue de l'Hôpital, 1, 4000 Liège, Belgique

RÉSUMÉ

Le triathlon est un sport associant trois disciplines (natation, cyclisme et course à pied) qui gagne en popularité et occasionne des blessures compte tenu de la charge conséquente d'entraînement quel que soit le niveau de pratique. Les données épidémiologiques précises doivent encore être établies mais il apparaît que : (1) l'incidence rapportée par 1000 heures d'entraînement est relativement faible au vu de la charge hebdomadaire des triathlètes ; elle augmente lors des compétitions ; (2) les pathologies de surcharges sont majoritaires et sont assimilables à celles rencontrées en course à pied, discipline la plus traumatisante ; (3) les sites lésionnels les plus fréquents sont le genou et la jambe ; (4) les facteurs de risque de blessures sont des antécédents de lésion et des erreurs d'entraînement. Considérant un modèle idéal de prise en charge, un diagnostic précis doit être posé par le médecin dès l'apparition d'une douleur ayant un impact négatif sur les activités. Une prise en charge est alors établie par les différents intervenants (médecin – kinésithérapeute – préparateur physique et entraîneur) et sera adaptée selon l'évolution. Cette approche multidisciplinaire est indispensable pour éviter les situations figées et les échecs thérapeutiques.

* Présenté au 7^e colloque SportS² « Le triathlon » le samedi 19 octobre 2019 à Liège.

SUMMARY

Triathlon is a sport combining three disciplines (swimming-cycling and running), which is gaining popularity and causing injuries due to the consequent load of training whatever the level of practice. The precise epidemiological data have still to be established, but it appears that: (1) the incidence reported per 1000 hours of training is relatively low given the weekly load of triathletes and the incidence increases during competitions, (2) most of injuries are overuse one and are similar to those encountered in running, the most traumatic discipline, (3) the most common lesion sites are the knee and the leg, (4) the risk factors are previous injury and training errors. Considering an ideal model of care, a precise diagnosis must be made by the doctor when the appearance of a pain has a negative impact on the sports activities. A medical care strategy is then established by the various stakeholders (doctor – physiotherapist – physical trainer and trainer) and will be adapted according to evolution. This multidisciplinary approach is essential to avoid fixed situations and therapeutic failures.

MOTS CLÉS

Triathlon, Épidémiologie, Pathologies de surcharges, Prise en charge médicale

KEYWORDS

Triathlon, Epidemiology, Overuse injuries, Medical management

INTRODUCTION

Le triathlon est né du défi lancé en 1978 par des Marines américains à Honolulu (capitale de l'État d'Hawaï) de réunir sur une même compétition trois épreuves mythiques de cette région. Il s'agit d'une activité d'endurance, aujourd'hui devenue très populaire, qui consiste à enchaîner trois disciplines dans l'ordre suivant : natation, cyclisme et course à pied.

Ce triple effort connaît un engouement majeur dans le monde entier. Ainsi, le nombre de licenciés en France est passé de 22 000 en 2005 à 50 000 en 2016 (soit +130 % en 10 ans) et le nombre de clubs de 530 en 2005 à 809 en 2015. Aujourd'hui, la fédération française de triathlon regroupe également d'autres multi-disciplines (aquathlon, duathlon, bike and run. . .).

En plus d'associer trois disciplines, le triathlon se décline sous plusieurs formats de courses depuis le sprint (500 m – 20 km – 5 km) à l'Ironman (3,8 km – 180 km – 42 km). Cela induit une population de triathlètes très hétérogène et les blessures encourues peuvent être variables selon la distance de course, la discipline en cause et le niveau de pratique expliquant les difficultés rencontrées par les scientifiques qui étudient l'incidence des pathologies et les facteurs de risque associés.

Ce qui caractérise les triathlètes, et ce, quel que soit le niveau, c'est le volume d'entraînement. Il est imposé par la nécessité de performer dans trois disciplines qui sollicitent des structures musculo-

squelettiques différentes. L'étude prospective menée par Andersen et al. [1] portant sur 174 triathlètes s'entraînant pour le Norseman (distance Ironman), relate un volume total hebdomadaire moyen de 11 h et un nombre d'heures par discipline de 1,4 h, 5,8 h et 2,9 h en natation, cyclisme et course à pied respectivement. Les triathlètes sont donc exposés aux pathologies de l'appareil locomoteur des trois disciplines au même titre que le nageur, le cycliste et le coureur à pied. La littérature scientifique est relativement pauvre concernant l'épidémiologie dans le triathlon mais il apparaît que les pathologies de surcharge sont majoritaires, survenant le plus souvent lors de la course à pied ; le premier site lésionnel est le genou [1–3].

