

Thème 2 - Prévention de la blessure

Les travaux de recherche conduits au sein de ce thème se proposent de répondre à deux objectifs principaux :

- > **Identifier les conditions propices à la survenue des blessures à travers le développement de facteurs de risque innovants et/ou prédictifs de l'incidence et de la récurrence des blessures ;**
- > **Évaluer les effets de programmes visant la préservation des capacités liées à la performance sportive en période d'arrêt, ou leur restauration en phase de reprise d'activité.**

Le développement de ce thème s'appuie sur une collaboration étroite établie avec les équipes médicales de l'INSEP, permettant l'**émergence de connaissances à l'interface des domaines cliniques et scientifiques** (traumatologie de l'exercice, rééducation fonctionnelle, réathlétisation). Les applications issues de ces travaux doivent à terme contribuer à réduire les périodes d'arrêt ou à mieux exploiter les phases de réduction de l'entraînement induites par la blessure.

La blessure n'est pas une question anodine, elle fait partie de la condition du sportif et fait l'objet de politiques tant sa maîtrise devient un enjeu majeur de la performance. Bien que l'incidence des blessures subies par les athlètes ayant participé aux Jeux Olympiques de Rio soit en légère diminution par rapport aux olympiades précédentes, cette problématique reste toutefois très présente (8% des sportifs sélectionnés ont subi une blessure pendant la quinzaine ; Soligaard et al. 2017). Nos travaux récents contribuent largement à ce constat puisque presque trois sportifs français sélectionnés aux JO sur quatre déclarent avoir été blessés sur le temps de l'olympiade et 40% d'entre eux disent avoir connu, pendant cette période, aux moins deux blessures (Burlot, 2016). Mais ces données interpellent davantage (i) lorsque sont cumulés les temps d'arrêt durant l'olympiade d'une part : 40% des sportifs qualifiés disent avoir eu des arrêts cumulés supérieurs à trois mois et un peu plus de 15% déclarent avoir été arrêtés au moins six mois ; (ii) d'autre part lorsque l'on constate que 42% déclarent s'être blessés et 15% plus d'un mois durant les six mois précédant l'épreuve olympique. L'ampleur du phénomène et ses conséquences sportives ne peuvent que susciter l'attention. Depuis deux décennies, les travaux sur la blessure en sciences sociales se développent considérablement (Athanasopoulos et al. 2007) et laissent apparaître plusieurs axes de réflexions. L'apport le plus significatif sur le sujet concerne sans doute l'identification de cultures somatiques (Cavallerio et al. 2016). Comme il a été montré dans le domaine du rugby (Dalgalarondo, 2016), ces cultures somatiques, plurielles et genrées, contribuent à modeler et mettre à l'épreuve les dispositifs de gestion des blessures. Cette confrontation suscite, en fonction du point de vue adopté : des écarts à la norme (reprise anticipée), des attitudes déviantes (Becker, 1985) ou encore des prises de risque volontaires. Les travaux qui se sont intéressés à ces cultures somatiques ont le plus souvent travaillé sur la question de la socialisation professionnelle (Rasera, 2012). Ce travail a permis d'identifier un processus social central dans la gestion des blessures dans le sport de haut niveau, celui de la normalisation de la douleur (Curry et Strauss, 1994 ; Wainwright et al. 2005). Les sportifs de haut niveau n'ont pas tous, en fonction de la culture somatique spécifique de leur sport, la même attention, la même « écoute » de leurs corps. L'analyse de la blessure oblige aussi le chercheur à investiguer au-delà des parcours médicaux normés et prescrits. Il est ici nécessaire de considérer le sportif comme un expert profane, premier observateur de son corps, engagé dans une attitude réflexive vis-à-vis de ses sensations (Sparkes 1996), usagé régulier de la médecine, de ses concepts, et de ses points aveugles. Mais l'évolution la plus remarquable de la problématisation est celle d'un glissement progressif de la question du vécu, du domaine de l'expérience intime de la blessure à l'analyse du réseau d'acteurs et de compétences qui assure la prise en charge sanitaire du sportif (Nixon, 1992). C'est ainsi que le concept de « *sportnets* » s'est imposé, comme nouvelle focale d'analyse pertinente du travail sportif (Fleuriet & Schotté 2008). Les travaux de Dalgalarondo (2015) portant sur l'analyse des dispositifs de prise de risques à l'œuvre en sport de haut niveau s'inscrivent dans cette perspective. Il s'agit de prendre pleinement en compte le fait que la performance ne peut être analysée sans l'étude du réseau d'acteur qui l'entoure. Il apparaît donc pertinent d'investiguer la question suivante :

