

MINISTÈRE DE LA SANTÉ  
RÉGION LORRAINE  
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION DE MASSO-KINÉSITHÉRAPIE  
DE NANCY

**Le syndrome des loges chronique chez le  
pilote moto :  
place de la masso-kinésithérapie**

Mémoire présenté par Michaël ALBERTINI  
étudiant en 3<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie  
en vue de l'obtention du Diplôme d'État  
de Masseur-Kinésithérapeute.  
2014-2015.

# Sommaire

## RÉSUMÉ

1. INTRODUCTION.....	1
2. MOTOCYCLISME DE VITESSE .....	2
3. ÉQUIPEMENT DU PILOTE .....	3
4. PATHOLOGIES RENCONTRÉES DANS LE SPORT MOTOCYCLISTE DE VITESSE .....	4
4.1. Pathologies liées à un traumatisme direct.....	4
4.2. Pathologies liées à la pratique du pilotage .....	5
5. RAPPELS ANATOMIQUES .....	6
5.1. Anatomie des fascias .....	6
5.1.1. Anatomie microscopique.....	7
5.1.2. Anatomie macroscopique .....	7
6. SYNDROME DES LOGES D'EFFORT : HYPOTHÈSES PHYSIOPATHOLOGIQUES.....	8
7. BIOMÉCANIQUE DU MEMBRE SUPÉRIEUR.....	11
7.1. Matériel et méthode .....	12
7.1.1. Méthode de recherche bibliographique .....	12
7.1.2. Population.....	13
7.2. Matériel utilisé.....	13
7.3. Prise de mesures .....	13
7.4. Étude biomécanique.....	14
7.4.1. Phase d'accélération.....	14
7.4.2. Phase de freinage .....	17
8. HYPOTHÈSES KINÉSITHÉRAPIQUES .....	19
9. PROPOSITIONS DE KINÉSITHÉRAPIE PRÉVENTIVE.....	20
9.1. Échauffement du pilote .....	21
9.1.1. Proposition d'échauffement.....	21
9.1.2. Exemples d'exercices musculaires et articulaires pour le membre supérieur et le rachis cervical .....	22
9.2. Techniques Masso-Kinésithérapiques .....	23
9.2.1. Drainage Lymphatique Manuel (DLM) .....	23

9.2.2. Massage .....	24
9.2.3. Étirements.....	24
9.2.4. Hydratation, diététique et conseils .....	25
10. DISCUSSION.....	26
10.1. Traitement.....	26
10.2. Prévention.....	27
10.3. Ergonomie .....	28
10.4. Limites de l'étude .....	28
11. CONCLUSION.....	29
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

# Résumé

La pratique du motocyclisme de vitesse sur circuit attire de plus en plus d'adeptes, du débutant au confirmé. Le pilote moto est sujet à de nombreuses pathologies dues principalement aux accidents et à une sollicitation importante du système musculo-squelettique et de l'appareil cardio-respiratoire. Le syndrome des loges chronique des avant-bras est une pathologie fréquemment rencontrée dans cette discipline.

Ce travail permet de mettre en évidence les mécanismes d'apparition de cette pathologie et de situer la place de la masso-kinésithérapie dans le traitement du syndrome compartimental d'effort. Les mesures articulaires du membre supérieur droit de 2 sujets ont été relevées en position de freinage et d'accélération. Ces sujets sont installés sur une moto posée sur une béquille d'atelier afin de reproduire la position d'une moto en ligne droite, ceci afin de comprendre la biomécanique, le travail musculaire mis en jeu et les contraintes associées.

Cela nous permet d'émettre des hypothèses de traitement kinésithérapique susceptibles d'améliorer les symptômes et les douleurs liés à la pathologie, mais aussi de pouvoir agir sur l'ergonomie du pilote sur sa moto. Cet état des lieux indique que cette pratique sollicite fortement l'appareil cardio-respiratoire et que la demande métabolique qui en résulte fait partie des facteurs favorisant le syndrome des loges. Nous sommes arrivés à la conclusion que la prise en charge masso-kinésithérapique doit être préventive afin d'éviter l'installation et le passage à l'état chronique du syndrome des loges d'effort.

- **Mots clés** : « motocyclisme » ; « syndrome des loges chronique » ; « masso-kinésithérapie » ; « biomécanique » ; « avant-bras ».
- **Keywords** : « compartment syndrome » ; « motorcycle rider » ; « physiotherapy » ; « biomechanical » ; « forearm ».

## 1. INTRODUCTION

En 1869, Louis-Guillaume Perreaux invente le vélomoteur, l'ancêtre de la motocyclette. Puis il fut amélioré par Daimler et Benz et devient la moto. Celle-ci est alors un moyen de locomotion avant d'être un outil sportif. Au fil du temps et grâce à l'évolution des machines, les premières compétitions apparaissent sous l'influence des constructeurs. Ceci leur permet de promouvoir leurs modèles. Les premières courses sont celles de vitesse sur route, permises par les marques européennes, puis viennent les courses sur chemins de campagne (le futur motocross) qui voient le jour principalement dans les pays anglo-saxons.

L'Union Française de Motocyclisme est créée en 1913, elle évoluera pour devenir officiellement en 1945 la Fédération Française de Motocyclisme (FFM). Actuellement, elle organise des actions et campagnes de sécurité routière pour favoriser une bonne pratique quotidienne, améliorer l'image du motard et, enfin, permettre le développement du sport motocycliste toutes disciplines confondues. Aujourd'hui, la FFM compte environ 1 350 clubs affiliés, 80 000 adhérents, 100 000 licenciés et plus de 1 300 épreuves organisées tous les ans [1 ; 2]. Ceci permet aux pilotes d'avoir accès à l'entraînement sur piste de vitesse ou terrain aménagé et aux différents championnats selon le niveau de pilotage requis.

En compétition ou pendant l'entraînement, dans n'importe quel sport de haut niveau, la performance recherchée demande une excellente condition physique. Elle doit être associée à une hygiène de vie la meilleure possible et une volonté à toute épreuve. Pour progresser dans le sport motocycliste, il faut associer un bon niveau technique, des connaissances en mécanique et un véhicule performant [1 ; 2 ; 3]. Piloter une moto est un challenge physique et mental. Le pilote fait corps avec son engin et doit coordonner plusieurs actions simultanées : les commandes au guidon qui comprennent la poignée des gaz et le frein avant (main droite) ainsi que l'embrayage (main gauche), le sélecteur de vitesse (pied gauche), le frein arrière (pied droit). Il doit aussi recueillir et analyser les données visuelles et somesthésiques afin de garder l'équilibre et perfectionner son pilotage. À cela s'ajoutent le comportement et les réactions de la machine, en réponse au type de revêtement des circuits et aux différents mouvements induits par le pilote. Ce dernier examinera et comparera ensuite toutes ces informations dans le but d'améliorer les réglages de la moto ainsi que sa technique de conduite.

Les impressions et perceptions liées aux pneumatiques, aux amortisseurs, aux positions des commandes (freins avant et arrière, sélecteur de vitesse) ou les réglages du moteur sont ressenties et décryptées par le pilote pendant la course. Ces sensations s'ajoutent à l'effort physique et occasionnent un effort cognitif important car elles génèrent des prises de décision instantanées. L'évolution technologique permet aux motos actuelles de dépasser 250 chevaux pour les professionnels et d'avoisiner 190 chevaux pour les pilotes amateurs. Cette puissance propulse le pilote à des vitesses pouvant atteindre 350 km [3 ; 4 ; 5] et nécessite des freinages extrêmement puissants provoquant des décélérations allant jusqu'à 1.6 G. Certains virages entraînent des forces de 2 G [1 ; 4]. Le pilote doit donc lutter et s'opposer à ces contraintes grâce à un entraînement technique de conduite adapté mais aussi une condition physique et mentale optimale. Selon les catégories ou les championnats, les courses peuvent durer de 50 minutes à 24 heures pour les courses d'endurance. Lors de celles-ci, 3 ou 4 pilotes se relaient toutes les heures pendant 24 heures [2 ; 3 ; 5].

Nous devons souligner les forces et contraintes extrinsèques lors des différentes phases de pilotage : l'effet gyroscopique, la force centrifuge, la gravité pendant les virages, les accélérations et les décélérations lors des freinages, la position de conduite inconfortable, la résistance au vent.

Le port d'une combinaison serrée est destiné à obtenir une meilleure pénétration dans l'air et à diminuer les turbulences aérodynamiques. Mais elle ne facilite pas le retour veineux, ni la thermorégulation du pilote. Le système cardio-vasculaire est donc très sollicité. Toutes ces contraintes induisent une fatigue psychique et musculaire précoce, pouvant engendrer des douleurs additionnées à celles d'anciens traumatismes dus aux chutes ou collisions.

## 2. MOTOCYCLISME DE VITESSE

Le sport moto regroupe une vingtaine de disciplines. Les plus connues sont la moto de vitesse, le motocross, l'enduro et le trial. Chaque catégorie possède des spécificités et implique une posture du pilote avec des positions articulaires différentes selon le type de moto utilisé. Les règles sont propres à chaque épreuve. Les pathologies sont alors différentes selon la pratique, bien que certaines soient communes [2].



**Figure 1: moto sportive de série 600 cm<sup>3</sup>**

Nous nous intéressons exclusivement à la moto de vitesse sur circuit. Chaque licencié doit posséder une moto sportive de série ou de compétition, les plus utilisées sont les 600 cm<sup>3</sup> et 1 000 cm<sup>3</sup> (figure 1). La marque et le modèle ne sont pas imposés (sauf dans certains championnats spécifiques). Le pilote peut participer au championnat qu'il souhaite ou simplement s'entraîner sur une piste pour son loisir et parfaire sa technique de pilotage.

Nous comptons une trentaine de circuits en France. Ils s'étendent sur une distance d'environ 1,5 à 5 km pour les plus grands. Une journée type en entraînement comprend 2 à 3 heures de courses fractionnées en plusieurs sessions de 20 à 30 minutes, et une compétition s'étale sur 2 jours avec 2 à 24 heures de courses fractionnées ou non selon le type de championnat. Ces circuits sont accessibles à tous les pilotes, du débutant au professionnel. Les coureurs sont répartis en différents groupes selon le niveau de pilotage [1 ; 6].

### 3. ÉQUIPEMENT DU PILOTE [7 ; 8]

Un équipement fiable et de bonne qualité est indispensable au pilote pour se protéger (annexe 1). Les chutes à des vitesses élevées entraînent des blessures et traumatismes importants voire fatals.

L'élément indispensable est le casque intégral. Celui-ci permet de protéger le crâne lors des chutes et doit être confortable, léger (environ 1 400 g) et aérodynamique.

