

PREVENTION DES LESIONS DES CARTILAGES DE CROISSANCE DES DOIGTS CHEZ LES JEUNES GRIMPEURS COMPÉTITEURS

Dr Kathleen BOJOLY
Médecin du sport
Membre de la Commission Médicale de la FFME



Relecteurs : Pr Francois Moutet, Pr Régis Legré, Dominique
Thomas, Sébastien Gniecchi

REMERCIEMENTS

Au Pr Legré : je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté la relecture de mon mémoire et d'avoir pris le temps de le juger

Au Pr Moutet : merci de m'avoir acceptée dans ce DIU, merci de votre réactivité et de votre relecture attentive et aiguisée de ce mémoire

A Dominique Thomas : merci à un des « papas » de la kiné de la main d'être relecteur de mon mémoire

A Sebastien Gnecchi : un grand merci pour l'aide à l'élaboration du questionnaire, après la gestion des athlètes. Merci d'avoir accepté de participer à la relecture ce travail

A Pierre Belleudy : tu as été l'instigateur de cette étude, merci de ton aide pour les contacts d'entraîneurs, les statistiques de la FFME. A bientôt sur une compèt' !

Au Dr Desaldeleer – Le Sant : un grand merci de m'avoir « transmis » votre cas et votre étude suite au GEM

A Cécile Avezou : notre rencontre aux Championnats du Monde d'Escalade de Bercy est tombée à pic. Merci de ta motivation et de ton investissement

A Clément, Flavy et Lucas : merci pour votre gentillesse et votre disponibilité pour mes questionnaires !

A tous les entraîneurs : sans vos réponses, ce travail n'aurait pas abouti. Sans vous, nous n'aurions pas de champions !

A Baptiste : pour une fois, c'est moi la chercheuse ;-). Merci pour la relecture, le logiciel de bibliographie, l'aide pour les statistiques !!!...

A Noémie, ma petite grimpeuse en devenir, qui aime déjà grimper sur les cailloux

Aux babysitters de Noémie : Cat, Claude, Alain, Anna et mes parents : sans vous, je n'aurai pas pu avancer !!!

A Claude pour les traductions d'allemand en parallèle de tes soins !

A Pierre et Cat pour les dernières fautes !

A tous les grimpeurs

RESUME

Introduction : L'escalade est un sport très attractif pour les jeunes. Or, la pratique à haut niveau chez des enfants en pleine croissance est à risque de blessure des cartilages de croissance. Les lésions retrouvées chez les jeunes grimpeurs sont en augmentation, et sont des fractures de stress épiphysaires de la base de la 2^{ème} phalange des doigts. L'objectif principal de l'étude était de déterminer l'incidence de ces lésions en France parmi les jeunes grimpeurs compétiteurs. Les objectifs secondaires étaient de déterminer des facteurs de risque de blessure à l'entraînement afin de mettre en œuvre un programme de prévention.

Matériel et méthodes : un questionnaire a été adressé aux entraîneurs d'escalade de France. La population visée était les jeunes grimpeurs compétiteurs de 9 à 18 ans, présentant une lésion d'hypersollicitation des cartilages de croissance des doigts entre septembre 2015 et avril 2017. Des données de grimpeurs non blessés ont été spontanément envoyées et comparées à celles des grimpeurs blessés.

Résultats : Sur les 178 entraîneurs interrogés, nous avons récupéré 13 questionnaires exploitables. Les données de 4 blessés pour 5 blessures ont été recueillies sur les 18 mois de l'étude. Les blessés semblaient s'entraîner plus que les non blessés ($p=0,2$), avoir un niveau de compétition supérieur (25% en niveau international vs 11% chez les non blessés) et faire plus de compétitions par an (75% faisaient ≥ 15 compétitions/an vs 22,2% chez les non blessés). En préparation physique générale, les blessés travaillaient moins leur souplesse que les non blessés ($p=0,09$). Lors des entraînements du groupe "blessés", une importance moindre était accordée à l'échauffement ($p=0,06$), et semblait moindre pour les étirements et à l'hydratation ($p=0,12$ et $p=0,21$). En échauffement, les blessés faisaient moins de travail cardio-respiratoire ($p=0,02$) et avaient tendance à moins de mobilisation articulaire ($p=0,14$). 100% des entraîneurs faisaient pratiquer des étirements aux enfants. En musculation spécifique des membres supérieurs pour l'escalade, 45,45% des entraîneurs utilisaient la poutre et le pan Güllich chez les enfants et 72,72% faisaient pratiquer le no foot.

Discussion : Notre incidence de 4 blessés en 18 mois est proche de celle rapportée dans la littérature. Les entraînements des blessés présentaient des facteurs de risque connus de blessures d'hypersollicitation et de fractures épiphysaires. Par ailleurs, il y avait une méconnaissance des jeunes et des entraîneurs concernant : (1) l'utilisation de méthodes à risque (e.g. pan Güllich, poutre, no foot), et l'adaptation du rythme des entraînements et des compétitions ; (2) les fractures de stress épiphysaires des doigts et leurs conséquences, conduisant à une prise en charge tardive de ces lésions. Afin de prévenir les fractures de stress épiphysaires des doigts, il faudrait donner de bonnes bases et habitudes d'entraînement aux enfants : échauffement – étirements – hydratation. Les prises doivent être adaptées pour les enfants ($>$ de 2cm), pour éviter l'arqué. Lors des compétitions, le nombre de blocs doit être limité et les parcours ou voies doivent être spécifiques pour les enfants. Le calendrier international devrait être réadapté pour permettre une bonne récupération entre 2 compétitions. Une information doit être délivrée aux jeunes et aux entraîneurs sur les restrictions et les dangers de la poutre, du pan Güllich et du no foot. Les entraîneurs et les clubs doivent être informés en ce sens, au sein d'un programme de prévention de la FFME.