- ▶ **Quelles sont les conditions de survenue et les dispositifs de prise en charge de la blessure ?**

Nous aborderons cette thématique en collaboration avec les membres associés du laboratoire (Dr. Dalgarrondo, laboratoire IRIS du Centre de Recherche National Scientifique), le Pôle Médical de l'INSEP et l'Institut de Recherche Médical et d'Épidémiologie du Sport⁶. Il s'agira de mieux comprendre les conditions de survenue des blessures mais aussi de s'interroger sur la manière dont les sportifs gèrent leurs blessures, en partant de leur ressenti, en cherchant à identifier dans leur discours ce que la blessure signifie pour eux. Nous pourrions ainsi repérer des conditions pouvant expliquer l'arrivée des blessures mais aussi déceler des profils de sportifs qui gèrent plus ou moins bien ces événements, en fonction de leurs trajectoires, d'origines particulières, de traumatismes précédents. Nous pourrions également être en mesure de repérer des situations « à risque ». La question de la récurrence (Brewer et al. 2000; Taylor et May 1996) fera l'objet d'une attention particulière, notamment parce que la littérature ne nous dit rien sur cette forme d'échec organisationnel. Nous nous intéresserons aussi aux interactions entre le sportif et le dispositif de prise en charge mis à sa disposition. La question centrale sera ici celle de la place du sportif expert-profane dans un réseau médico-technique. Nous chercherons à repérer les organisations du travail favorables à la coopération et à l'hybridation de savoirs hétérogènes.

L'impact des organisations sur le risque de blessure se mesure également à travers la planification des entraînements des sportifs de haut niveau. Leur niveau de performance et leur tolérance à l'exercice peuvent en effet être altérés en réponse à des périodes de forte charge d'entraînement (Meeusen et al. 2006). L'investigation des relations entre charges externes et internes, entre mesures subjectives et objectives peut concourir à (i) quantifier la fatigue induite par l'entraînement, (ii) déterminer un indice multifactoriel utile dans la prise de décision pour maintenir un équilibre entre entraînement et récupération/repos nécessaire à l'optimisation de la performance, (iii) la prévention des blessures (Gabbett et al. 2017). Les travaux conduits par le laboratoire ont permis de décrire les cinétiques de l'évolution de marqueurs biologiques sensibles à la charge d'entraînement, en particulier lors de périodes présentant une incidence élevée des blessures, chez des athlètes de disciplines variées (course, sauts ; Guilhem et al. 2015). À partir d'une approche pluri-disciplinaire croisant les champs de la physiologie, de la biomécanique et de la psychologie, nous avons également contribué à mieux comprendre les effets d'une surcharge d'entraînement sur les symptômes liés à un surmenage fonctionnel ou non-fonctionnel des sportifs. Ces travaux ont permis de mesurer les modifications des réponses ventilatoires et cardiaques, ou encore les altérations de la qualité du sommeil induites par ces phases de surcharge (Le Meur et al. 2013, 2016 ; Aubry et al. 2016). Ils ont également mis en exergue la disparité des réponses individuelles à ces programmes d'entraînement, soulevant la nécessité d'adapter les modèles existants pour mieux répondre au besoin d'individualisation de plus en plus prégnant en sport de haut niveau. L'émergence de nouvelles approches statistiques (telles que le modèle « bayésien » utilisé dans le suivi longitudinal du passeport biologique) sont susceptibles d'éliminer la variabilité inter-individuelle des différents marqueurs induits par la charge et la fatigue et de participer à l'amélioration de la précision des outils de suivi d'entraînement et/ou compétition. Ces projets ont pour objectif de comprendre les mécanismes explicatifs du surmenage via une approche transdisciplinaire croisant des évaluations issues des domaines de la physiologie, de la psychologie et des neurosciences. Nous ambitionnons ainsi de répondre à la question suivante :

- ▶ Dans quelle mesure le croisement de marqueurs objectifs et subjectifs permet de renseigner sur la variabilité interindividuelle des relations entre charge d'entraînement et fatigue induite chez des sportifs de haut niveau ?