Les combinaisons actuelles ont fortement évolué. Elles sont réalisées en cuir de kangourou, plus souple que le cuir traditionnel, et doivent être légères (de 3 à 3,5 kg), agréables, aérées, et surtout résistantes. Des renforts sont placés au niveau de toutes les articulations sans gêner la liberté des mouvements. Une protection dorsale se glisse dans la combinaison limitant les traumatismes rachidiens. De plus en plus de protections ventrales sont utilisées afin d'éviter les fractures de côtes ou les traumatismes de l'abdomen.

Le port de gants renforcés est obligatoire ainsi que les bottes de protection.

#### 4. PATHOLOGIES RENCONTRÉES DANS LE SPORT MOTOCYCLISTE DE VITESSE

##### 4.1. Pathologies liées à un traumatisme direct

Le pilote repousse sans cesse les limites de sa machine et de son corps pour répondre à une recherche de performance toujours plus exigeante. Malgré les progrès de l'encadrement et de la sécurité sur les circuits, les accidents restent présents. En effet, la présence des autres concurrents et l'augmentation de la puissance des motos y contribuent fortement. La fatigue est souvent en cause dans l'erreur d'appréciation de distance ou la prise d'une mauvaise décision, ce qui provoque une chute ou une collision pouvant occasionner des traumatismes plus ou moins sévères voire le décès du pilote. Même si ce dernier utilise un équipement en évolution constante au niveau protection et sécurité, les blessures peuvent aller de l'abrasion aux polytraumatismes [2].

L'étude d'Y. Tomida et Al. [9] montre que 75 % des traumatismes sont des fractures, 13 % sont des atteintes tendineuses et ligamentaires et 10 % concernent des luxations/sub-luxations. En revanche, aucun dégât abdominal, crânien ou décès n'a été noté.

Selon G. Costa, C. Biau, J-P. Fromageau [10], les contusions et les abrasions sont les plus fréquentes après une chute. Les membres supérieurs sont particulièrement exposés dans les courbes. En effet, l'angle d'inclinaison moto/sol peut atteindre 60° dans cette phase [4].



Épaules et clavicules sont régulièrement atteintes ainsi que poignets et coudes. Au niveau des membres inférieurs, il est parfois constaté des luxations de hanche et des lésions aux genoux. Les améliorations apportées aux bottes de protection ont fortement réduit les blessures aux chevilles. La protection dorsale a fait aussi régresser les lésions du rachis thoraco-lombaire. La partie restant la plus exposée au traumatisme est le rachis cervical avec risque d'entorse voire de lésion médullaire.

#### 4.2. Pathologies liées à la pratique du pilotage

B. Achou [11] signale que la position de conduite du pilote et les contraintes associées de la vitesse, du vent, du port du casque, entraînent un surmenage de la charnière cervico-dorsale. Les courses d'endurance provoquent également des douleurs à la charnière thoraco-lombaire du fait des nombreux changements de positions ou déhanchés lors des virages. Le pilote peut être atteint du syndrome des loges d'effort aux avant-bras, du syndrome du canal carpien. Il observe régulièrement des ampoules sur la face palmaire des mains au niveau des articulations métacarpo-phalangiennes (MP), des inter-phalangiennes proximales (IPP), et sur la partie supérieure du premier rayon métatarsien gauche dues aux changements de vitesses [1 ; 2 ; 5 ; 11 ; 12 ; 13].

Le syndrome des loges d'effort chronique (SDLC) du membre supérieur, et plus précisément de l'avant-bras, est peu décrit dans la littérature, contrairement au syndrome des loges d'effort du membre inférieur. Cette pathologie a pourtant été observée dans le milieu sportif, notamment dans le monde de la moto, toutes disciplines confondues.

Passionné de moto, je me suis toujours demandé comment et pourquoi ces douleurs aux avant-bras apparaissent pendant l'entraînement, et surtout s'il n'existe pas des moyens de les traiter ou de les prévenir et ainsi éviter l'apparition d'un SDLC.

C'est pourquoi, en m'appuyant sur une étude d'articles scientifiques, après quelques rappels anatomiques, nous étudierons la physiopathologie du SDLC, la biomécanique de l'avant-bras pendant les phases de freinage et d'accélération. Nous proposerons des techniques kinésithérapiques préventives destinées au pilote moto ou au masseur-kinésithérapeute (M-K) qui le prendra en charge.

## 5. RAPPELS ANATOMIQUES

Au niveau anatomique, l'avant-bras se décompose en 2 parties (annexe 2). Une région antérieure et une autre postéro-externe.

Celles-ci sont séparées par la membrane interosseuse (MIO), de façon plus ou moins hermétique, tendue entre l'ulna et le radius. Les cloisons intermusculaires externe et interne rejoignent l'aponévrose superficielle anti-brachiale [14 ; 15 ; 15 ; 17].

La partie antérieure de l'avant-bras se compose de loges superficielles et profondes qui sont séparées par un fascia inconstant [15 ; 18].

Les muscles fléchisseurs et pronateurs décrivent 4 plans de la superficie à la profondeur. La partie postérieure contient les muscles extenseurs répartis en 2 plans. Certains auteurs décrivent une loge latérale isolée dans ce compartiment postérieur [15], d'autres parlent de muscles latéraux [14].

Le compartiment antérieur profond est propice à une augmentation de pression du fait de l'anatomie des fascias et de la MIO qui empêche l'expansion des muscles. Le trajet du nerf médian au niveau de l'avant-bras entre les muscles fléchisseur superficiel des doigts (FSD) et fléchisseur profond des doigts (FPD) le rend plus vulnérable lors de contractures ischémiques contrairement au nerf ulnaire [16].

### 5.1. Anatomie des fascias [14 ; 17]

Les tissus aponévrotiques ou appareil fibreux du membre supérieur permettent, grâce à leurs compositions cellulaires, de maintenir, de compartimenter, de transmettre les forces et tensions entre les différents organes musculo-tendineux. Ils servent aussi d'amarrage pour certains muscles.

### 5.1.1. Anatomie microscopique

La constitution de base du tissu conjonctif dans le corps est assurée par des cellules conjonctives : les fibroblastes. Ces cellules n'ont pas d'action métabolique, elles secrètent 2 protéines : le collagène et l'élastine. Ces 2 protéines se renouvellent sans cesse, l'une est de formation stable (l'élastine) et l'autre se modifie tout au long de la vie.

Dans le tissu, le collagène va s'organiser en faisceau conjonctif et l'élastine crée un réseau de mailles de différentes tailles à travers le tissu.

Selon les tensions appliquées au tissu, la sécrétion de collagène est favorisée et les molécules s'organisent de plusieurs façons :

- une tension continue privilégiera une organisation des molécules de collagène en série, les faisceaux conjonctifs s'allongent,
- une tension courte et répétitive provoquera une organisation des molécules collagéniques en parallèle, d'où une multiplication des faisceaux conjonctifs.

Une disposition des molécules en parallèle induit une densification et un épaissement, ce qui le rendra très résistant mais peu élastique (voir hypothèse mécanique du SDLC). Le réseau d'élastine permet l'élasticité du tissu. Le déclencheur de la sécrétion d'élastine est encore mal connu mais ce réseau est stable dans le temps [14 ; 17].

Tous les espaces libres entre le réseau d'élastine et les faisceaux de collagène sont occupés par la lymphe interstitielle. Ce liquide contient beaucoup de cellules nutritives et macrophages, ce qui lui confère un rôle important dans la nutrition cellulaire et l'élimination des déchets.

### 5.1.2. Anatomie macroscopique

Le tissu aponévrotique superficiel de l'avant-bras fait suite à l'aponévrose brachiale au niveau du coude. Cette aponévrose s'insère sur les épicondyles et l'olécrane ainsi que le long de la crête ulnaire. Elle sert d'insertion à certains muscles épicondyliens médiaux et latéraux et s'épaissit à cet endroit. L'aponévrose du biceps envoie un renfort à la partie supéro-interne.

Ce tissu se termine sur les styloïdes radiales et ulnaires où des fibres transversales maintiennent les tendons des extenseurs, ces fibres forment le rétinaculum des extenseurs.

L'aponévrose profonde est composée des deux-tiers supérieurs de l'aponévrose du fléchisseur ulnaire du carpe (FUC) et de l'aponévrose du fléchisseur superficiel des doigts (FSD). Elle s'attache le long de la crête ulnaire à la partie postéro-médiale et à la partie antérolatérale du bord antérieur du radius. Elle délimite la loge antérieure de l'avant-bras en deux parties : une superficielle et une profonde.

Les septums intermusculaires séparent les loges musculaires. Le septum intermusculaire antérolatéral (SIMAL) s'insère sur le bord antérieur du radius et rejoint le fascia superficiel. Il délimite la loge antérieure de la loge latérale. Le septum intermusculaire postéro-latéral (SIMPL) sépare la loge latérale de la postérieure. Son origine est le bord postérieur du radius et il rejoint le fascia superficiel [14 ; 17].

La membrane interosseuse (MIO) prend ses origines sur les bords interosseux du radius et de l'ulna. Elle sert d'insertions musculaires pour les muscles FPD et long fléchisseur du I (LFI) à sa face antérieure, à sa face postérieure pour les muscles long abducteur du I (LAI), court et long extenseur du I (LEI, CEI) et l'extenseur propre du II (EPII).

La MIO est formée de 2 couches de fibres de collagène dont l'obliquité est inversée [14 ; 19]. MIO, diaphyses ulnaire et radiale forment un ensemble considéré comme l'articulation radio-ulnaire moyenne et jouent un rôle important dans la stabilité de l'avant-bras et la prono-supination [19].

## 6. SYNDROME DES LOGES D'EFFORT : HYPOTHÈSES PHYSIOPATHOLOGIQUES

Le syndrome des loges est connu du milieu médical principalement dans sa forme aiguë, dont l'origine est secondaire à un traumatisme dans 97 % des cas (fracture, compression continue) [20]. Volkmann [21] observe et décrit pour la première fois en 1881, les conséquences de l'ischémie musculaire et nerveuse suite à la compression des paquets vasculo-nerveux. Il fait cette analyse chez des enfants traités par plâtre suite à des fractures de la palette humérale.

Mais ce syndrome existe aussi sous une forme chronique, initialement décrit en 1956 par Mavor [21 ; 23 ; 23]. Ce syndrome des loges chronique, encore appelé syndrome compartimental d'effort, est observé dans les activités sportives nécessitant des contractions musculaires continues ou répétées avec un temps de repos très faible.

Citons notamment la compétition moto, la planche à voile, la course à pieds, mais il a été constaté aussi chez certains musiciens et chez des travailleurs en force [5 ; 12 ; 13 ; 15 ; 18 ; 21 ; 22 ; 24 ; 25 ; 26].

La localisation préférentielle du SDLC se situe au niveau du segment jambier [19 ; 20 ; 21 ; 23 ; 25 ; 26]. La deuxième situation la plus fréquente concerne le segment anti-brachial avec la loge antérieure plus souvent atteinte que la postérieure et la loge latérale. Quelques rares cas ont été rapportés au niveau du fût fémoral, du pied, du segment brachial et de la main [20 ; 21 ; 25].