Face à une symptomatologie douloureuse chez un triathlète, l'approche médicale connaît quelques spécificités. Le plan thérapeutique, qui impliquera la communication de nombreux intervenants, devra intégrer la notion de « repos relatif » qui prend tout son sens dans le cas du triathlon étant donné que le sportif continuera, dans la grande majorité des cas, à s'entraîner dans deux des trois disciplines.

Le but de cet article est d'exposer les connaissances actuelles sur les pathologies rencontrées en triathlon en termes d'épidémiologie et de discuter différents aspects spécifiques de la prise en charge médicale de celles-ci.

ÉPIDÉMIOLOGIE

À notre connaissance, il n'existe pas de revue systématique concernant les données épidémiologiques de la traumatologie spécifique aux triathlètes. L'analyse paraît compliquée à réaliser compte tenu de l'hétérogénéité des travaux disponibles. En effet, selon les études, la définition d'une blessure, le niveau sportif de la population, la distance de compétition et la durée de la période étudiée varient fortement [1–22]. Par ailleurs, la majorité des études sont rétrospectives. Les études prospectives de qualité permettent de rendre compte des tendances générales concernant la traumatologie.

Trois études relativement récentes se distinguent par leurs qualités scientifiques supérieures à la majorité des autres : Burns et al. [2] (131 athlètes – toutes distances confondues – 10 semaines de suivi prospectif et 6 mois de données rétrospectives – 2015) (Fig. 1), Andersen et al. [1] (174 athlètes – distance Ironman – 26 semaines de suivi prospectif – 2013) et Zwingenberger et al. [3] (212 athlètes – toutes distances confondues – données rétrospectives mais durée non précisée et 49 athlètes – toutes distances confondues – 1 an de suivi prospectif – 2013). De ces trois études, nous pouvons retenir ces données générales :

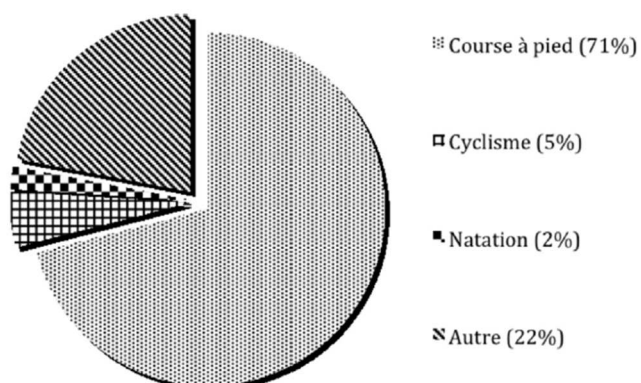


Figure 1. Répartition des pathologies selon la discipline en cause d'après Burns et al. [2] (étude rétrospective d'une durée de 6 mois sur 131 triathlètes).