Cette thématique fait l'objet cette année d'un projet de thèse de doctorat basé sur l'utilisation de ces modèles statistiques innovants appliqués à l'analyse de la charge (volume, durée, nombre de répétitions, évaluation de l'effort perçu, fréquence cardiaque, lactate, distance parcourue) et de la fatigue (échelle de perception du bien-être, de la fatigue neuromusculaire, marqueurs biologiques, immunologiques). Afin de quantifier précisément la charge spécifique induite par l'activité considérée, nous pourrions nous appuyer sur les méthodes de

⁶ Projet de recherche intitulé « La blessure dans le sport de haut niveau : des conditions de survenue au dispositif de prise en charge », déposé dans le cadre de l'appel à projets 2017 émanant du Ministère en charge des Sports. Subvention sollicitée : 28450 €.

quantification développées et validées par notre équipe, basées sur l'accélérométrie⁷. Dans un contexte international sans cesse plus concurrentiel, l'objectif des encadrements consiste aujourd'hui à planifier la dose optimale d'entraînement qui permettra la progression la plus conséquente, tout en préservant l'intégrité physique et la disponibilité psychologique des sportifs. L'étude des relations entre ces charges externe et interne doit donc contribuer à déterminer un indice multifactoriel utile dans la prise de décision pour maintenir un équilibre optimal entre entraînement et récupération, propice à la diminution du risque de blessure.

Bien que les processus qui sous-tendent la survenue d'une lésion musculaire soient multifactoriels, il existe un lien étroit entre l'ampleur de la contrainte subie par le tissu biologique (muscle, tendon, ligament, os) et le niveau d'altération tissulaire qui en résulte (Lieber et Friden, 2002). Il s'agit donc d'un processus d'origine mécanique dont il convient de comprendre les causes dans une finalité de réduction du risque. La blessure musculaire est l'un des traumatismes les plus couramment observés dans le domaine sportif (Freckleton & Pizzari, 2013). Elle représente 10 à 55% des blessures nécessitant un arrêt de la pratique (37 et 19% pour les ischiojambiers et les quadriceps, respectivement) avec un taux de récurrence de 15 à plus de 50% selon les disciplines sportives (Ekstrand et al. 2011). De nombreux travaux se sont attachés à déterminer des indicateurs de risque de survenue et de récurrence des blessures musculaires. D'un point de vue structurel, l'imagerie échographique permet d'identifier clairement le site et l'ampleur de la lésion (Koh & McNally, 2007). Toutefois, il est important de noter que cette technique reste qualitative et qu'elle ne permet pas de renseigner sur les propriétés du tissu à se déformer pour stocker et dissiper de l'énergie. D'un point de vue fonctionnel, les deux principales méthodes d'évaluation proposées à ces fins sont basées sur la caractérisation des capacités de production de force ou les rapports de force entre agonistes et antagonistes (e.g. ratio fonctionnel de Croisier, 2002) et de souplesse du système musculo-articulaire (Witvrouw et al. 2003). Ces méthodes, bien qu'intéressantes pour identifier des sportifs « à risque », sont cependant influencées par des facteurs centraux, spinaux et périphériques (i.e. ensemble des systèmes musculo-tendineux du groupe), et ne permettent pas d'identifier le facteur ou muscle « limitant » lors de l'évaluation. Les lésions musculaires étant toujours très localisées, l'évaluation globale à l'échelle du groupe musculaire n'est donc probablement pas la plus adaptée (Silder et al. 2013). La survenue de ces blessures musculaires peut résulter de l'accumulation de dommages induits par l'exercice (microlésions musculaires), qui fragilisent le tissu musculaire et augmentent ainsi le risque de lésion plus importante (Lieber et Friden, 2002). La compréhension des mécanismes qui conduisent aux dommages musculaires apparaît dès lors cruciale dans la gestion des processus d'entraînement et de récupération. Des études récentes montrent que les propriétés architecturales et mécaniques du muscle déterminent en grande partie les contraintes subies par les tissus musculaires et tendineux, conduisant à une large variabilité de ces contraintes entre les individus (Fiorentino et Blemker, 2014). Toutefois, ces études sont basées sur des modèles musculo-squelettiques qui ne permettent pas de décrire directement le comportement des structures lors de la tâche motrice. Ces dernières années, les travaux menés par notre groupe de recherche ont contribué à mieux comprendre l'influence de l'élasticité des tissus musculaires et tendineux (mesurée par élastographie) et des interactions muscle-tendon (mesurées par échographie haute-fréquence) sur le niveau de dommages musculaires, notamment au travers de l'utilisation de l'imagerie par résonance magnétique (Guilhem et al. 2013, 2016) et la technique Supersonic Shear Imaging (Lacourpaille et al. 2014). Nos travaux ont ainsi montré qu'un exercice traumatisant (e.g. séance de renforcement musculaire intense) induit une augmentation précoce de la raideur musculaire qui prédit fortement la diminution de performance (i.e. force musculaire) observée 2 jours après l'effort. Cependant, ces travaux ont été menés en conditions contrôlées, éloignées des réalités pratiques. Forts de ces résultats préliminaires, nous souhaitons poursuivre plus avant nos investigations en répondant à la question suivante :