L'augmentation de la pression intra-musculaire (PIM) est commune à la forme aiguë ou chronique, mais les causes de cette hyperpression tissulaire dans la forme chronique sont encore mal comprises [15 ; 20 ; 21 ; 23].

Physiologiquement, le muscle grossit d'environ 20 à 30 % pendant l'effort entraînant une augmentation de la PIM passant de 10 mmHg au repos à des valeurs pouvant atteindre plus de 100 mmHg. Cette pression varie puisqu'elle augmente pendant la contraction musculaire et diminue lors de la relaxation. C'est durant cette phase de relâchement que les muscles sont perfusés. Selon le concept de Burton, la perfusion musculaire ne peut se faire qu'en dessous de la «pression critique de fermeture» qui est d'environ 30 mmHg. [15 ; 18 ; 20 ; 21 ; 22 ; 23].

Cette PIM peut s'accroître et dépasser 100 mmHg :

- soit lorsque le volume musculaire (le contenu) augmente de façon pathologique dans une loge inextensible (le contenant), ce qui favorise la formation d'un œdème musculaire d'effort,
- soit lorsque la compliance des tissus aponévrotiques est diminuée.

En effet, grâce aux travaux de Turnispeed [21 ; 23 ; 27], il semblerait que chez les sportifs, les propriétés physiques des fascias subissent des modifications dues aux contraintes de l'exercice et, ainsi, deviennent encore plus épais et solides. Ce qui accentue le phénomène d'augmentation de la PIM [15 ; 18 ; 20 ; 21 ; 23], c'est l'hypothèse mécanique.

Une théorie hémodynamique est décrite et tente d'expliquer la survenue de cet œdème. Une hyperactivité musculaire entraînerait une hyperhémie, qui serait responsable de la formation de l'œdème. La PIM est alors augmentée, induisant une baisse du drainage veineux et lymphatique de retour, ce qui intensifie l'œdème ainsi que le volume musculaire et crée ainsi un cercle vicieux. Ce dernier est majoré par une phase de relaxation courte voire inexistante. Seul l'arrêt de l'activité provoquera un retour à la normale. [15 ; 18 ; 20 ; 21 ; 23 ; 26 ; 27 ; 28].

La théorie métabolique est fondée sur une perturbation de l'osmolarité des secteurs interstitiels. Ce trouble provoquerait un œdème tissulaire dû à l'augmentation de la filtration capillaire des liquides intravasculaires. L'accumulation des lactates par augmentation du métabolisme anaérobie jouerait un rôle dans cette perméabilité capillaire mais n'a pas été encore prouvée scientifiquement. [15 ; 18 ; 20 ; 21 ; 23 ; 27 ; 28].

Enfin, une hypothèse ischémique est évoquée mais controversée. Une ischémie d'effort serait responsable d'un œdème réactionnel provoquant l'augmentation de la PIM. Les travaux de Heppenstall et Qvafordt se contredisent quant à l'oxygénation des tissus. Mais des études plus récentes, comme celles de Breit ou Abraham, semblent démontrer l'existence d'une ischémie d'effort [20 ; 21 ; 23 ; 27].

Retenons que, quelles que soient les hypothèses physiopathologiques et la localisation du syndrome (membre supérieur ou inférieur), l'augmentation de la PIM est à l'origine de ce trouble musculaire et entraîne un cercle vicieux hémodynamique, le risque étant le passage à la phase aiguë avec nécrose musculaire et neuropathie ischémique.

Citons qu'entre les phases chroniques ou aiguës du syndrome des loges, la différence réside dans le retour à la normale de la PIM, ainsi qu'une diminution des douleurs à l'arrêt de l'effort dans la phase chronique.

Nous pouvons alors nous poser plusieurs questions :

- Pouvons-nous agir sur les phénomènes physiologiques afin de traiter ou prévenir l'apparition d'un syndrome des loges d'effort ?
- Quelles techniques kinésithérapiques mettre en place pour prévenir ce syndrome ?
- Pouvons-nous proposer des exercices préventifs destinés aux pilotes moto ?
- Pouvons-nous proposer plusieurs techniques aux Masseurs-Kinésithérapeutes prenant en charge ce type de patient ?
- Pouvons-nous agir de façon plus globale sur des facteurs extrinsèques comme la position de conduite, la position des commandes, le choix de l'équipement, la nutrition et l'hydratation ?

## 7. BIOMÉCANIQUE DU MEMBRE SUPÉRIEUR

Nous nous intéressons aux mesures goniométriques du membre supérieur droit et développons principalement les articulations et muscles mis en jeu au niveau du segment antibrachial (coude/poignet/main). Ceci en raison d'une sollicitation plus importante due à l'utilisation répétitive de la commande des gaz et du frein avant, par rapport au membre supérieur gauche qui n'actionne que l'embrayage. Dans la littérature, certaines études ont été réalisées sur des pilotes et les mesures sont basées sur le membre supérieur droit [5 ; 12].

Ces valeurs ont été prises dans le but d'étudier la biomécanique lors des phases de freinage et d'accélération car nous n'avons pas trouvé d'étude nous permettant d'obtenir des valeurs d'angles articulaires.

Nous prenons comme référence la position du pilote sur une moto sportive. Les valeurs sont relevées sur deux sujets en position d'accélération et en position de freinage (annexe 3). En effet, les caractéristiques propres à chaque modèle de moto ainsi que les particularités morphologiques de chaque pilote, ont une incidence sur la position des articulations.

Nous pouvons constater que les mesures prises sur les deux sujets ne sont pas identiques. C'est pourquoi un réglage propre à chaque pilote est nécessaire tant en compétition qu'au niveau amateur, pour un confort et une ergonomie les plus appropriés.

Le pilote prend différentes positions pendant la course : la position d'accélération, dite aérodynamique pour les lignes droites, la position de freinage suivie de la position déhanchée pour les virages. La position lors des virages étant une phase dynamique où la moto est inclinée par rapport au sol, il est impossible de prendre des mesures en statique, c'est pourquoi nous n'avons aucune valeur goniométrique. Ces enchaînements de positions vont se répéter un grand nombre de fois pendant la course. Elles seront toujours les mêmes aux mêmes endroits car le schéma du circuit est identique à chaque tour. Dans une étude sur une équipe de 4 pilotes lors d'une course d'endurance de 24 heures, il a été constaté que ces pilotes ont cumulé 4 300 freinages et 10 800 changements de vitesses pendant cette course. Cela montre une répétition importante des gestes et les contraintes articulaires et musculaires associées [5].

## 7.1. Matériel et méthode

### 7.1.1. Méthode de recherche bibliographique

Les recherches bibliographiques ont été réalisées en utilisant les moteurs de recherche suivants : EM-Premium, Pub-Med, Google Scholar, PEDro, The Cochrane Library. Nous avons aussi cherché dans les bibliothèques universitaires de Lorraine. Nous avons retenu comme critères la pertinence du résumé concernant le thème du mémoire et la date de parution la plus récente possible.

Nous avons élargi nos recherches à l'ensemble des sports motorisés et aux pathologies associées étant donné le peu de littérature scientifique concernant le motocyclisme. De nombreux sites internet sont sources d'informations concernant ce sport mais seulement sur le plan mécanique et pratique.

Nous avons associé les mots-clefs suivants :

- En français : « motocyclisme » ; « pathologies » ; « avant-bras » ; « biomécanique » ; « syndrome des loges » ; « fascias » ; « anatomie ».
- En anglais : « motorcycle rider » ; « arm pump » ; « compartmental syndrome » ; « forearm » ; « biomechanical » ; « analysis ».



### 7.1.2. Population

Deux sujets masculins de 35 et 37 ans pratiquant la moto sur circuit depuis plus de 5 ans. L'un participe à une compétition nationale avec 3 à 6 journées d'entraînement/course par mois durant la saison (mars à octobre). L'autre pratique la moto loisir sur route quotidiennement ainsi que la moto sur circuit en entraînement, à raison d'une journée par mois environ de mars à octobre.

### 7.2. Matériel utilisé

Nous avons utilisé un appareil Jamar pour tester la force de préhension. Un goniomètre de Houdre pour les mesures des grosses articulations, un goniomètre de Balthazard pour le poignet et les doigts. Nous avons collé du ruban adhésif de couleur blanche, sur les repères osseux des sujets, préalablement repérés par palpation, ceci afin de nous faciliter la prise de mesure uniquement sur l'hémicorps droit. Les mesures sont relevées sur les sujets, qui sont installés sur une moto de type sportive équipée pour la compétition. La moto est posée sur une béquille d'atelier afin de reproduire la position d'une moto en ligne droite. Les pilotes se placent dans deux types de position : l'une en accélération et l'autre en freinage (annexe 3).

### 7.3. Prise de mesures

Pour la force de préhension, deux mesures ont été réalisées. Nous avons essayé de reproduire la position du membre supérieur lors du freinage (80°-90° de flexion d'épaule, coude tendu en pronation).

Une mesure pleine main pour quantifier la force maximale de préhension et l'autre avec seulement les doigts II et III pour imiter le geste du freinage des pilotes sont réalisées. 3 séries de 10 contractions (bras tendus, poings ouverts/poings fermés) sont effectuées au préalable pour échauffer et préparer le membre supérieur à la prise de mesure de la force maximale (des essais pour se familiariser avec l'appareil ont été réalisés quelques heures plus tôt), puis 3 essais avec une minute de repos entre chaque prise. Nous avons mesuré l'écart séparant la poignée de gaz du levier de frein que nous avons reporté au Jamar afin d'avoir les mêmes repères pour le pilote.

Les mesures goniométriques ont été relevées en utilisant les repères osseux (marqués avec du ruban adhésif blanc) pratiqués habituellement en kinésithérapie. Les mesures des articulations du membre inférieur droit ainsi que la distance menton-fourchette sternale ont été relevées pour montrer les incidences articulaires globales de la position du pilote dans les phases accélération et freinage.

#### 7.4. Étude biomécanique

##### 7.4.1. Phase d'accélération

La posture du pilote en ligne droite est une phase où il doit adopter une position d'efficacité maximale d'aérodynamisme [29]. Il s'agrippe au guidon pour résister aux fortes accélérations de la moto et aux forces extérieures qui s'exercent contre lui (figure 2).



**Figure 2** : position d'accélération en ligne droite

L'accélération provoque le transfert des masses du pilote et de la moto vers l'arrière. C'est pourquoi il doit contracter les muscles du membre supérieur pour résister [29 ; 32]. 80 kg de traction sont supportés par les mains pendant l'accélération [2]. Nous pouvons observer grâce aux mesures relevées (tableau I ; annexe 3), que le pilote est fortement incliné sur la moto pour réduire la prise au vent.