- l'incidence des blessures exprimée en nombre de blessures par 1000 heures d'entraînement varie de 1,39 à 2,5 [2,3]. Par comparaison, une méta-analyse réalisée par Videbæk et al. en 2015 [23] se centrant exclusivement sur l'incidence des blessures en course à pied a retenu 13 études (dont 8 prospectives) rapportant des taux de 2,5 à 33 blessures par 1000 heures de course. Parmi ces études, seules deux ont retrouvé des taux inférieurs à sept blessures par 1000 heures de course. On peut donc affirmer que le taux de blessures en triathlon est relativement faible. C'est probablement par la variation des disciplines et donc par des sollicitations moins exclusives des structures musculosquelettiques spécifiques (à l'opposé des sports uni-disciplinaires) que l'on peut expliquer cette donnée ;
- le taux de blessures est doublé si on s'intéresse à la période de compétition et atteint 4,6 [2]. Zwingenberger et al. [3] retrouvent une incidence de 18,45 blessures par 1000 heures de compétition. Ils concluent d'ailleurs que le facteur de risque principal de blessure en triathlon est le fait de prendre part à des compétitions. Binder et al. [24] ont montré, à l'aide d'une étude sur des rats, que les opioïdes endogènes libérés lors des stress imposés à l'organisme diminuent la sensation douloureuse. Ceci pourrait expliquer au moins en partie, par une activation maximale du système nerveux sympathique, l'incidence nettement supérieure des blessures occasionnées lors des compétitions. Il est évident qu'un autre facteur impliqué est la charge que représente une compétition pour les structures musculo-squelettiques (intensités relativement élevées maintenues sur la durée de l'épreuve). ;
- ce sont les pathologies microtraumatiques qui sont largement prédominantes chez les triathlètes et représentent selon les études 56 % [1] à 71 % [3]. Une pathologie micro-traumatique est une pathologie qui survient en l'absence d'une cause traumatique unique et identifiable [25]. D'un point de vue étiologique, d'autres auteurs la définissent comme une lésion du système musculo-squelettique qui résulte de la répétition de charges sous-maximales appliquées sur une période de temps inférieure aux capacités d'adaptation des structures spécifiques [26]. Burns et al. [2], Collins et al. [16] et Korkia et al. [14] la définissent, dans leurs études spécifiques au triathlon, comme toute lésion de l'appareil musculo-squelettique qui induit un repos d'au moins un jour dans une des disciplines, ou une diminution des distances, ou la prise de médicaments, ou la demande d'un avis

médical. Les blessures macrotraumatiques sont donc minoritaires et la plupart d'entre elles sont consécutives à des accidents ou des chutes à vélo qui affectent principalement par ordre de fréquence les épaules, les genoux, le crâne et la face, les côtes et le sternum [1]. La nature de ces pathologies macrotraumatiques semble être, dans la plupart des cas, des contusions, des fractures et des entorses [1] ;

- c'est la course à pied qui occasionne la majorité des blessures microtraumatiques. L'étude prospective et retrospective menée par Burns et al. [2] sur 133 triathlètes en 2015 démontre que 71 % des blessures sont attribuables à la course à pied, 5 % au cyclisme, 2 % à la natation et les 22 % restant à la préparation physique et à d'autres activités sportives. Concernant la course à pied, ces données sont relativement cohérentes entre les différentes études prospectives [3,14]. Par rapport aux blessures survenant à vélo, les données sont concordantes avec des études menées sur des cyclistes dont celle de Priego Quesada et al. en 2019 [27]. Ces auteurs ont étudié l'incidence des blessures parmi une population de 739 cyclistes confirmés (au moins trois entraînements par semaine) sur une période de 12 mois et retrouvent une grande majorité de non blessés (65 %). Parmi les blessés, plus de la moitié décrivent des blessures macrotraumatiques suite à des chutes. Cette étude démontre également que le taux de blessures est plus important parmi les athlètes qui pratiquent d'autres activités (comme les triathlètes) et pourrait s'expliquer par une qualité gestuelle diminuée [28] ;
- ce sont globalement les membres inférieurs, plus particulièrement le genou et la jambe, qui sont les sites lésionnels les plus touchés. Les données sont relativement cohérentes entre les différentes études qui spécifient les localisations des blessures [1,3,4,14]. On citera les données chiffrées de l'étude rétrospective de Zwingenberger et al. [3] portant sur 212 triathlètes durant une période de 12 mois. Les localisations des blessures étaient réparties comme suit : 65 % aux membres inférieurs (genoux 20 %, jambes 21 %, pieds 9 %, chevilles 4 %, cuisses 10 %), 8 % au tronc et 25 % aux membres supérieurs ;
- la nature des lésions semble assez proche, pour les membres inférieurs, de ce que l'on retrouve en course à pied. Cependant, on a constaté que les blessures spécifiques sont rarement renseignées dans les études portant exclusivement sur le triathlon [29]. Zwingenberger et al. [3], une nouvelle fois, ont recensé que 22 % des blessures étaient des dermabrasions/contusions, 46 % des blessures tendineuses ou musculaires et 32 % des lésions capsulaires et/ou ligamentaires. Parmi cette cohorte, on ne retrouve étrangement aucune fracture traumatique ou de stress. Neidel et al. [30], dans leur étude rétrospective sur des triathlètes allemands de haut niveau, identifient pourtant que les fractures de stress sont relativement fréquentes. Ils recensent 20 triathlètes sur 86 (23 %) ayant déjà souffert d'une fracture de fatigue (confirmée par diagnostic médical). En reprenant les données ci-dessus et les conclusions de la revue systématique réalisée par Francis et al. en 2018 [31] sur les blessures en course à pied, on peut postuler que les pathologies de surcharge des membres inférieurs en triathlon sont essentiellement des tendinopathies achilléennes, patellaires ou glutéales, des syndromes fémoro-patellaires, des syndromes de la bandelette ilio-tibiale, des fractures de fatigue, des périostites tibiales ou encore des aponévrosites plantaires (Fig. 2). Concernant l'épaule, au même titre que celle du sportif d'armé-lancer, la natation en triathlon