- ▶ Quel est le lien entre les propriétés mécaniques et contractiles des structures musculaires et tendineuses dans la survenue d'une blessure et quels sont les effets de protocoles de renforcement spécifiques sur la vulnérabilité de ces tissus ?

L'enjeu de nos travaux futurs réside donc dans le transfert de méthodes d'investigation de laboratoire vers des situations écologiques reconnues comme génératrices de dommages et de lésions musculaires (i.e. sprint en

⁷ Dépôt de brevet réalisé dans le cadre du projet « Quantification de la charge spécifique en handball élite par accélérométrie », financé par le Ministère en charge des Sports (contrat n° 12i07).

course à pied, réception de saut). L'ensemble des études envisagées permettra de mieux comprendre les mécanismes impliqués lors du passage d'un muscle « sain » à des altérations fonctionnelles (dommages musculaires) ou à la suite d'une atteinte non-fonctionnelle (lésion musculaire). Dans cette optique, nous souhaitons d'abord améliorer notre compréhension des facteurs de risque (propriétés mécaniques, coordinations musculaires) dans le cadre d'un contrat doctoral⁸ et de deux projets financés par le Ministère en charge des Sports⁹. Dans un second temps, nous envisageons d'évaluer les effets de protocoles de prévention sur ces indicateurs et sur le risque de blessure. Ces projets conduits en collaboration avec le Pôle Médical de l'INSEP, nos partenaires associés (Dr. Martin Buchheit, Paris-Saint-Germain) et des structures internationales (Dr. Jurdan Mendigutchia, *Zentrum Rehab and Performance Center*, à Barañain, Espagne) doivent également permettre de définir les programmes les plus efficaces, afin d'optimiser le temps disponible pour l'entraînement spécifique.

L'efficacité des adaptations induites par ces programmes de prévention sera étroitement reliée à la qualité des processus de récupération et de régénération des tissus cibles, elle-même influencée par l'hygiène de vie des sportifs (sommeil, habitudes alimentaires). Ainsi, si le sommeil peut être altéré par la charge d'entraînement, la qualité de celui-ci peut à l'inverse constituer un moyen de mieux supporter ce stress en favorisant les processus de récupération et de régénération tissulaire. Certains auteurs ont proposé que la durée de sommeil, si elle est insuffisante (inférieure à 6 ou 8 heures en fonction des études), pourrait constituer un facteur de risque de blessure au sein d'une population de jeunes sportifs dont le sommeil était évalué de façon subjective (Luke et al. 2011 ; Milewski et al. 2014). De manière contradictoire, Dennis et al. (2016) ont montré que la durée et l'efficacité de sommeil étaient plus importantes avant la survenue de la blessure chez des joueurs de football australien. L'alimentation fait aussi partie des facteurs susceptibles d'influencer le risque de blessures, puisque le respect des recommandations nutritionnelles s'accompagne d'une réduction de la prévalence de blessures au cours d'une saison chez des jeunes sportifs, comparativement à des habitudes alimentaires inadéquates (Von Rosen et al. 2016). Par ailleurs, la littérature récente montre un lien étroit entre le risque de blessure et la restriction énergétique, qu'elle soit chronique (Rauh et al. 2010) ou aiguë, telle que celle communément observée dans les sports à catégorie de poids par exemple (Green et al. 2005). Ce phénomène est bien illustré par un travail mené sur des judokas rapportant une augmentation de la prévalence de blessures au cours d'une compétition en fonction de l'amplitude de la perte de poids d'avant compétition. Ainsi, la prévalence de blessures concerne 14%, 22% et 37% des judokas selon qu'ils n'aient, respectivement, pas perdu de masse, perdu moins de 5% de leur masse et perdu plus de 5% de leur masse avant leur compétition (Green et al. 2005). De ce fait, de faibles apports énergétiques, qu'ils soient temporaires ou chroniques, apparaissent comme un facteur de risque de blessure. Parmi les hypothèses explicatives émergentes, des travaux récents ont montré un effet de régimes alimentaires spécifiques sur les adaptations tissulaires (Shawn et al. 2017). Les compétences développées par notre laboratoire en biomécanique et nutrition de l'exercice nous amènent naturellement à explorer ces pistes transversales de recherche dans le cadre du prochain contrat. Les liens entre les habitudes alimentaires des sportifs de haut niveau et la quantité et la qualité du sommeil revêtent également un intérêt primordial pour notre équipe qui dispose à la fois des compétences et des moyens nécessaires à l'investigation de ces questions. Aussi nos travaux s'intéresseront aux questions suivantes :