Mots-clés : escalade, enfant, adolescent, doigt, cartilage de croissance, fracture de stress épiphysaire, prévention

Abréviations

FFME : Fédération Française de Montagne et d'Escalade

IFSC : International Federation of Sport Climbing

UIAA : Union Internationale des Associations d'Alpinisme

IPP : articulation interphalangienne proximale

IPD : articulation interphalangienne distale

FDP : tendon fléchisseur profond des doigts

FDS : tendon fléchisseur superficiel des doigts

EDC : tendon extenseur commun des doigts

IMC : indice de masse corporelle

P2 : 2^{ème} phalange

Liste des figures

Figure 1 : classification de Salter et Harris	8
Figure 2 : coupe histologique du cartilage de croissance	9
Figure 3 : fracture de stress épiphysaire Salter III de la base de P2.	10
Figure 4 : tableau de correspondance des cotations en escalade	15
Figure 5 : objectifs d'entrainement.....	16
Figure 6 : préparation générale	18
Figure 7 : préparation spécifique à l'escalade	18
Figure 8 : préparation spécifique : travail de la résistance (intense, court)	19
Figure 9 : préparation spécifique : travail de l'endurance / continuité.....	19
Figure 10 : préparation spécifique : travail de la qualité gestuelle	19
Figure 11 : préparation spécifique : affutage	20
Figure 12 : type d'échauffement pratiqué	21
Figure 13 : type d'étirements des doigts.....	21
Figure 14 : musculation spécifique escalade	22
Figure 15 : musculation spécifique sur poutre et pan Güllich	23
Figure 16 : adaptation de l'entrainement en cas de fatigue	23

Liste des tableaux

Tableau 1: Description des blessés	17
Tableau 2 : Données générales d'entrainement.....	17
Tableau 3 : Importance accordée à l'échauffement, aux étirements et à l'hydratation par les entraîneurs.....	20
Tableau 4 : Muscles étirés au niveau des doigts	21

Lexique

No foot : escalade sans les pieds



Exemple de no foot (<http://grimperensecurite.free.fr>)

Pan Güllich : pan en bois incliné sur lequel sont fixés des lattes en bois horizontales de différentes tailles, inventé par W. Güllich. Le grimpeur effectue des montées et descentes sans les pieds.



Exemple de pan Güllich (lafabriqueverticale.com)

Poutre : appareil de musculation spécifique des membres supérieurs pour l'escalade, en bois ou résine. Elle permet des suspensions et tractions sans les pieds, avec des préhensions variées au niveau des mains.

Préhension en arqué : prise en flexion de l'interphalangienne proximale et hyperextension de l'interphalangienne distale des doigts



Exemple de poutre et de préhension arquée (lafabriqueverticale.com)

Préhension en tendu : prise en extension de l'interphalangienne proximale et en flexion de l'interphalangienne distale des doigts



Exemple de préhension en tendu

Table des matières

I. INTRODUCTION.....	7
I.1 L'escalade sportive.....	7
I.2 L'enfant et le sport.....	7
I.2.1 Lésions des cartilages de croissance.....	7
I.2.2 Facteurs de risque des lésions liées au sport chez l'enfant.....	8
I.2.5 Risques de l'entraînement en force.....	10
I.3 L'enfant et l'escalade sportive.....	10
I.3.1 Lésions des cartilages de croissance des doigts.....	10
I.3.2 Biomécanique des doigts et physiopathologie.....	11
I.3.3 Facteurs de risque des lésions épiphysaires des doigts.....	11
I.3.4 Problèmes relevés.....	12
I.3.5 Risques des lésions épiphysaires des doigts.....	13
I.4 Objectifs de l'étude.....	13
II. MATERIEL ET METHODE.....	14
II.1 Population.....	14
II.2 Elaboration du questionnaire.....	14
II.3 Analyse des données.....	14
III. RESULTATS.....	16
III.1 Type d'entraînement.....	16
III.2 Echauffement, étirements, hydratation.....	20
III.3 Musculation et musculation spécifique escalade.....	22
III.4 Adaptations pour les jeunes grimpeurs.....	23
IV. DISCUSSION.....	25
IV.1 Analyse des résultats.....	25
IV.1.1 Population de l'étude.....	25
IV.1.2 Bases de l'entraînement : échauffement, étirements, hydratation.....	25
IV.1.3 Renforcement musculaire spécifique des membres supérieurs.....	27
IV.1.4 Adaptations effectuées chez les jeunes grimpeurs.....	28
IV.2 Problèmes soulevés.....	28
IV.3 Prévention.....	30
IV.4 Intérêts de l'étude et perspectives.....	33
IV.5 Limites de l'étude.....	33
V. CONCLUSION.....	35
BIBLIOGRAPHIE.....	36
ANNEXES.....	39
Annexe 1 : Recommandations pour la pratique de musculation et de l'entraînement en force du Council on Sports Medicine and Fitness of the American Academy of Pediatrics (AAP).....	39
Annexe 2 : Courrier aux entraîneurs.....	40
Annexe 3 : Questionnaire.....	41