entraîne des tendinopathies de la coiffe des rotateurs (supra-épineux, infra-épineux, subscapulaire et tendon du long biceps) liées au conflit intra-articulaire et au conflit superficiel primaire ou secondaire [32] ;

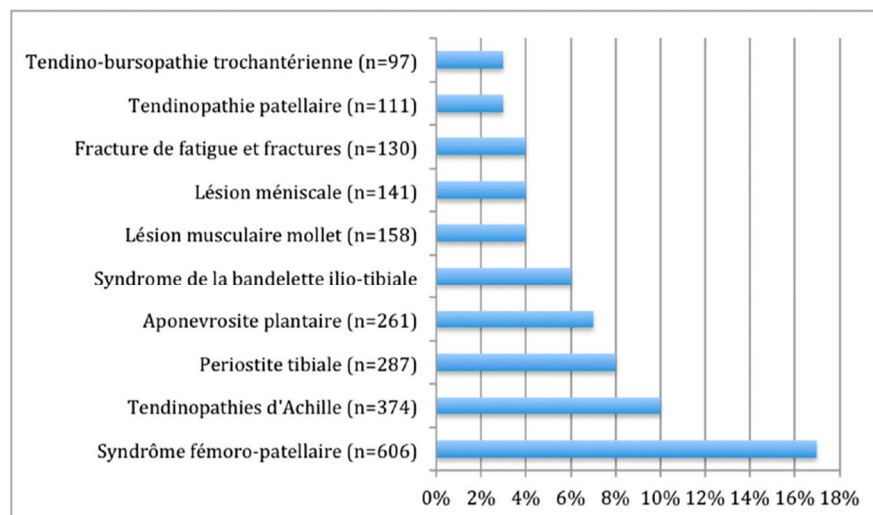


Figure 2. Les 10 pathologies spécifiques les plus fréquemment rencontrées en course à pied selon la revue systématique publiée par Francis et al. [31].

- les connaissances sur les causes des blessures sont pauvres. Au même titre que les études portant sur les facteurs de risque de la course à pied, le caractère multi-factoriel complique la tâche des scientifiques. Un facteur reconnu par la plupart des auteurs est la présence d'antécédents (blessure antérieure) [33]. Les erreurs d'entraînements sont également évoquées comme facteur de risque majeur de blessures en course à pied bien que cela ne soit pas démontré scientifiquement. Ce facteur pourrait être incriminé dans la survenue de blessures chez les triathlètes compte tenu de la charge conséquente d'entraînement et de l'organisation complexe de celui-ci (trois disciplines). On citera également les technopathies comme facteur de risque potentiel mais non démontré (principalement à vélo).

APPROCHES DIAGNOSTIQUE ET THÉRAPEUTIQUE DES PATHOLOGIES

La prise en charge médicale d'un triathlète, depuis l'apparition d'une symptomatologie douloureuse jusqu'au retour à la compétition, en passant par le diagnostic et le traitement, est un processus complexe. De nombreux éléments vont intervenir pour expliquer les différences de la prise en charge et, par conséquent, l'efficacité de celle-ci, chez deux athlètes donnés. On peut citer par exemple :

- le vécu et l'expérience du triathlète (gestion d'une douleur au sens large) ;

- son niveau de pratique qui influencera le degré d'urgence et d'importance de la guérison ;
- la disponibilité et le degré d'expertise de l'encadrement médical et paramédical ;
- la compliance au traitement de l'athlète en termes de soins spécifiques et de diminution transitoire des charges d'entraînement ;
- les facteurs intrinsèques qui influencent le potentiel de guérison de l'athlète indépendamment de la prise en charge (l'âge, l'héritage génétique, les antécédents spécifiques et généraux, le statut psychologique).