**Tableau I : mesures articulaires du sujet 1 en position d'accélération**

Articulation	Position	Mesure
Rachis cervical	Distance menton/fourchette sternale	21 cm
Épaule	Flexion	100°
Coude	Flexion	95°
	Pronation	75°
Poignet	Extension	55°
	Inclinaison Ulnaire (IU)	15°
M-P du I, II, III, IV, V	Flexion	50°, 80°, 90°, 90°, 95°
IPP du I, II, III, IV, V	Flexion	50°, 80°, 70°, 70°, 65°
IPD du II, III, IV, V	Flexion	50°, 50°, 45°, 40°

La tête est en extension (distance menton/fourchette sternale de 21 cm). Les membres supérieurs sont collés au corps et fléchis (épaule à 100° de flexion, coude à 95° de flexion et 75° en pronation), la poignée de gaz est tournée au maximum et place ainsi le poignet en extension (55°) avec une légère inclinaison ulnaire (15°). Les doigts I à V sont en flexion sur la poignée par une préhension palmaire à pleine paume (prise de force). Les membres inférieurs sont collés à la moto, avec une flexion de hanche (140°) et de genou (120°) importante. La cheville est en flexion dorsale (15°). Nous analysons seulement les articulations et muscles mis en jeu au niveau de l'avant-bras.

Selon les mesures articulaires relevées dans cette position, nous constatons que le poignet se trouve en extension et inclinaison ulnaire (IU). Physiologiquement, l'orientation de la glène radiale favorise une position de flexion et d'inclinaison ulnaire [14 ; 30 ; 31]. L'orientation inverse des axes radio-carpiens (oblique d'arrière en avant et de dehors en dedans) et medio-carpiens explique que les mouvements du poignet associent flexion/inclinaison ulnaire et extension/inclinaison radiale.

Or, dans la position du sujet 1, les amplitudes relevées indiquent une position d'instabilité articulaire. Pour stabiliser l'articulation dans cette position, les muscles doivent fournir un travail plus important par rapport à une position moins contraignante.

La position idéale serait une prono-supination intermédiaire, associée à une légère extension (30° serrage des doigts optimal) et IU du poignet. En effet, cette position utilisant l'effet thénodèse, garantit une bonne stabilité de l'articulation radio-carpienne et une force optimale de préhension [30].

Il faut noter aussi que la position du poignet du sujet n'est pas constante car la poignée des gaz est gérée par des mouvements de flexion/extension du poignet sur un débattement articulaire d'environ 60° (en fonction du type de poignée). Ce mouvement crée une sollicitation supplémentaire des extenseurs/fléchisseurs du carpe.

Nous relevons également que les FPD et FSD sont activés pour supporter la traction de la puissance de la moto mais qu'une synergie musculaire de tous les muscles est nécessaire pour résister. Dans une étude de M. Marina [12], un groupe contrôle composé de personnes n'ayant aucun rapport avec le monde motocycliste, a effectué le même geste que des pilotes chevronnés. Contrairement aux pilotes, le groupe contrôle n'effectuerait pas de co-activation synergique musculaire naturellement. C'est lors d'une fatigue importante que ce groupe témoin recrute les autres muscles pour résister aux contraintes, à l'inverse des pilotes entraînés qui activent cette synergie musculaire automatiquement.

Physiologiquement, pour résister à une traction, nous prenons la position de coude fléchi en supination où les muscles Biceps brachial et Brachial jouent un rôle important [30]. Or, dans cette position, le coude est en pronation ; de ce fait, les épicondyliens médiaux vont être plus sollicités. De plus, la répétition de l'alternance freinage/accélération pendant 30 à 60 minutes vient s'ajouter aux contraintes et laisse peu de phases de relaxation musculaire (lien avec l'hypothèse hémodynamique du SDLC).

#### 7.4.2. Phase de freinage

La phase de freinage doit être brève et puissante. C'est elle qui conditionne l'entrée en courbe de l'ensemble moto/pilote et sa bonne position dans le virage [29 ; 32]. Le transfert de masse s'effectue vers l'avant et, pour résister, le pilote se redresse brusquement (effet aérofrein) et tend ses coudes pour contrer ces forces (figure 3).



Figure 3 : position du pilote lors d'un freinage

Pour un pilote de 65 kg sur une moto lancée à 200 km/h, chaque main supporte 42 kg de pression [2]. Il est conseillé de freiner avec les doigts II et III mais certains pilotes effectuent des freinages pleine main ou avec les doigts IV et V [29 ; 32]. Les mesures goniométriques nous donnent les valeurs suivantes (tableau II).

Tableau II : mesures articulaires du sujet 1 en position de freinage

Articulation	Position	Mesure
Rachis cervical	Distance menton/fourchette sternale	19 cm
Épaule	Flexion	90°
Coude	Flexion	5°
	Pronation	85°
Poignet	Extension	35°
	Inclinaison Radiale	10°

Articulation	Position	Mesure
M-P du I, II, III, IV, V	Flexion	50°, 45°, 50°, 90°, 95°
IPP du I, II, III, IV, V	Flexion	50°, 30°, 40°, 70°, 65°
IPD du II, III, IV, V	Flexion	50°, 65°, 45°, 40°

Le pilote est redressé. Les épaules sont fléchies à 90°. Les coudes sont tendus (5° de flexion pour le sujet 1 et tendus complètement pour le sujet 2). Le poignet est moins en extension que dans la phase précédente (35°) mais on observe une inclinaison Radiale de 10°.

Le sujet prend appui sur les loges thénar et hypothénar, les doigts II et III sont sur le levier de frein et exercent une pression. Les doigts IV et V ainsi que le pouce sont toujours fléchis sur la poignée d'accélération pour garder un contrôle des gaz et verrouiller la prise. Cette position est physiologique (coude de force) pour faire passer les contraintes de compressions [30 ; 33]. Au niveau du poignet, les contraintes passent par le radius en majorité (60 à 90 % variable selon la position du poignet). Au niveau du coude, les forces passent par l'ulna.

C'est la MIO qui permet la transmission des forces entre le radius et l'ulna [19]. De plus, le mouvement de pronation est limité par la rencontre des masses charnues des muscles de la loge antérieure [30]. Ces informations permettent d'aller dans le sens de l'hypothèse mécanique du SDLC.

Nous avons vu dans le paragraphe précédent la position optimale pour un serrage des doigts performant. La position du freinage du sujet 1 est efficace pour absorber les contraintes mais pas pour un serrage des doigts puissant. Cela va induire un effort supplémentaire pour les fléchisseurs des doigts. L'action sur le frein avant ne peut pas être une contraction volontaire maximale car elle entraînerait un blocage de la roue avant provoquant la chute du pilote. La force développée et la durée de contraction sur le levier de frein sont variables selon les besoins et les sensations du coureur [5].

## 8. HYPOTHÈSES KINÉSITHÉRAPIQUES

En nous appuyant sur la physiopathologie du SDLC, nous allons décrire plusieurs techniques kinésithérapiques susceptibles, grâce à leurs effets, de prévenir l'apparition de douleurs et/ou le déclenchement du syndrome compartimental d'effort. Nous focaliserons nos techniques et exercices sur les membres supérieurs bien que la prise en charge du pilote doit être globale.

En effet, nous avons vu que les nombreuses sollicitations musculaires et articulaires de l'ensemble du corps, et le travail cardio-vasculaire qui en résulte, suggèrent une prise en charge complète. C'est pourquoi nous rappellerons certains aspects physiologiques de l'activité physique appliqués à la pratique de la moto de vitesse.

Le pilote est dans une position de travail musculaire statique, avec peu de phases mobiles (seule la position, lors de la phase de virage, induit un décalage du pilote par rapport à l'axe de la moto provoquant des changements de positions articulaires). Ce travail isométrique de l'ensemble du corps provoque alors un travail cardio-vasculaire important [3 ; 34 ; 35].

Une étude sur des pilotes féminins a montré l'intensité extrême de l'effort en relevant les fréquences cardiaques (FC) lors d'une compétition. Ces fréquences cardiaques sont environ 85 % de la FCmax durant toute la course (30 minutes) avec des pics pouvant dépasser la FCmax [35].

Généralement, les valeurs mesurées chez les athlètes de sports mécaniques (voiture, moto) fluctuent entre 170 et 200 pulsations par minute. Les auteurs de cette étude ont aussi pris des mesures concernant les lactates dans le sang et ont observé des valeurs importantes.

Ce qui prouve que la demande métabolique dans ce type d'exercice est conséquente. De plus, les résultats élevés de lactates vont dans le sens de la théorie métabolique concernant le déclenchement du SDLC. Nous trouvons des valeurs proches dans une étude portant sur les contraintes physiologiques et psychologiques supportées par les pilotes automobiles [36].

En effet, nous pouvons comparer ces 2 disciplines. Les pilotes automobiles effectuent un travail isométrique et ont les mêmes contraintes extrinsèques (forces G, équipement, chaleur et déshydratation, appui sur les membres supérieurs, préhension du volant, vibrations) que le pilote moto.

Le travail musculaire statique a plusieurs incidences sur l'appareil cardio-vasculaire. La fréquence cardiaque accélère brutalement, la pression intra-thoracique augmente, le débit cardiaque n'augmente pas de façon appropriée parallèlement à la consommation d'oxygène ( $VO_2$ ). Les pressions artérielles systolique, diastolique et moyenne augmentent fortement, les résistances systémiques sont accentuées [37]. Ces facteurs font le lien avec les différentes hypothèses physiopathologiques du SDLC et notamment dans la théorie hémodynamique.

Les contraintes extérieures telles que la vitesse, le casque intégral, le vent, l'équipement, la chaleur, les forces G lors des accélérations, décélérations et virages s'ajoutent au travail cardio-vasculaire. Cela entraîne des difficultés pour respirer et assurer une bonne oxygénation des tissus, favorisant la fatigue musculaire précoce et les troubles cognitifs [3 ; 34 ; 36].

C'est pourquoi la pratique de ce sport nécessite une bonne préparation physique avec un entraînement adéquat. Le travail en endurance pour résister à l'effort est alors conseillé [2 ; 10].

## 9. PROPOSITIONS DE KINÉSITHÉRAPIE PRÉVENTIVE

Ces propositions s'adressent aux pilotes moto de tous niveaux, ainsi qu'aux masseurs-kinésithérapeutes qui pourraient prendre en charge ce type de patient. Nous proposons également des conseils et exercices préventifs à appliquer pendant la pratique afin de diminuer les douleurs, éviter d'éventuelles blessures et retarder l'apparition d'un SDLC. Nous détaillons les techniques pour le masseur-kinésithérapeute qui prend en charge le pilote, à effectuer sur le circuit ou sur son lieu d'exercice.