I. INTRODUCTION

I.1 L'escalade sportive

L'escalade est un sport récent, développé à la fin du XIX^{ème} siècle. Les prémices de ce sport apparaissent en 1890 : il s'agit alors d'un moyen d'entraînement pour préparer les voies d'alpinisme. Du fait de son développement, progressivement, de nombreux clubs alpins se créent dans de nombreux pays. Ils se regroupent en 1932, date de la fondation de l'Union Internationale des Associations d'Alpinisme (UIAA), qui coordonne les actions et gère les problèmes liés à l'escalade. L'engouement pour l'escalade se poursuit ensuite, avec, d'une part, le développement de l'escalade libre dans les années 1950 aux Etats-Unis dans le Yosemite, et d'autre part, l'apparition des premières compétitions en 1947 en URSS. Il s'agissait de compétitions de tracé d'itinéraire (difficulté) et d'épreuves de vitesse. L'escalade sportive est devenue populaire depuis la fin des années 1970. La première compétition internationale a eu lieu en 1985 à Bardonecchia.

Actuellement, il existe une explosion de sa popularité, liée au développement des structures artificielles d'escalade et à la médiatisation croissante du sport. L'escalade deviendra d'ailleurs un sport olympique en 2020.

Fin 2015, la Fédération Française de Montagne et d'Escalade (FFME) comptait 93 184 licenciés, dont 43 813 licenciés de moins de 20 ans, pratiquant l'escalade ¹.

Il s'agit d'un sport attractif pour les jeunes, qui grimpent de plus en plus tôt avec un niveau de plus en plus élevé : les adolescents d'aujourd'hui réalisent les mêmes performances que les adultes. Ainsi, Adam Ondra est le plus jeune grimpeur au monde à avoir atteint le 9^{ème} degré (9a), à l'âge de 13 ans. La jeune fille qui détient le record de difficulté, une voie côté 9a/9a+ (cotation encore non validée), est Ashima Shiraishi, âgée de 13 ans en 2015.

I.2 L'enfant et le sport

La pratique sportive, notamment à haut niveau, chez des jeunes en cours de croissance nécessite des adaptations et une surveillance afin de prévenir les blessures : l'enfant n'est pas un adulte en miniature ²⁻⁵. Durant l'enfance et l'adolescence, la moitié des blessures liées à la pratique sportive sont des lésions d'hypersollicitation. Or, chez le jeune, ces blessures d'hypersollicitation intéressent les cartilages de croissance. En effet, les physes sont 2 à 5 fois plus fragiles que les tissus avoisinants ⁶⁻¹³.

I.2.1 Lésions des cartilages de croissance

Les cartilages de croissance des os sont divisés en 2 catégories : (1) les cartilages épiphysaires ou épiphyses de pression, entre l'épiphyse et la métaphyse, et (2) les apophyses ou épiphyses de tractions, situées aux insertions tendineuses. Leur atteinte peut être aiguë, par macro-traumatisme ou chronique par microtraumatismes répétés.

Les lésions d'hypersollicitation des cartilages de croissance sont des ostéochondroses (ou apophysoses) ou des fractures de stress épiphysaires.

Les ostéochondroses sont des souffrances des cartilages de croissance, apophysaires ou épiphysaires, favorisées par les microtraumatismes répétés. Les plus connues sont la maladie d'Osgood-Schlatter, la maladie de Sinding-Larsen-Johanssen, la maladie de Sever ou la maladie de Sheuermann. Ces blessures provoquent douleurs, impotence fonctionnelle partielle et parfois, déformation locale. Elles peuvent impacter la forme de l'os ; en revanche, elles n'aboutissent jamais à une perturbation de la croissance osseuse longitudinale.

Au niveau des cartilages épiphysaires, les microtraumatismes itératifs causent aussi des fractures épiphysaires. Elles sont classées selon la classification de Salter et Harris (Fig. 1).

Les fractures stade I et II de Salter et Harris sont de bon pronostic quant à la croissance endochondrale. Les fractures stade III, IV et V de Salter et Harris sont de pronostic réservé concernant la croissance et nécessitent une intervention chirurgicale de réaligement anatomique.

Les principaux sports pourvoyeurs de ces blessures sont : le baseball, la gymnastique, la course à pied, le cheerleading et le hockey. La pratique intensive du piano est aussi une cause de fractures épiphysaires de stress^{8,9,12,14-17}.