Par définition, le triathlon est un sport exigeant en terme de volume d'entraînement, quelle que soit la distance parcourue ou le niveau de pratique, pour autant qu'il y ait un objectif de progression. Les mesures de prévention primaire et secondaire devraient donc être systématiquement appliquées chez les triathlètes étant donné qu'elles influencent indéniablement l'apparition de pathologies de surcharge mais également la durée et la réponse au traitement de celles-ci. Un article de cette revue y est entièrement consacré [34].

Lorsqu'une pathologie de surcharge survient, elle est associée, à un moment de son évolution, variable selon les pathologies, à une sensation douloureuse. Le délai de la prise en charge adaptée et encadrée pourra varier d'un athlète à l'autre selon différents facteurs : le seuil de tolérance à la douleur, le vécu personnel d'autres pathologies, la proximité d'une échéance sportive importante, les connaissances générales sur les pathologies de l'appareil locomoteur ou encore le moment de survenue de la douleur (compétition ou entraînement).

Considérant un modèle idéal de prise en charge (par exemple pour un sportif de haut niveau), il convient de préconiser une consultation spécialisée dès qu'une douleur a des repercussions négatives sur les entraînements en termes de fréquence, de durée ou d'intensité. Cette première étape de la prise en charge est primordiale car dans de nombreux cas, le diagnostic reste imprécis et les traitements sont inadaptés par manque de spécificité.

Selon les cas, les différents intervenants établissent ensemble (selon leurs connaissances et compétences spécifiques respectives) une stratégie thérapeutique à laquelle chacun participera : le préparateur physique adapte les charges des séances et les exercices et introduit d'emblée des notions de prévention secondaire ; l'entraîneur revoit la repartition des entraînements par discipline sur la semaine et adapte les intensités respectives ; le kinésithérapeute réalise des bilans fonctionnels spécifiques à la pathologie, éduque le patient à l'auto-rééducation (exercices et étirements spécifiques sur la base des bilans réalisés) et effectue les traitements physiques ; le médecin, à intervalles réguliers, et en concertation étroite avec les autres intervenants et l'athlète, dresse le bilan de l'évolution et adapte les différents paramètres de la prise en charge. C'est donc le caractère pluridisciplinaire qui nous semble indispensable afin d'éviter des situations figées et des échecs thérapeutiques (Fig. 3).

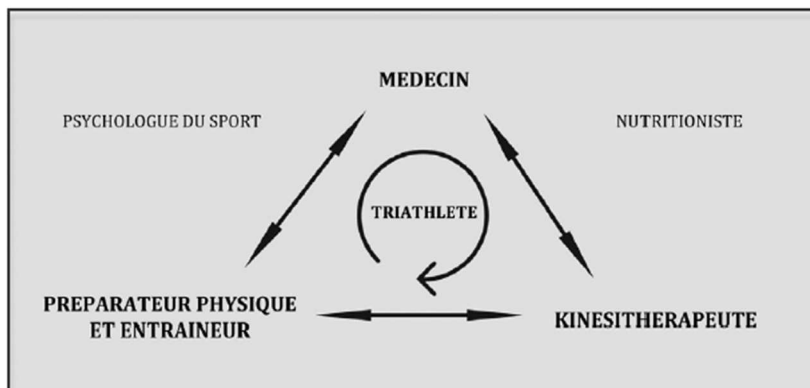


Figure 3. La pluridisciplinarité.

Concernant les examens paracliniques, il faut souligner la prévalence importante des faux positifs. En effet, compte tenu du volume d'entraînement, les triathlètes peuvent présenter en imagerie des signes de pathologie spécifique alors qu'ils sont tout à fait asymptomatiques. Reuter et al. en 2008 [35] ont étudié les images d'IRM d'épaules de 23 triathlètes symptomatiques et asymptomatiques avec celles d'une population contrôle. Ils ont constaté que les triathlètes (symptomatiques et asymptomatiques) présentent davantage d'images pathologiques (tendinopathies de coiffe et arthropathies acromioclaviculaires) que la population contrôle. Ces constats mettent en avant l'importance de l'examen clinique et de l'expertise du médecin pour juger des corrélations radio-cliniques en vue de poser le diagnostic et d'optimiser la prise en charge thérapeutique.