### 9.1. Échauffement du pilote

Avant la course ou la séance d'entraînement, un échauffement est nécessaire. Il est important dans la prévention des blessures mais souvent négligé dans le milieu amateur. Nous avons vu que l'appareil cardio-vasculaire était très sollicité. L'augmentation progressive de la fréquence cardiaque et respiratoire permet d'accroître les débits cardiaque et respiratoire. Le sang est redirigé vers les territoires en activité et, ainsi, les échanges (gazeux, métaboliques) sont améliorés. Il se produit une élévation de la température centrale et musculaire changeant les propriétés du muscle (visco-élasticité, tonus) [38 ; 39].

Les différentes théories sur les étirements à l'heure actuelle [38 ; 40 ; 41 ; 42 ; 43] ne nous permettent pas d'affirmer leurs bienfaits sur la prévention des blessures, la performance ou la récupération sportive. C'est pourquoi nous ne les incluons pas dans notre échauffement, le pilote en fera selon ses habitudes ou s'il en ressent le besoin.

Dans les championnats amateurs, rares sont les pilotes qui bénéficient d'une équipe technique pour les assister. Ils doivent tout gérer, de l'installation du « paddock » (lieu où le pilote peut travailler sur sa moto, manger, se reposer) à la préparation de la moto, et le passage au contrôle technique. L'échauffement est souvent négligé car il est l'heure d'entrer en piste après cette préparation, c'est pourquoi il se doit d'être rapide et efficace.

#### 9.1.1. Proposition d'échauffement

Le pilote effectue :

- 5 à 10 minutes de footing (ou vélo si disponible) en aisance respiratoire
- Préparation des muscles et articulations du membre supérieur
- Mouvements lents en circumduction du rachis cervical
- Hydratation.

### 9.1.2. Exemples d'exercices musculaires et articulaires pour le membre supérieur et le rachis cervical

Ces exercices sont des exemples d'échauffement mais il existe une multitude d'exercices différents. Ils peuvent se faire, avant ou après la mise en place de la tenue de pilote (combinaison, bottes...). Toutefois, les mouvements du rachis cervical sont à effectuer de préférence sans casque car celui-ci diminuerait les amplitudes articulaires disponibles.

-Exercice 1 :

- **Position initiale** : le sujet est debout, épaule à 90° de flexion et coudes tendus en pronation, poignet en rectitude avec doigts en abduction. Fermer le point au maximum puis ouvrir la main et les doigts dans l'amplitude articulaire maximale disponible. Exécuter 5 répétitions à vitesse lente puis 2 séries de 10 répétitions rapides. Nous pouvons varier l'exercice en prenant un objet de type manche à balai. Les mains se referment sur le manche en alternance, le but est de faire tourner le bâton dans ses mains pour associer flexion et extension des poignets (annexe 4).

-Exercice 2 :

- **Position initiale** : sujet debout, épaules et coudes en flexion pour avoir les mains à hauteur du visage. Les faces palmaires des mains sont jointes et les doigts sont croisés. Réaliser des mouvements de circumduction active des poignets. Répéter 10 mouvements en rotation horaire et 10 mouvements en rotation anti-horaire. La vitesse d'exécution est lente et nous recherchons les amplitudes articulaires disponibles (annexe 4).

-Exercice 3 :

- **Position initiale** : sujet debout, bras le long du corps ou mains sur les hanches. Réaliser 5 mouvements de flexion/extension du rachis cervical, 5 mouvements de rotation droite/gauche, 5 mouvements de circumduction dans le sens horaire puis 5 dans le sens anti-horaire. Manœuvres à réaliser dans les amplitudes articulaires disponibles à vitesse très lente.

Les MI seront sollicités pendant la phase de footing ou de vélo. Des exercices spécifiques peuvent être appris au pilote s'il le demande, il pourra les exécuter s'il en ressent le besoin.

## 9.2. Techniques Masso-Kinésithérapiques [44]

### 9.2.1. Drainage Lymphatique Manuel (DLM)

Avant l'application des techniques, nous veillerons à l'absence de contre-indications et concentrerons notre bilan sur la partie douloureuse définie par le pilote.

Comme nous l'avons vu dans les rappels physiopathologiques, le SDLC provoque une diminution du retour veineux et lymphatique. Ces deux systèmes étant liés, nous pensons que cette technique s'avère pertinente pour améliorer le retour lymphatique et ainsi diminuer l'œdème tissulaire.

Le drainage doit être suivi d'une contention pour être efficace, il ne pourra être réalisé qu'après l'effort et sera utilisé comme traitement préventif de fond après chaque week-end de course.

- **Méthode** : nous devons vérifier dans le bilan si nous avons affaire à un système lymphatique sain ou anarchique. Considérons-nous en présence d'un système sain.

Le sujet est en décubitus. Le bras est placé sur le côté en légère déclive (10°-15°). Le M-K se tient du côté homolatéral à traiter. Les doigts du thérapeute se déroulent du V vers le II dans le sens disto-proximal en appliquant une légère traction sur les téguments :

- Drainer la voie de Mascagni (sillon Delto-Pectoral)
- Drainer faces antérieure et postérieure du bras
- Drainer faces latérales du coude et 1/3 supérieur de l'avant-bras
- Drainer faces antérieure et postérieure des 2/3 inférieurs de l'avant-bras
- Drainage de la face dorsale de la main
- Appliquer une contention et une compression.

### 9.2.2. Massage

Le massage va regrouper plusieurs manœuvres dont l'action sera différente. Mais l'effet global recherché sera la décontraction et la diminution de la douleur du sportif. Nous utilisons les manœuvres à visée circulatoire (pressions glissées, étagées, statiques), elles auront pour but de favoriser le retour veineux mais aussi de favoriser les échanges et le transport des nutriments aux muscles. Nous combinons avec des techniques agissant sur les contractures (pétrissages profonds, frictions, traitements des tissus musculo-aponévrotiques) après une mise en course interne du muscle. Nous recherchons la détente musculaire par des secousses et ébranlements et mobilisons passivement les différents segments de membres. Nous levons les tensions musculaires en utilisant les techniques de tenu-relâché après mise en course externe du muscle. Les massages peuvent être pratiqués entre les courses si le pilote dispose d'un kiné, sinon après l'effort. Toujours dans l'optique de favoriser la prévention du SDLC, nous pouvons aussi agir sur d'autres parties du corps si le pilote en ressent le besoin.

- **Méthode** : le sujet est en décubitus. Le bras est placé sur le côté en légère déclive (10°-15°). Le M-K se tient du côté homolatéral à masser. Masser globalement le membre supérieur et cibler les régions douloureuses décrites par le patient. Les repérer par palpation et agir en utilisant les techniques traditionnelles décrites ci-dessus.

### 9.2.3. Étirements

L'utilisation des étirements reste controversée dans le milieu sportif [40 ; 41 ; 42 ; 43]. Mais, pour cette pathologie, le but des étirements est d'assouplir les structures musculo-aponévrotiques afin de ne pas rendre les loges exigües et favoriser l'épaississement des fibres de collagènes suite aux contraintes du pilotage (théorie mécanique).

3 séances par semaine semblent nécessaires en période d'entraînement à raison de 15 à 30 secondes de maintien par groupe musculaire et répétées 2 à 3 fois. Placer la première séance au moins 36 heures après les épreuves et la dernière 12 heures minimum avant une prochaine séance [43]. Il apparaît judicieux d'éviter de faire une séance juste avant le pilotage car les muscles sont fortement sollicités.

En effet, les qualités proprioceptives des muscles pourraient être diminuées. [40 ; 43]. Mais il faut tenir compte du ressenti et des habitudes du sportif. Celui-ci peut avoir le besoin ou l'habitude d'en pratiquer avant ou entre les sessions de pilotage.

- **Méthode** : exemple pour les fléchisseurs du membre supérieur. Le sujet est en décubitus avec le membre supérieur en dehors de la table. Le M-K est du côté homolatéral du membre à étirer. Le M-K amène passivement en amplitude articulaire maximale en extension d'épaule, extension de coude, extension de poignet et des doigts. Puis sur un mode continu à vitesse lente, emmène en étirement maximal.

-Exercice d'auto-posture pour étirer les épicondyliens médiaux :

- **Position initiale** : position de quadrupédie. Les épaules sont fléchies et en rotation externe. Les coudes sont tendus et en supination. Les poignets en extension et les doigts en direction des genoux. Le pilote se place en position d'aisance puis va essayer d'amener le bassin en direction des talons à vitesse lente. Il essaie de garder la posture de 2 à 5 minutes dans la limite de sa douleur (annexe 4).

Le M-K prenant en charge le patient dans son cabinet pourra utiliser des appareils tels que les ultra-sons, l'électrothérapie, la cryothérapie dont nous ne développerons pas les modalités.

#### 9.2.4. Hydratation, diététique et conseils

Comme nous l'avons vu, le pilote possède un équipement contraignant sur le plan cardiovasculaire et thermique. De plus, si les conditions météorologiques sont défavorables (chaleur et humidité), les risques de déshydratation et d'hyperthermie sont importants. Rappelons que le pilote ne peut s'hydrater et se nourrir pendant la course. Certains utilisent des poches à eau pour boire pendant l'effort mais cela n'est possible qu'en ligne droite et reste peu fréquent.

Le sportif a besoin d'un apport d'eau à la fois riche en sodium et potassium (électrolytes perdus lors de l'effort prolongé). La présence de bicarbonates pour tamponner l'acidose générée par l'effort a démontré ses effets positifs lors de l'étude de R. Richard et Al. [45] (lien avec la théorie métabolique du SDLC). Un apport d'hydrates de carbone alimentera les réserves énergétiques utilisées pendant l'exercice.

Les boissons de l'effort semblent indiquées pour regrouper tous ces éléments à la fois. Il existe des eaux plates ou gazeuses riches en minéraux tout aussi efficaces. Il faudra rappeler au sportif de s'hydrater régulièrement (toutes les 20 minutes) et ne pas attendre la sensation de soif [45 ; 46].

## 10. DISCUSSION

### 10.1. Traitement

Tous les auteurs s'accordent à dire que l'évaluation du SDLC est difficile et repose principalement sur la mesure de la PIM. Lorsque le diagnostic est posé, le seul traitement performant est chirurgical. Il consiste en une aponévrotomie à ciel ouvert ou sous-cutanée par endoscopie de la loge atteinte (le plus souvent la loge antérieure) [13 ; 15 ; 16 ; 18 ; 20 ; 21 ; 22 ; 23 ; 24 ; 25 ; 26 ; 27 ; 28].

Les traitements comme le massage circulatoire, le drainage lymphatique, les étirements, n'ont pas permis de prouver une réelle efficacité. Blackman et Al. ont testé la thérapie par le massage et les étirements sur sept coureurs atteints d'un SDLC aux jambes et n'ont vu aucune diminution de la PIM alors que les coureurs constataient une baisse de la douleur à l'effort. Plusieurs techniques de physiothérapie (électrothérapie, mobilisations, stretching, massages) ont été réalisées et n'ont démontré aucune modification lors de la prise en charge [22 ; 23]. Cela tend à dire que le traitement kinésithérapique sur un SDLC installé n'est guère efficace mais le manque d'étude ne nous permet pas de l'affirmer. Une recherche sur une population de pilotes souffrant de ce syndrome serait intéressante à réaliser. Elle nécessiterait un nombre suffisant de sujets pour obtenir des résultats significatifs.