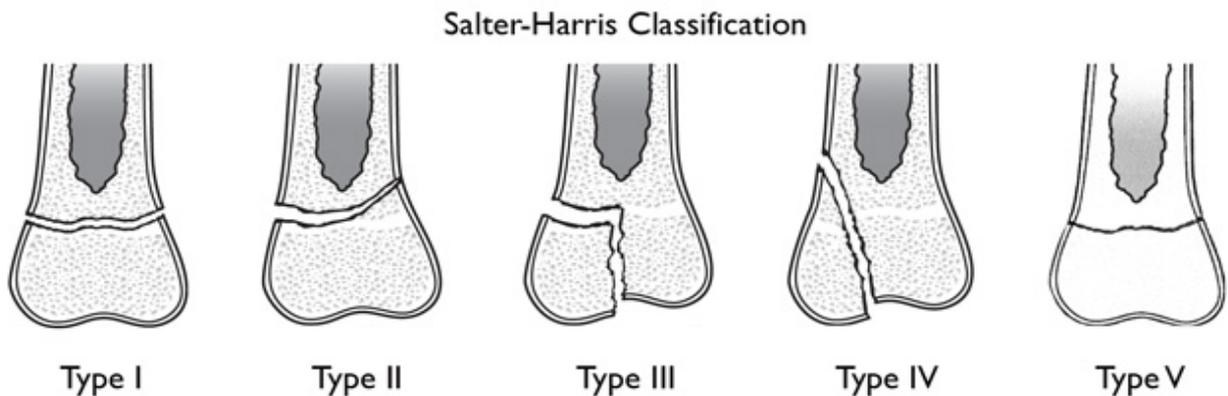


Figure 1 : classification de Salter et Harris

1.2.2 Facteurs de risque des lésions liées au sport chez l'enfant

Dans une revue de littérature, L.J. Micheli *et al.* ont listé les facteurs de risque de blessures liées à la pratique sportive en général chez l'enfant¹⁸ :

- manque de formation des coaches à l'entraînement des enfants,
- tests physiques préalables à la participation à un sport inadéquats
- surfaces de pratique inadaptées
- erreurs d'entraînement
- absence ou inadaptation des équipements de sécurité
- pratique sportive alors que l'enfant est blessé / fatigué
- diminution du niveau de forme physique globale des enfants
- regroupement des jeunes par âge au lieu du gabarit
- mauvaise nutrition des enfants
- règlements officiels inadaptés
- technique gestuelle inadaptée
- supervision inadaptée
- croissance

Plus spécifiquement, les facteurs de risque des lésions d'hypersollicitation épiphysaires sont :

- Des facteurs intrinsèques : vulnérabilité au stress du squelette en croissance, difficultés à détecter ces blessures, l'âge, l'indice de masse corporelle (IMC)
- Des facteurs extrinsèques : pression de l'entourage (parents, coaches...), entraînements et programmes de compétitions non adaptés aux enfants et

adolescents, répétition des mêmes gestes dans le même sens, nombre d'heures de pratique par semaine et intensité

Pour les filles, la pratique de 16h de sport ou plus par semaine est associée à 1,88 fois plus de risque de fracture de stress, et à un risque accru de trouble de comportement alimentaire (favorisant la récurrence de fracture de stress) ^{3,17-22}.

I.2.3 Biomécanique du cartilage de croissance

La biomécanique du cartilage de croissance explique les lésions présentées chez les enfants lors de la pratique sportive. En effet, la répétition des charges lors de l'entraînement va altérer la perfusion métaphysaire et interférer sur la minéralisation des chondrocytes. Parfois, les conditions ischémiques entraînent la nécrose avec une déformation par ossification centrale et une irrégularité de croissance de la physe ¹².

Le cartilage de croissance est le plus fragile lors du pic de croissance des adolescents : 11,9 ans chez les filles, 14,3 ans chez les garçons. A cette période, le cartilage de croissance, proche de sa fermeture, présente un changement de structure : il est plus épais et fragile et présente un retard de minéralisation, avec un os métaphysaire plus poreux.

La zone de fragilité maximale du cartilage de croissance est la zone des cellules hypertrophiques, et la métaphyse sous-jacente (Fig. 2).