Concernant la diminution des charges d'entraînement, le triathlon a la particularité d'associer trois disciplines qui sollicitent, au moins en partie, des structures musculo-squelettiques différentes. Cette spécificité est d'ailleurs exploitée en permanence par l'entraîneur en dehors même du contexte d'une blessure. Il alterne ainsi les entraînements par discipline afin d'éviter les surcharges musculo-squelettiques, d'optimiser la récupération et d'augmenter les bénéfices de l'entraînement. Dans le cas d'une blessure en course à pied, par exemple, le triathlète pourra, en respectant le repos relatif imposé par la blessure, compenser les heures d'entraînements perdues par des volumes majorés en natation et en cyclisme. Certaines structures sont néanmoins sollicitées dans deux ou trois disciplines et il faudra donc en tenir compte. On citera, par exemple, le tendon calcanéen, acteur central en course à pied, également sollicité spécifiquement à vélo selon différents paramètres (position sur le vélo, type de parcours en termes de dénivelé positif, intensité, . .). On citera également le conflit d'épaule, déclenché en natation, entretenu ou exacerbé à vélo lors de la position couchée, aérodynamique, sur les prolongateurs (spécificité en triathlon et en cyclisme sur les épreuves de contre la montre) [36]. Ces notions devront donc être introduites dans les consignes données à l'athlète concernant le repos relatif.

CONCLUSION

Les données scientifiques disponibles permettent d'établir que le taux d'incidence de blessures est relativement faible en triathlon compte tenu du volume d'entraînement. Les pathologies, majoritairement microtraumatiques, surviennent principalement en période de compétition et la plupart du temps en course à pied. Les blessures macrotraumatiques sont dues essentiellement à des chutes à vélo. La prise en charge d'une blessure doit idéalement débiter par un diagnostic précis et implique ensuite un dialogue multidisciplinaire afin d'adapter la stratégie thérapeutique selon l'évolution de la symptomatologie.

Déclaration de liens d'intérêts

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

RÉFÉRENCES

- [1] Andersen CA, Clarsen B, Johansen TV, Engebretsen L. High prevalence of overuse injury among iron-distance triathletes. *Br J Sports Med* 2013;47(13):857–61.
- [2] Burns J, Keenan A-M, Redmond AC. Factors associated with triathlon-related overuse injuries. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003;33(4):177–84.
- [3] Zwungenberger S, Valladares RD, Walther A, Beck H, Stiehler M, Kirschner S, et al. An epidemiological investigation of training and injury patterns in triathletes. *J Sports Sci* 2014;32(6):583–90.
- [4] Egermann M, Brocal D, Lill CA, et al. Analysis of injuries in longdistance triathletes. *Int J Sports Med* 2003;24(4):271–6.
- [5] Vleck VE, Garbutt G. Injury and training characteristics of male elite, development squad, and club triathletes. *Int J Sports Med* 1998;19(1):38–42.
- [6] O'Toole ML, Hiller WDB, Smith RA, et al. Overuse injuries in ultraendurance triathletes. *Am J Sports Med* 1989;17(4):514–8.
- [7] Massimino FA, Armstrong MA, O'Toole ML, et al. Common triathlon on injuries: special considerations for multisport training. *Ann Sports Med* 1988;4(2):82–6.
- [8] O'Toole ML, Hiller WDB, Massimino FA, et al. Medical considerations in triathletes. A preliminary report from the Hawaii Ironman, 1984. *NZ J Sports Med* 1985;13(2):35–7.
- [9] Villavicencio AT, Burneikienė S, Hernández TD, et al. Back and neck pain in triathletes. *Neurosurg Focus* 2006;21(4):E7.