- ▶ **Quels sont les liens entre l'hygiène de vie des sportifs de haut niveau (sommeil, nutrition) et le risque de blessure ? Ces facteurs peuvent-ils être manipulés à visée de prévention ?**

En partenariat avec nos collaborateurs académiques (Institut de Recherche Biomédicale des Armées, Université de Nantes), sportifs (Fédération Française de Rugby, Fédération Française de Cyclisme) et industriels (Cofel, Philips, Overstim), nous appliquerons ainsi les méthodes mobilisées dans le cadre de l'analyse de la performance sportive à l'exploration de l'évaluation du risque de blessure. Ces problématiques ont d'ores et déjà fait l'objet

⁸ Thèse de doctorat de Simon Avrillon (Université Paris Saclay) intitulé « Exploration des mécanismes lésionnels en course à pied », sous la direction du Dr. Gaël Guilhem, Pr. François Hug et Pr. François Cottin.

⁹ Projets de recherche intitulés « Caractérisation des propriétés élastiques musculaires par élastographie : une nouvelle approche de la blessure ? » (contrat 15i19) et « Prédiction de la tendinopathie chez le sportif via la mesure des propriétés mécaniques du tendon », déposés dans le cadre de l'appel à projets 2017 émanant du Ministère en charge des Sports. Subventions sollicitées : 26 k€ et 41 k€.

de deux projets¹⁰ visant à mesurer les besoins en sommeil des sportifs, et à analyser les perturbations du sommeil induites par l'enchaînement de compétitions intercontinentales de rugby à 7. Nous souhaitons dans un second temps évaluer les effets de stratégies spécifiques telles que l'utilisation d'une extension de sommeil sur les performances physiques des sportifs de haut niveau.

Mots clés : cultures somatiques ; charge d'entraînement ; propriétés mécaniques ; comportement musculo-tendineux ; hygiène de vie ; protocoles de prévention.

Références : Dalgalarondo. Sociologie du travail. 2015;57(4):516-535 ; Gabbett et al. Brit J Sports Med. 2017 ;[Epub Ahead of Print] ; Guilhem et al. Acta Physiol. 2016;217(2):152-163 ; Lacourpaille et al. Acta Physiol. 2014;211(1):135-146 ; Mendiguchia et al. Med Sci Sports Exerc. 2017;49(7):1482-1492 ; Shawn et al. Am J Clin Nutr. 2017;105(1): 136-143 ; Van Dyk et al. 2017 ;[Epub Ahead of Print].

¹⁰ Projets de recherche intitulés « Sommeil et Rugby à 7 : Quel impact sur la performance ? » et « La connaissance des rythmes biologiques du sportif de haut niveau pour une meilleure gestion de la récupération dans le suivi quotidien de l'entraînement et dans la préparation des échéances internationales. Intérêts de l'extension du sommeil et de la sieste », déposés dans le cadre de l'appel à projets 2017 émanant du Ministère en charge des Sports. Subventions sollicitées : 21 k€ et 25 k€.