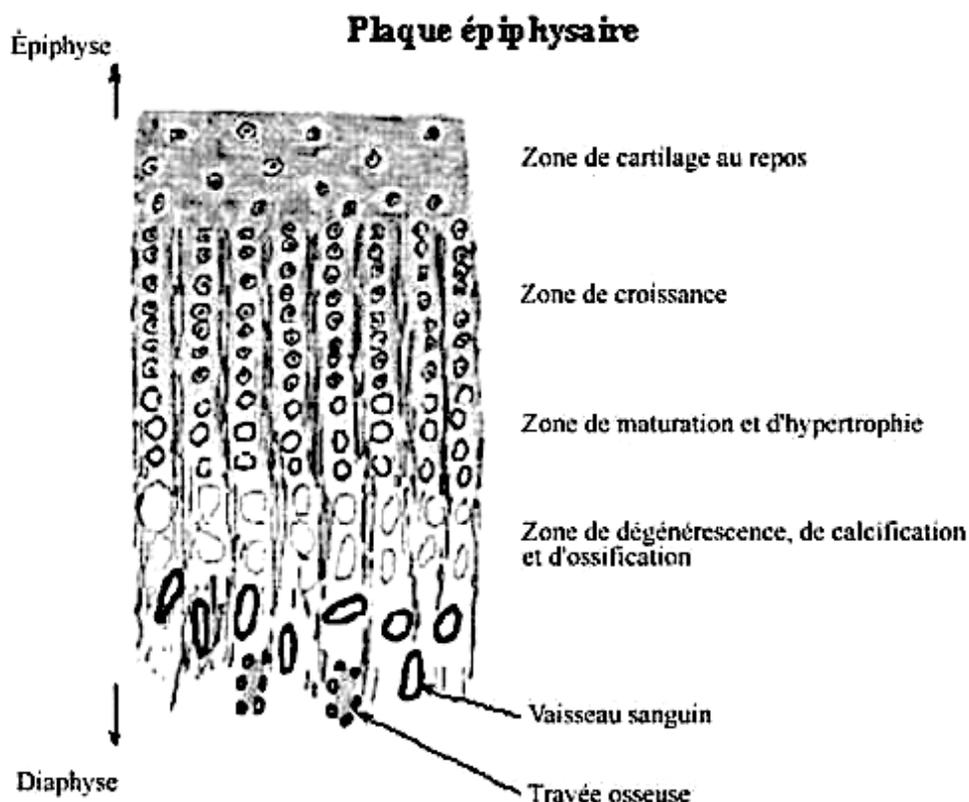


Figure 2 : coupe histologique du cartilage de croissance

La taille de la zone de cellules hypertrophiques du cartilage augmente avec une diminution de la quantité de matrice extracellulaire. Or, la matrice permet la résistance au cisaillement, qui est donc réduite lors du pic de croissance.

Le pic de croissance est généré par la sécrétion d'hormone de croissance, qui dépend de la sécrétion de faibles doses d'œstrogènes. Un taux croissant d'œstrogènes va stopper

la croissance, par fusion des physes. Ainsi, il y a moins de lésions de cartilages de croissance chez les filles^{3,7,10,23-27}.

1.2.4 Risque des lésions épiphysaires

Les risques de ces lésions épiphysaires de stress sont donc une ossification prématurée d'une partie ou de la totalité du cartilage de croissance, soit une épiphysiodèse partielle ou totale du cartilage de croissance. Plus cette fusion sera prématurée, plus elle pourra impacter la croissance en provoquant soit une déformation, soit dans le pire des cas, un arrêt de la croissance. Bak *et al.* ont décrit des lésions « Madelung-like » chez les gymnastes, suite à une épiphysiodèse partielle de l'épiphyse radiale. Par ailleurs, même les lésions bénignes (Salter I et II de la classification de Salter et Harris) peuvent entraîner des ponts osseux^{3,8-10,12}.

1.2.5 Risques de l'entraînement en force

La répétition des charges sportives peut entraîner des épiphysiodèses. De nombreux auteurs se sont donc interrogés sur la survenue de lésions en cas d'entraînements en force, type musculation, voire lors de la pratique de l'haltérophilie. Les études sont plutôt rassurantes. Un entraînement en musculation, même chez un jeune pré-pubère, peut être sécuritaire.

Il existe un risque de lésion des cartilages de croissance en cas d'entraînement « personnel », non supervisé, avec un comportement et des techniques inadaptés, et/ou un matériel inadapté, au-delà de 4 fois/semaine.

Afin de prévenir les blessures des cartilages de croissance, des recommandations pour la pratique de musculation et de l'entraînement en force ont été publiées par le Council on Sports Medicine and Fitness of the American Academy of Pediatrics (Annexe 1)²⁸.

1.3 L'enfant et l'escalade sportive

1.3.1 Lésions des cartilages de croissance des doigts

En escalade, plusieurs études rapportent que $\frac{3}{4}$ des grimpeurs, élite et loisir, vont souffrir d'une blessure d'hypersollicitation au membre supérieur. Les lésions de la main et du poignet atteignent 50 à 60% des grimpeurs. L'articulation la plus touchée est l'inter-phalangienne proximale (IPP) des 3ème et 4ème doigts²⁹⁻³⁸.

Chez les jeunes grimpeurs, du fait de l'hypersollicitation des membres supérieurs et de leur faiblesse, ce sont les cartilages de croissance des doigts qui sont principalement atteints. Les lésions retrouvées sont des fractures de stress épiphysaires, à risque d'épiphysiodèse. Les fractures retrouvées sont des fractures stade III de Salter et Harris dans 81% des cas, de la base de la 2ème phalange (P2) à sa partie dorsale et du majeur dans 95% des cas (Fig. 3). Dans 69,2% des cas, ces lésions récupèrent totalement^{5,10,13,36,39-46}.



Figure 3 : fracture de stress épiphysaire Salter III de la base de P2.
D'après V. Schöffl et al. 2007⁴⁷

La FFME et l'International Federation of Sport Climbing (IFSC) ont constaté un nombre croissant de ces pathologies des cartilages de croissance chez les jeunes grimpeurs compétiteurs. Ceci est corrélé aux données constatées par V. Schöffl *et al.*, retrouvant une augmentation franche des fractures épiphysaires de phalanges chez les jeunes grimpeurs compétiteurs en Allemagne, entre 2009 et 2013. Dans cette cohorte d'adolescents, l'incidence des fractures épiphysaires de phalange était de 0,3% entre 1998 et 2001. Elle est passée à 1,8% lors de l'étude menée entre 2009 et 2012³⁶. Les mêmes auteurs en 2016 ont recensé 65 cas de fractures épiphysaires de stress des doigts en 24 ans : c'est le plus haut taux de ce type de blessure parmi tous les sports¹⁰.