- [10] Burns J, Keenan A-M, Redmond A. Foot type and overuse injury in triathletes. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005;95(3):235–41.
- [11] Shaw T, Howat P, Trainor M, et al. Training patterns and sports injuries in triathletes. *J Sci Med Sport* 2004;7(4):446–50.
- [12] Cipriani DJ, Swartz JD, Hodgson CM. Triathlon and the multisport athlete. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27(1):42–50.
- [13] Wilk BR, Fisher KL, Rangelli D. The incidence of musculoskeletal injuries in an amateur triathlete racing club. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;22(3):108–12.
- [14] Korkia PK, Tunstall-Pedoe DS, Maffulli N. An epidemiological investigation of training and injury patterns in British triathletes. *Br J Sports Med* 1994;28(3):191–6.
- [15] Migliorini S. An epidemiological study of overuse injuries in Italian national triathletes in the period 1987–1990. *J Sports Traumatol Rel Res* 1991;13(4):197–206.
- [16] Collins K, Wagner M, Peterson K, et al. Overuse injuries in triathletes. A study of the 1986 Seafair triathlon. *Am J Sports Med* 1989;17 (5):675–80.
- [17] Williams MM, Hawley JA, Black R, et al. Injuries amongst competitive triathletes. *NZ J Sports Med* 1988;16(1):2–6.
- [18] Ireland ML, Michelli LJ. Triathletes: biographic data, training, and injury patterns. *Ann Sports Med* 1987;3(2):117–20.
- [19] Hiller WDB, O'Toole ML, Fortess EE. Medical and physiological considerations in triathlons. *Am J Sports Med* 1987;15(2):164–7.
- [20] Levy CM, Kolin E, Bernson BL. Cross training: risk or benefit? An evaluation of injuries in four athlete populations. *Sports Med Clin Forum* 1986;3:1–8.
- [21] Levy CM, Kolin E, Bernson BL. The effect of cross training on injury incidence, duration, and severity (part 2). *Sports Med Clin Forum* 1986;3:1–8.
- [22] O'Toole ML, Douglas PS, Hiller WDB. Applied physiology of a triathlon. *Sports Med* 1989;8(4):201–25.
- [23] Videbæk S, Bueno AM, Nielsen RO, Rasmussen S. Incidence of running-related injuries per 1000 h of running in different types of runners: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2015;45(7):1017–26.
- [24] Binder W, Mousa SA, Sitte N, Kaiser M, Stein C, Schäfer M. Sympathetic activation triggers endogenous opioid release and analgesia within peripheral inflamed tissue. *Eur J Neurosci* 2004;20:92–100.
- [25] Chéron C, Le Scanff C, Leboeuf-Yde C. Association between sports type and overuse injuries of extremities in adults: a systematic review. *Chiropr Man Ther* 2017.

- [26] Stanish WD. Overuse injuries in athletes: a perspective. *Med Sci Sport Exerc* 1984;16:1–7.
- [27] Priego Quesada JI, Kerr ZY, Bertucci WM, Carpes FP. A retrospective international study on factors associated with injury, discomfort and pain perception among cyclists. *PLoS One* 2019;14(1):e0211197.
- [28] De Villiers R, Scheepers S. Imaging of triathlon injuries. *Imaging in sports-specific musculoskeletal injuries*. Springer; 2016. p.557–84, <https://www.springer.com/gp/book/9783319143064>.
- [29] Gosling CM, Gabbe BJ, Forbes AB. Triathlon-related musculoskeletal injuries: the status of injury prevention knowledge. *J Sci Med Sport* 2008;11(4):396–406.
- [30] Neidel P, Wolfram P, Hotfiel T, Engelhardt M, Koch R, Lee G, et al. Cross-sectional investigation of stress fractures in German elite triathletes. *Sports (Basel)* 2019;7:1–10.
- [31] Francis P, Whatmann C, Sheerin K, Hume P, Johnson M. The proportion of lower limb running injuries by gender, anatomical location and specific pathology: a systematic review. *J Sports Sci Med* 2018;18:21–31.
- [32] McHardy A, Pollard H, Fernandez M. Triathlon injuries: a review of the literature and discussion of potential injury mechanisms. *Clin Chiropr* 2006;9(3):129–38.
- [33] Hulme A, Nielsen RO, Timpka T, Verhagen E, Finch C. Risk and protective factors for middle- and long-distance running-related injury. *Sports Med* 2016;47:869–86.
- [34] Delvaux F, Croisier J-L, Sanfilippo D, Gofflot A, Tooth C, Kaux JF, et al. Prévention de blessures et triathlon. *J Traumatol Sport* 2018 [sous presse].
- [35] Reuter RM, Hiller WDB, Ainge GR, et al. Ironman triathletes: MRI assessment of the shoulder. *Skeletal Radiol* 2008;37:737.
- [36] Tuite MJ. Imaging of triathlon injuries. *Radio Clin N Am* 2010;48:1125–35.
- Faites D. Sanfilippo et al. le point 164