## 10.2. Prévention

La seule possibilité d'éviter la chirurgie est la réduction, voire l'arrêt de la pratique sportive ce qui paraît impossible pour un athlète. Il semblerait judicieux d'insister sur un traitement préventif afin d'éviter l'installation du SDLC et son passage à la forme chronique.

Un entraînement musculaire adapté, de type endurance, serait plus approprié pour éviter de densifier les aponévroses et d'accroître le volume musculaire, comme le ferait un travail en force type concentrique [15]. Certains pilotes pratiquent le travail musculaire concentrique par habitude ou se transmettent des exercices entre sportifs pensant être efficaces. L'entraînement concentrique se révèle inadapté à cette pratique, contrairement à un travail spécifique d'endurance afin de recruter les fibres musculaires de types I et IIa.

Nous pourrions participer à plusieurs journées en compagnie de pilotes afin d'éprouver les hypothèses kinésithérapiques citées précédemment, selon un protocole précis incluant nos propositions. Une possibilité serait d'étudier un groupe composé de pilotes classés par niveau, face à un groupe témoin, en relevant différentes valeurs et informations :

- Comparer la force maximale volontaire en début et en fin de journée
- Relever une centimétrie des avant-bras effectuée en début et fin de journée
- Élaborer un questionnaire permettant de mettre en évidence la douleur évaluée sur une échelle visuelle analogique (EVA), mesurée avant et après traitement
- Objectiver les amplitudes articulaires du poignet en flexion/extension avant et après l'effort
- Comparer des techniques telles que le traitement des structures aponévrotiques, le massage ou les étirements afin de déterminer si une en particulier se révèle plus efficace qu'une autre.

Nous avons mis en évidence que cette discipline sportive met à rude épreuve l'appareil cardio-vasculaire. De nombreux facteurs sont à l'origine de cette surcharge de travail cardio-vasculaire : l'équipement, la chaleur, les forces extérieures, le travail musculaire isométrique, la déshydratation, et peuvent favoriser l'apparition d'un SDLC (théories métabolique et hémodynamique). La prise en charge préventive passe aussi par un travail en endurance de type aérobie afin de supporter les fréquences cardiaques élevées.

Lors de la prise en charge par le M-K sur son lieu d'exercice ou sur le circuit de vitesse, il est important de cibler l'anamnèse du patient avec des éléments qui vont interférer avec leur pratique sportive : métier, sport pratiqué, antécédents. Si sa profession s'avère être une activité manuelle en force, ce type de patient pourrait déclencher plus rapidement un SDLC. Le traitement sera mis en place et les conseils devront être appropriés.

Les explications physiopathologiques, avec les risques encourus, sont importantes à fournir au pilote, afin qu'il puisse adhérer à l'idée de suivre les conseils et appliquer le programme d'exercices proposé.

### 10.3. Ergonomie

Nous avons évoqué et décrit le couple pilote/moto. Cela pourrait être un aspect ergonomique important à envisager et à travailler dans la prévention du SDLC. Nous avons vu la position idéale des avant-bras. Seule la prono-supination intermédiaire semble impossible à obtenir du fait de la conception des véhicules. Nous pourrions évaluer et modifier avec le pilote les différents réglages permettant de jouer sur la position des poignées, des leviers de freins et d'embrayage, la hauteur du guidon, la taille des poignées adaptée à la main du pilote pour une préhension idéale. Ces modifications intéressent aussi les membres inférieurs avec les cales pieds et leur orientation, le réglage des suspensions.

De même, la correction ou l'atténuation d'un mauvais geste technique est envisageable. Par exemple, stabiliser la moto avec une pression en adduction des membres inférieurs sur le réservoir permettrait dans les lignes droites de moins solliciter les fléchisseurs des doigts [15]. Des stratégies différentes de pilotage sont à envisager et essayer avec le pilote.

### 10.4. Limites de l'étude

Le SDLC, au niveau des avant-bras, est une pathologie peu décrite dans la littérature. Au cours de nos recherches, nous n'avons trouvé aucune étude rapportant le fait d'une prise en charge kinésithérapique que ce soit en amont ou lors d'un SDLC installé. Le manque d'articles et de données sur le sujet ne nous permet pas d'affirmer que le traitement kinésithérapique soit efficace une fois cette pathologie installée.



Les mesures articulaires relevées nous ont permis d'analyser la biomécanique des articulations du membre supérieur droit en nous focalisant sur le coude, le poignet et les doigts. En effet, nous n'avons trouvé aucune étude ou article concernant la biomécanique du pilote moto. De manière générale, la littérature sur le motocyclisme est peu fournie et les études scientifiques encore moins nombreuses, ce qui nous a limité dans nos recherches.

Les 2 sujets présentent certaines mesures articulaires sensiblement identiques et d'autres varient de 10° à 20°. Ces différences mettent en évidence les caractéristiques morphologiques de chacun. De plus, la moto de référence est la moto personnelle d'un des deux sujets, réglée de façon optimale à sa morphologie. Il faudrait relever à nouveau des mesures goniométriques de chaque sujet sur leur moto respective pour observer d'éventuelles modifications d'amplitude.

La goniométrie a été effectuée dans une position statique, par le même opérateur et est précise à 5° près, il se peut que certaines valeurs soit incorrectes. Il est probable qu'en dynamique et avec le port de l'équipement, les positions articulaires ne soient pas identiques. L'idéal serait de le vérifier avec des capteurs enregistrant les positions angulaires à chaque instant, ce qui permettrait d'étudier en plus la phase de prise de virage.

## 11. CONCLUSION

Nous avons étudié les mécanismes d'installation du SDLC et les différentes hypothèses physiopathologiques sont encore mal comprises. Les étiologies sont nombreuses d'où l'importance du bilan diagnostique kinésithérapique du M-K. Celui-ci doit s'interroger sur la meilleure façon d'aborder la prise en charge d'un pilote moto. En théorie, les hypothèses kinésithérapiques de prise en charge pourraient être bénéfiques quant aux effets physiologiques apportés sur un SDLC diagnostiqué. Le manque d'études et de travaux de recherche ne nous permet pas d'affirmer, qu'en pratique, la masso-kinésithérapie trouve sa place dans le traitement symptomatique. La littérature signale que seul le traitement chirurgical reste efficace.

La masso-kinésithérapie effectuée en prévention et à plusieurs niveaux semble être appropriée. Nous pouvons agir sur les structures anatomiques et les phénomènes physiologiques, l'ergonomie et la position du pilote, mais aussi sa façon de s'entraîner, son hygiène de vie. Le niveau de pilotage est un facteur important à prendre en compte, plus l'entraînement est intense, plus le risque de développer un SDLC est élevé. Des travaux de recherche pour vérifier ces hypothèses seraient à réaliser afin de vérifier ces suggestions et aussi enrichir une littérature pauvre dans ce domaine.

En conclusion, nous avons constaté que cette pratique sollicite fortement le sportif sur plusieurs points : cardio-respiratoire, musculo-squelettique, thermique, cognitif. De nombreux facteurs peuvent induire un SDLC et la prise en charge kinésithérapique de cette pathologie ne se limite pas simplement à agir sur les symptômes douloureux des membres supérieurs. Le rôle du M-K doit passer par un travail préventif et une prise en charge globale.

# Bibliographie

- [1]. MARCY, Rémi. L'entraînement moto - FFM/DTN - 2012 - v. 1.1 - ©FFM\* Site de la Fédération Française de Motocyclisme : <http://www.ffmoto.org> (page consultée le 30/03/2015).
- [2]. FOLCH D. Super-cross de Paris-Bercy. Médecins du sport 2002-55-p.7-11.
- [3]. GIRARD O, RACINAIS S, CECCHINELLO L, GRANTHAM J. Monitoring moto gp rider's physiological strain : a role for the sport scientist ? ASPETAR Sports Medicine Journal 2014; 362-365.
- [4]. ROBERT, Jean-François. Technique moto GP : voyage aux limites de la physique - 2013 - <http://www.lerepairedesmotards.com/technique/decryptage-motogp.php> (page consultée le 30/03/2015).
- [5]. MARINA M, PORTA J, VALLEJO L, ANGULO R. Monitoring hand flexor fatigue in a 24-h motorcycle endurance race. Journal of Electromyography and Kinesiology 21 (2011) 255-261.
- [6]. BALZAT, Bruno. Les différentes disciplines moto. In Tout sur la moto [En ligne]. <http://www.toutsurlamoto.com/extreme.html> (page consultée le 30/03/2015).
- [7]. Les combinaisons, les casques. In Les protections du pilote moto [En ligne]. <http://www.motogp.com/fr/MotoGP+Basics> (page consultée le 30/03/2015).
- [8]. DORET, Jean-Philippe. 24 Heures du Mans moto : l'équipement du pilote, septembre 2014. [http://www.24h-moto.com/fr/actualites/24-heures-moto-2014-l-equipement-du-pilote\\_4\\_1\\_1998\\_17060.html](http://www.24h-moto.com/fr/actualites/24-heures-moto-2014-l-equipement-du-pilote_4_1_1998_17060.html) (page consultée le 30/03/2015).
- [9]. TOMIDA Y, HIRATA H, FUKUDA A, TSUJII M, KATO K, FUJISAWA K, UCHIDA A. Injuries in elite motorcycle race in Japan. Br J Sports Med 2005; 39: 508-511.
- [10]. LINE. Dossier : la récupération des pilotes moto. Mai 2013. <http://www.offbikes.com/dossier-la-recuperation-rapide-des-pilotes-moto-partie-i-chute-blessures-et-soins-immmediats.html> (page consultée le 30/03/2015).
- [11]. CONRARD Sophie. Portrait: Bernard ACHOU, le kiné des pilotes. Kineactu 2012 - 1295-p.8.