1.3.2 Biomécanique des doigts et physiopathologie

La biomécanique des doigts liée aux positions spécifiques d'escalade ainsi que les propriétés biomécaniques particulières du cartilage de croissance lors de la puberté expliquent la prédominance de ces lésions. On sait qu'en escalade, et notamment lors des prises en arqué (flexion de l'IPP et hyperextension de l'articulation interphalangienne distale (IPD)), l'intensité de la force appliquée sur la pulpe du majeur et de l'annulaire est supérieure à celle appliquée sur les autres doigts longs⁴⁸. Par ailleurs, en arqué, il existe une synergie de l'action des 2 tendons fléchisseurs du doigt et le tendon extenseur du doigt est distendu passivement avec un risque de tendinopathie d'insertion de la bandelette médiane sur P2⁴⁹.

Chez l'enfant, la bandelette médiane de l'extenseur s'insère sur l'épiphyse de P2. En arqué, la pression maximale en flexion de l'IPP s'exerce au dos de la base de P2.

Les lésions épiphysaires de stress se font donc par compression à la face dorsale de la base de P2 et par avulsion et cisaillement au niveau de l'insertion de la bandelette médiane de l'extenseur. La période maximale de fragilité du cartilage de croissance est lors du pic de croissance, au moment de sa fermeture. Comme chez l'adulte, c'est le majeur qui reçoit le maximum de force^{10,11,40,44}.

1.3.3 Facteurs de risque des lésions épiphysaires des doigts

Les facteurs de risque retrouvés dans la littérature pour les fractures de stress épiphysaires de doigt sont^{5,10,13,43-45,50,51}.

- le pic de croissance lors de la puberté, avec notamment une prise de poids surtout chez les garçons, qui amène à une majoration du travail de renforcement des doigts pour compenser, pour essayer de retrouver un rapport poids/puissance optimal.
- l'utilisation de petites prises
- la tenue des prises en arqué
- l'utilisation du pan Güllich sans les pieds en dynamique avant 16-18 ans
- la pratique en compétition trop précoce
- une routine d'entraînement trop intense en haut niveau

L'influence du niveau élevé d'escalade est discutée^{41,45,52,53}.

Plus généralement, les facteurs de risque de lésion d'hypersollicitation chez le jeune grimpeur sont^{50,54} :

- le manque de progressivité
- une durée d'entraînement > 2h
- la pratique en structure artificielle d'escalade

- le non-respect des temps de repos
- le non-respect de l'échauffement et des étirements
- l'entraînement en force intense des doigts
- la pratique de la difficulté
- la pratique en compétition sans en avoir le niveau
- des entraînements intenses 4 fois/semaine avant 20 ans

Et chez les jeunes grimpeurs de haut niveau, les facteurs de risques retrouvés sont : les sollicitations extrêmes, les compétitions trop rapprochées, le non-respect du corps ^{13,54}

Selon l'étude de C. Schlegel, l'âge, le poids, la laxité générale, l'âge de début d'entraînement régulier, le niveau de difficulté, l'augmentation annuelle de la difficulté, le volume d'entraînement dans l'année précédente, la technique d'escalade et la force de grip ne sont pas prédictifs de blessure chez le jeune grimpeur ⁴¹.

I.3.4 Problèmes relevés

En vue de prévenir les lésions des cartilages de croissance des doigts des jeunes grimpeurs, des précautions ont été prises. L'Union Internationale des Associations d'Alpinisme (UIAA) a interdit les compétitions internationales de bloc aux jeunes de moins de 16 ans¹³. La FFME a complété ces mesures en n'autorisant le surclassement en catégorie senior qu'à partir des catégories cadets (à partir de 16 ans). Avant 16 ans, les enfants font donc uniquement des compétitions jeunes¹. En 2011, en analysant les traumatismes des doigts chez les jeunes ayant participé à des compétitions internationales, S. Gnechchi *et al.* ont émis des recommandations complémentaires pour la prévention des blessures. Ils conseillent de prendre du temps pour participer aux compétitions internationales senior de difficulté (à partir de 18 ans pour les filles (junior 1^{ère} année) et 17 ans pour les garçons (cadet 2^{ème} année)). La préparation des compétitions de bloc est recommandée dès la catégorie cadet (16-17 ans). Enfin, la participation aux compétitions internationales de bloc et de difficulté semble adaptée à partir de la catégorie cadet 1^{ère} année (16 ans) ⁵⁰.

Malgré tout, dans la littérature, de nombreux problèmes pouvant favoriser les lésions d'hypersollicitation des doigts ont été soulevés ^{3,5,12,13,18,37,44,45,50,54-58}.

- Décalage entre la croissance (aspect quantitatif) et la maturation (aspect qualitatif) avec risque d'entraînement trop intense chez l'enfant
- Manque d'information des entraîneurs et des parents sur : la croissance, les adaptations à pratiquer et les lésions d'hypersollicitation des cartilages de croissance
- Manque d'entraîneurs certifiés formés à l'entraînement des enfants
- Entraînements non adaptés aux enfants et trop dépendants du calendrier de compétitions
- Règles hygiéno-diététiques de base et bases des entraînements non respectées (échauffement, étirements, hydratation, repos...)
- Calendrier de compétitions non adapté avec manque de périodes de repos
- Problème d'autodiagnostic des lésions mineures des doigts, voire négligence des symptômes et absence de consultation médicale en cas de lésion des doigts
- Reprise trop rapide après blessure
- Plans d'entraînements à la compétition expérimentaux, non adaptés aux novices et aux adolescents, non progressifs et non polyvalents
- Les interdictions ne marchent pas sur les adolescents ; pratique « personnelle » du pan Güllich hors entraînement

- Comportement à haut risque de l'adolescent qui ne se limite pas
- Compétitions locales de bloc ouvertes aux adolescents avec nombre de blocs importants, testés durant plusieurs heures, avec des prises n'empêchant pas la préhension arquée
- Pression de l'entourage et de l'entraîneur pour améliorer les performances
- Majoration de la pratique des adolescents (pendant et hors entraînements) avec atteinte à un âge plus jeune des niveaux et charges d'entraînements pratiqués jusque-là par les adultes

I.3.5 Risques des lésions épiphysaires des doigts

Comme dans toutes les lésions épiphysaires, le risque majeur est l'épiphysiodèse partielle ou totale, avec un risque d'impotence fonctionnelle, de déformation du doigt et d'arrêt de croissance^{5,10,42,46}. En revanche, les études actuelles retrouvent rarement de l'arthrose digitale chez ces jeunes ou chez les grimpeurs plus âgés. Pour le moment, on ne retrouve des remaniements ostéo-arthritiques à la radiographie que chez les jeunes grimpeurs de haut niveau qui pratiquent du pan Güllich sans les pieds, en dynamique. Chez les jeunes grimpeurs, des adaptations aux stress induites par l'escalade sont principalement retrouvées sur les radiographies des doigts. Il s'agit d'une hypertrophie des corticales des phalanges des doigts, un élargissement de la base de l'IPD, une sclérose sous chondrale, des kystes sous chondraux^{5,10,13,41,42,44,46,47,52,56,59-62}.

Si toutes les études ne constatent que rarement de l'arthrose digitale chez les jeunes, toutes mettent en garde sur la nécessité du suivi de ces grimpeurs. Les jeunes grimpeurs d'aujourd'hui ont le même niveau et la même intensité de pratique que les adultes des années 80. L'évolution possible vers une arthrose digitale dans le temps reste donc à découvrir.

Un entraînement mal adapté chez le jeune peut donc favoriser la survenue des lésions des épiphyses des doigts. En revanche, aucune donnée n'est retrouvée dans la littérature sur le contenu réel de ces entraînements chez le jeune grimpeur. Les fédérations françaises et internationales d'escalade ont décidé la mise en place d'une étude de pratiques afin d'envisager un plan de prévention international, définissant et encadrant les pratiques à risque pour ces jeunes.

I.4 Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude était de connaître l'incidence des pathologies des cartilages de croissance chez les jeunes grimpeurs compétiteurs français, comblant l'absence de données à ce jour.

Les objectifs secondaires étaient de définir précisément le contenu des entraînements et les facteurs de risque des lésions des épiphyses des doigts pour aider à la mise en place d'un plan de prévention international plus complet.

II. MATERIEL ET METHODE

II.1 Population

Les critères d'inclusions des patients blessés entre septembre 2015 et avril 2017 étaient :

- Âge de 9 à 18 ans
- Pratique de l'escalade en compétition, quelle que soit la spécialité (bloc, difficulté, vitesse...)
- Présenter une lésion de cartilage de croissance au niveau d'un doigt (ostéochondrose ou fracture de stress épiphysaire)

Les questionnaires remplis spontanément par les entraîneurs, malgré l'absence de blessure. Ils ont été inclus en vue de compléter les données d'entraînement et de les comparer aux données des patients blessés.

Les données ont été recueillies entre juin 2016 et avril 2017.

II.2 Elaboration du questionnaire

Un questionnaire a été envoyé par mail à l'ensemble des entraîneurs des clubs affiliés à la FFME, accompagné d'un courrier explicatif (annexes 2 et 3).

Un des questionnaires a été directement adressé au patient et à son entraîneur, suite à la présentation du cas clinique du patient au congrès de la Société Française de Chirurgie de la Main de décembre 2016.

Il leur était demandé de remplir un questionnaire par enfant atteint. Ce questionnaire était divisé en 9 parties. Les questions étaient majoritairement fermées pour une meilleure interprétation des résultats.

Première partie : Informations générales sur le grimpeur (sexe, doigt atteint et main dominante, temps d'arrêt, données biométriques, médecin ayant établi le diagnostic).

Deuxième partie : Niveau du grimpeur et sa spécialité. La cotation utilisée pour évaluer le niveau du grimpeur était l'échelle française (Fig. 4).

Troisième partie : Données générales d'entraînement (nombre de grimpeurs, nombre d'entraînements, durée, objectifs).

Quatrième partie : Type d'entraînement et la phase dans laquelle est survenue la blessure.