- [12]. MARINA M, TORRADO P, BUSQUETS A, RIOSS J.G, ANGULO-BARROSO R. Comparison of an intermittent and continuous forearm muscles fatigue protocol with motorcycle riders and control group. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 23 (2013) 84-93.
- [13]. GOUBIER J.N., SAILLANT G. Chronic compartment syndrome of the forearm in competitive motor cyclists: a report of two cases. *Br J Sports Med* 2003; 37; 452-454.
- [14]. DUFOUR M. Anatomie de l'appareil locomoteur : membre supérieur. 2ème édition. Issy-les-Moulineaux. 2007 Elsevier Masson. ISBN: 978-2-294-08056-2
- [15]. FONTES D, CLEMENT R, ROURE P. Technique de l'aponévrotomie endoscopique dans les syndromes de loges chroniques d'effort à l'avant-bras. *Arthroscopie* 2<sup>e</sup> édition © 2006 Elsevier SAS. p. 546-554
- [16]. JEFFREY B. FRIEDRICH, ALEXANDER Y. SHIN. Management of Forearm Compartment Syndrome. *Hand Clin* 23 (2007) 245-254.
- [17]. BIENFAIT M. Fascias et Pompages. Paris. SPEK 1995. ISBN : 2-910678-31-8
- [18]. KOUVALCHOUK J.F, WATIN AUGOUARD L, DUFOUR O, COUDERT X, PASZKOWSKI A. Le syndrome d'effort chronique des loges antérieures de l'avant-bras. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologie* 1993- Volume 79-n°5 ; p.351
- [19]. SOUBEYRAND M, LAFONT C, DE GEORGES R, DUMONTIER C. Pathologie traumatique de la membrane inter-osseuse de l'avant-bras. *Chirurgie de la main* 26 (2007) ; 255-277.
- [20]. BONNEVIE L, CLEMENT R, LARROQUE P, FONTES D, GARCIN J-M, CHANUDET X. Syndrome des loges. *EMC - Angéiologie* 2004 :1-10 [Article 19-1590].
- [21]. LETENNEUR J, PIETU G. Syndrome des loges. *EMC (Elsevier SAS, Paris), Appareil locomoteur*, 15-110-A-10,2005.
- [22]. MATTHEW R. BONG, DANIEL B. POLATSCH, LAITH M. JAZRAWI, ANDREW S. ROKITO. Chronic Exertional Compartment Syndrome, Diagnosis and Management. *Bulletin-Hospital for joint Diseases* 62 (2005) numbers 3 & 4.
- [23]. LECOCQ J, ISNER-HOROBETI M.E, DUPEYRON A, HELMLINGER J.L, VAUTRAVERS P. Analyses de la littérature : le syndrome de loge d'effort. *Annales de réadaptation et de médecine physique* 47 (2004) 334-345.
- [24]. BOUTTENS D. Syndrome de loge chronique de l'avant-bras : proposition d'un test de provocation. À propos de deux observations. *Science & sport* 2001 ; 16 : 92-4.
- [25]. THOR A. SÖDERBERG. Bilateral chronic compartment syndrome in the forearm and the hand. *J Bone Joint Surg [Br]* 1996 ; 78-B : 780-2.

- [26]. BROWN J.S, WHEELER P.C, BOYD K.T, BARNES M.R, ALLEN M.J. Chronic exertional compartment syndrome of the forearm : a case series of 12 patients treated with fasciotomy. *Journal of Hand Surgery-European Volume*, 2011 – 36E (5). p. 413-419.
- [27]. VENET G, PIETU G, LETENNEUR J. Les syndromes de loges chroniques de jambe. *J. Traumatol. Sport* 2002, 19, 27-36.
- [28]. GODON B, CRIELAARD J.M. Syndrome des loges en traumatologie du sport. *Rev Med Liege* 2005 ; 60 : 2 : 109-116.
- [29]. WAIBE, David. Leçons de pilotage. Janvier 2009. [http://www.sport-bikes.fr/lecon-de-pilotage-1---la-position\\_a68\\_c39.html](http://www.sport-bikes.fr/lecon-de-pilotage-1---la-position_a68_c39.html) (page consultée le 30/03/2015).
- [30]. DUFOUR M., PILLU M. Biomécanique fonctionnelle : membres, tête, tronc. Issy-les-Moulineaux. 2006 Elsevier Masson. ISBN: 2-294-08877-8.
- [31]. J. GRIFFET, F. BASTIANI. Biomécanique des os du poignet. *Ann. Kinésithér.*, 1985, t. 12, n° 6, pp. 291-30
- [32]. REVEL, Simon. Techniques de pilotage. In *Techniques de pilotage en moto*. [En ligne] <http://www.techniques-pilotage.fr/techniques-pilotage-moto.html> (page consultée le 30/03/2015).
- [33]. MARTINEZ C. Le coude et l'avant-bras : anatomie fonctionnelle de la flexion-extension et de la prono-supination. *Ann. Kinésithér.*, 1985, t. 12, n° 6, pp. 273-290.
- [34]. EDWARD S, POTKANOWICZ & RONALD, MENDEL W. The Case for Driver Science in Motorsport: a Review and recommendations. *Sports Med* July 2013, Volume 43, Issue 7, pp 565-574; DOI 10.1007/s40279-013-0040-2 ; ISSN 0112-1642.
- [35]. D'ARTIBALE E, TESSOITORE A, TIBERI M, CAPRANICA L. Heart rate and blood lactate during officiale female motorcycling competitions. *Int JSports Med* 2007 ; 28 : 662-666.
- [36]. BACKMAN J. ACUTE NEUROMUSCULAR RESPONSES TO CAR RACING. 2005. 26 p. Master. University of Jyväskylä.
- [37]. MEMETEAU D. L'effort statique et la réadaptation à l'effort du coronarien. *J. Réadapt. Méd*, 1999, 19, n° 1, pp. 19-22.
- [38]. PREVOST P. L'échauffement: une nouvelle approche, analyse (physiologique et biomécanique) et conseils de terrain pour une organisation optimale de l'échauffement. *Gym'Technic* 2001; 35; 1-7.
- [39]. PROVOT M, LEDUNOIS S, PUJO M, THIEBAUT F.X. Kinésithérapie d'entraînement et de préparation sportive. *Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation* [26-201-A-10].
- [40]. SIMMERMANN B. Intérêts des étirements musculaires sur la prévention des courbatures au sein d'une population de sportifs. 2006 30 p. Diplôme d'état Masseur-Kinésithérapeute. IFMK Nancy.

- [41]. BOUDENOT A, JAFFRE C, PORTIER H. Comparaison de quatre méthodes d'échauffement sur la performance lors du Wingate test. *Kinesither Rev* 2014 ; 14 (146) : 34-38.
- [42]. HERBERT R. Le stretching avant ou après l'exercice physique ne réduit pas les courbatures musculaires ni le risque de lésions. *Kinesither Rev* 2008; (78); 38-40.
- [43]. BARRUÉ-BELOU S. Les étirements du sportif: revue de littérature et perspectives de recherche. *Kinésithér Scient* 2010; 511: 31-44.
- [44]. DUFOUR M. Massages. *Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation* [26-100-A-10].
- [45]. RICHARD R, JIMENEZ L, DUVALLET A, RIEU M. Effet d'une boisson bicarbonatée sodée sur les adaptations physiologiques de l'effort. *Science & Sport* 2000; 15; 18-25.
- [46]. GUEZENNEC C.-Y. Les boissons de l'effort: bases physiologiques de leur utilisation et composition. *Cahiers de nutrition et diététique* (2011); S46-S53.

# **ANNEXES**

# **ANNEXE 1**

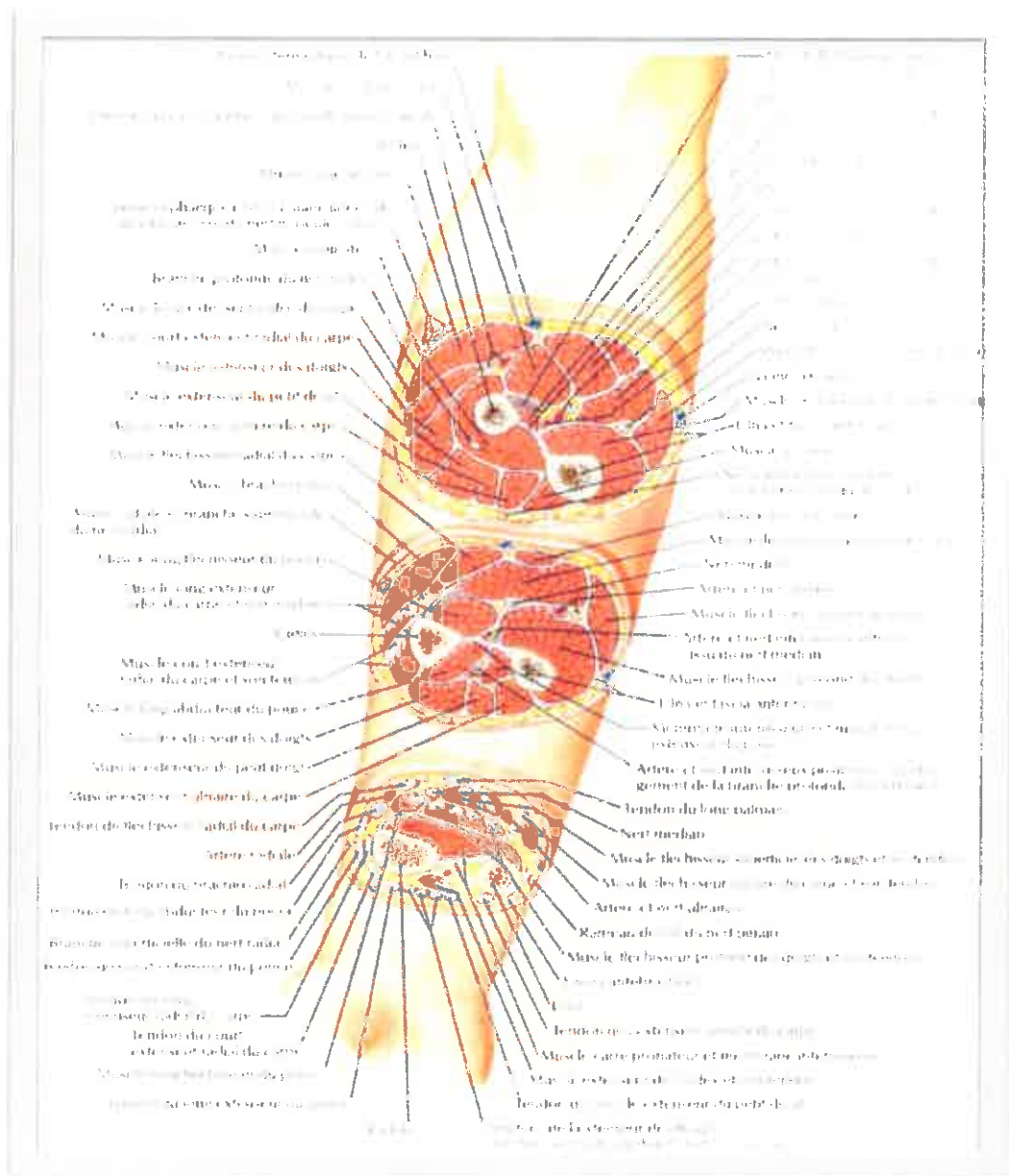


**Annexe 1 : l'équipement du pilote. Casque, combinaison, dorsale, gants, bottes. (D'après <http://www.equiprider.eu/>)**



# **ANNEXE 2**

## Annexe 2 : coupes anatomiques de l'avant-bras (d'après Netter).



# **ANNEXE 3**

**Mesures goniométriques en position  
d'accélération et de freinage.**

## Sujet 1

- Age : 35 ans
- Sexe : M
- Taille : 179 cm
- Poids : 77 kg

### Goniométrie : phase accélération

- Distance menton-fourchette sternale : 21 cm
- Épaule :
  - ✓ ABD : 105°
  - ✓ Flexion : 100°
- Coude :
  - ✓ F/E : 95/0/0
  - ✓ Prono/Sup : 75/0/0 (pron)
- Poignet :
  - ✓ F/E : 55° d'extension
  - ✓ Ir/Iu : 15° IU
- Méta Carpo-phalangiennes
  - ✓ I : 50° FI
  - ✓ II : 80°
  - ✓ III : 90°
  - ✓ IV : 90°
  - ✓ V : 95°
- IPP :
  - ✓ I : 50° FI
  - ✓ II : 80°
  - ✓ III : 70°
  - ✓ IV : 70°
  - ✓ V : 65°
- IPD :
  - I : ---
  - II : 50° FI
  - III : 50°
  - IV : 45°
  - V : 40°
- Hanche (CLPF) : Flexion : 130°
- Genou : Flexion : 125°
- Cheville : Flexion dorsale : 20°

### Goniométrie : phase de freinage

- Distance menton-fourchette sternale : 19 cm
- Épaule :
  - ✓ ABD : 95°
  - ✓ Flexion : 90°
- Coude :
  - ✓ F/E : 5/5/0
  - ✓ Prono/Sup : 85°
- Poignet :
  - ✓ F/E : 35°
  - ✓ Ir/Iu : 10° IR
- Méta Carpo-phalangiennes
  - ✓ I : 50°
  - ✓ II : 45°
  - ✓ III : 50°
  - ✓ IV : 90°
  - ✓ V : 95°
- IPP :
  - ✓ I : 50° FI
  - ✓ II : 30°
  - ✓ III : 40°
  - ✓ IV : 70°
  - ✓ V : 65°
- IPD :
  - I : ---
  - II : 50°
  - III : 65°
  - IV : 45°
  - V : 40°
- Hanche (CLPF) : Flexion : 105°
- Genou : Flexion : 115°
- Cheville : Flexion dorsale : 15°

### Test Jamar : (Main droite : coude tendu en pronation avec 80° de Flexion d'épaule)

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| ✓ Pleine main :                | 2 doigts (II et III) :         |
| 1 <sup>er</sup> essai : 46 kg  | 1 <sup>er</sup> essai : 34 kg  |
| 2 <sup>ème</sup> essai : 50 kg | 2 <sup>ème</sup> essai : 34 kg |
| 3 <sup>ème</sup> essai : 48 kg | 3 <sup>ème</sup> essai : 34 kg |

## Sujet 2

- Age : 37 ans
- Sexe : M
- Taille : 172 cm
- Poids : 65 kg

### Goniométrie : phase accélération

- Distance menton-fourchette sternale : 24 cm
- Épaule :
  - ✓ ABD : 100°
  - ✓ Flexion : 95°
- Coude :
  - ✓ F/E : 85° flexion
  - ✓ Prono/Sup : 80° pronation
- Poignet :
  - ✓ F/E : 40° ext
  - ✓ Ir/Iu : 15° IU
- Méta Carpo-phalangiennes
  - ✓ I : 40° Fl
  - ✓ II : 75°
  - ✓ III : 75°
  - ✓ IV : 75°
  - ✓ V : 75°
- IPP :
  - ✓ I : 55° Fl
  - ✓ II : 80°
  - ✓ III : 80°
  - ✓ IV : 80°
  - ✓ V : 60°
- IPD :
  - I : ---
  - II : 35°
  - III : 30°
  - IV : 40°
  - V : 40°
- Hanche (CLPF) : flexion : 140°
- Genou : flexion : 120°
- Cheville : flexion dorsale : 15°



## Goniométrie : phase de freinage

- Distance menton-fourchette sternale : 21 cm
- Épaule :
  - ✓ ABD : 100°
  - ✓ Flexion : 105°
- Coude :
  - ✓ F/E : 0 extension
  - ✓ Prono/Sup : 85°
- Poignet :
  - ✓ F/E : 20° ext
  - ✓ Ir/Iu : 17° IR
- Méta Carpo-phalangiennes
  - ✓ I : 60° Fl
  - ✓ II : 30°
  - ✓ III : 25°
  - ✓ IV : 75°
  - ✓ V : 80°
- IPP :
  - ✓ I : 55° Fl
  - ✓ II : 20°
  - ✓ III : 45°
  - ✓ IV : 70°
  - ✓ V : 45°
- IPD :
  - I : ---
  - II : 55°
  - III : 70°
  - IV : 30°
  - V : 30°
- Hanche (CLPF) : flexion : 120°
- Genou : flexion : 110°
- Cheville : flexion dorsale : 5°

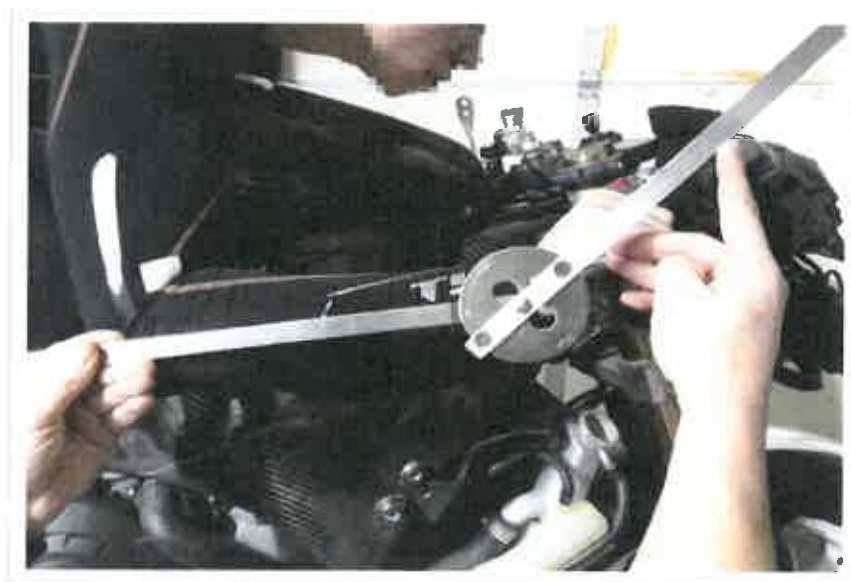
## Test Jamar : (Main droite : coude tendu en pronation avec 80° de Flexion d'épaule)

- ✓ Pleine main :
  - 1<sup>er</sup> essai : 46 kg
  - 2<sup>ème</sup> essai : 44 kg
  - 3<sup>ème</sup> essai : 47 kg
- 2 doigts (II et III) :
  - 1<sup>er</sup> essai : 35 kg
  - 2<sup>ème</sup> essai : 35 kg
  - 3<sup>ème</sup> essai : 37 kg

**Annexe 3 : mesure goniométrique du coude sujet1**



**Annexe 3 : mesure goniométrique de l'extension du poignet sujet 1**



**Annexe 3 : mesure goniométrique du poignet en inclinaison ulnaire sujet 1**



**Annexe 3 : mesure goniométrique de la M-P sujet 1**



**Annexe 3 : sujet 2 en position d'accélération**



**Annexe 3 : sujet 2 en position de freinage**



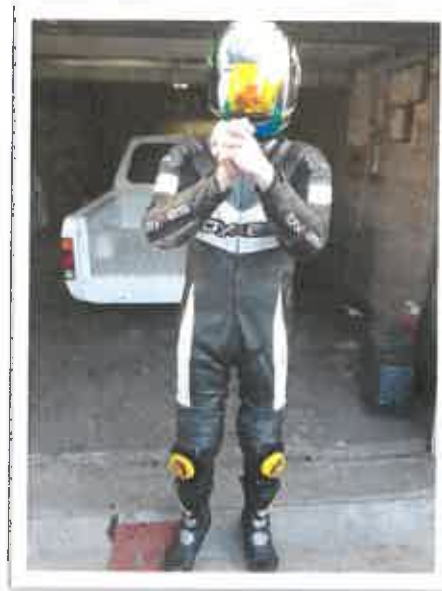
# **ANNEXE 4**

**Annexe 4 : échauffement des fléchisseurs et extenseurs des doigts**



**Annexe 4 : variante avec un bâton permettant d'associer la flexion et l'extension des poignets**

**Annexe 4 : mouvement de circumduction des poignets**



**Annexe 4 : auto-étirement des épicondyliens médiaux**



# **ANNEXE 5**



**Formulaire d'information et de  
consentement.**

# **Syndrome des loges chronique chez le pilote moto :**

## **place de la kinésithérapie**

### **Formulaire d'information**

Madame, Monsieur,

Piloter une moto sur circuit demande une bonne condition physique et mentale. Cette pratique sportive est source de nombreux traumatismes et douleurs. Beaucoup de pilotes sont confrontés à des douleurs des membres supérieurs en particulier aux avant-bras. Ils peuvent déclencher une pathologie appelée syndrome des loges chronique ou syndrome des loges d'effort.

Afin de mieux comprendre les aspects biomécaniques de cette pathologie, nous avons besoin de prendre des mesures goniométriques et centimétriques des articulations et des membres supérieurs.

Il vous est demandé de vous tenir en position sur une moto. 2 positions vous sont demandées : l'une comme si vous étiez sur le circuit en phase d'accélération et l'autre en phase de freinage.

Dans le but d'être le plus précis possible dans nos mesures, il est nécessaire d'être en sous-vêtements. Des repères visuels autocollants seront apposés sur votre corps à différents endroits.

Votre participation à cette étude est librement consentie et il vous est possible de la quitter à tout moment sans aucun préjudice pour vous.

Vous n'aurez aucune charge financière à supporter.

Bien entendu, les données et informations recueillies resteront strictement confidentielles.

### **Formulaire de consentement éclairé**

M, Mme, Melle .....né(e) le

Certifie qu'après avoir reçu oralement et par écrit toutes les informations nécessaires précisant les modalités de déroulement de cette étude.

- ⇒ J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions qui me paraissent utiles pour la bonne compréhension de la note d'information et de recevoir des réponses claires et précises.
- ⇒ J'ai disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre ma décision.
- ⇒ J'accepte librement et volontairement de participer à cette recherche dans les conditions ci-dessus, sachant que je suis libre de refuser.
- ⇒ Je suis conscient que je peux arrêter à tout moment ma participation à cette recherche sans supporter aucune responsabilité.

**Je donne mon accord pour participer à cette étude.**

⇒ Cet accord ne décharge en rien les organisateurs de l'étude de leur responsabilité.

⇒ Toutes les données et informations qui me concernent resteront strictement confidentielles.

⇒ Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire aux organisateurs de l'étude.

⇒ Fait à ....., le

Signature de l'investigateur (\*)

Signature du Volontaire (\*)

(\*) Précédée de la mention lu et approuvé