Cinquième, sixième et septième partie : Echauffement, étirements et hydratation, avec utilisation d'échelle de Likert quand les questions n'ont pas pu être fermées.

Huitième partie : Pratique de musculation chez les grimpeurs (muscles entraînés, type de musculation, aptitude visée).

Neuvième partie : Eventuelles adaptations d'escalade pratiquées par l'entraîneur en cas de facteur de risque déjà connu de lésion de doigts (fatigue, prises inadaptées, excès d'arqué).

II.3 Analyse des données

Les questionnaires ont été réalisés et recueillis principalement sur le site <http://www.evalandgo.com/> et également envoyés par mail au format Word®. Les résultats ont été analysés avec les logiciels Excel® 2016 et R version 3.3.1. Les variables ont été comparées par un test de Wilcoxon ou un test du X^2 .

UIIA	ÉU	Fr	Au	RU	Tch	Nor	Su	Bre	AdS	
1	5.2	1	10	Easy	I			I ^{sup}	8	
2	5.3	2	11	M	II			II	9	
3	5.4	3	12	D	III			II ^{sup}	10	
4	5.5	4		HVD	IV			III	11	
5-	5.6			MS	V			III ^{sup}	12	
5	5.7	5a	14	4a S	VI	5-	5-	IV	13	
5+	5.8	5b	15	4b VS	VIIa	5	5	IV ^{sup}	14	
6-		5c	16	4c HVS		5+	5+		15	
6	5.9	6a	17	5a	VIIb	6-	6-	V	16	
6+	5.10a	6a+	18	5b	E1			VIlc	6	6
	5.10b		19		VIIIa	6+	6+			
7-	5.10c	6b	20	5c	E2	6+	6+	VI ^{sup}	19	
7	5.10d								21	VIIIb
7+	5.11a	6b+	22	6a	E3	7	7	VIIb	21	
	5.11b	6c							VIIIc	VIIa
8-	5.11c	6c+	23	6b	E4	7+	7+	VIIc	23	
8	5.11d	7a							IXa	7
	8+	5.12a	7a+	24	6c	E5	8-	8-	VIIIb	25
5.12b		7b	25							IXb
9-	5.12c	7b+	26	6c	E6	8	8	VIIIc	27	
9	5.12d	7c							27	IXc
	9+	5.13a	7c+	28	7a	E7	9-	8+	IXb	29
10-	5.13b	8a	29							Xa
	10+	5.13c	8a+	30	7b	E8	9	9-	Xb	31
11-	5.13d	8b	31							Xb
11	5.14a	8b+	32	7b	E9	9+	9	Xc	33	
	5.14b	8c							33	XIa
11+	5.14c	8c+	34	7b	E10	9+	9+	XIa	35	
	5.14d	9a							35	XIb
11+	5.15a	9a+	36	7b	E11	9+	9+	XIa	37	
	5.15b	9b							37	XIc
	5.15c	9b+								

Figure 4 : tableau de correspondance des cotations en escalade

III. RESULTATS

Parmi les 178 entraîneurs interrogés, enregistrés auprès de la FFME, 17 ont répondu au questionnaire, soit un taux de réponses de 9,55%. Sur ces 17 réponses, seuls 13 questionnaires étaient exploitables. 2 questionnaires incomplets ont été intégrés aux résultats car ils ont été complètement remplis jusqu'à la 5^{ème} partie (question n°49).

Sur ces 13 questionnaires, 4 concernaient des enfants blessés pour un total de 5 lésions de doigts (1 enfant ayant une atteinte des 2 majeurs). Les 9 autres questionnaires ont été remplis spontanément par les entraîneurs malgré l'absence d'enfant blessé.

La description des enfants blessés est rapportée dans le tableau 1. La moitié étaient des garçons (n=2/4). Ils étaient âgés de $15,8 \pm 1,5$ ans, pesaient $56,3 \pm 16,5$ kg et mesuraient $168 \pm 13,6$ cm (IMC= $19,50 \pm 19,5$). Le majeur était atteint dans 100% des cas. On retrouvait une atteinte à gauche dans 40% des cas et à droite dans 60% des cas. Le temps d'arrêt était de $6,1 \pm 3,7$ mois. 50% des blessés étaient spécialisés en bloc, 25% en bloc + difficulté et 25% en difficulté. Le niveau moyen régulier à vue en voie était de 7a et au maximum, de 7/7b+. Le niveau moyen régulier en bloc était de 6c-7a et au maximum de 7a/7a+.

50% des enfants se sont blessés lors de la phase de préparation spécifique et 50% lors de compétitions.

Les données générales d'entraînement sont rassemblées dans le tableau 2.

Les grimpeurs du groupe "blessés" (n=4) avaient tendance à davantage s'entraîner par semaine que ceux du groupe "non blessés" (n=9, p = 0,2 ; test de Wilcoxon). Par ailleurs, ils semblaient participer à des compétitions de niveau plus élevé : 25% en niveau international chez les blessés versus 11,1% à ce niveau chez les non blessés. Enfin, les blessés semblaient faire plus de compétitions dans l'année : 75% faisaient 15 compétitions ou plus, versus 22,2% chez les non blessés. En revanche, il n'existait pas de différence au niveau du nombre de grimpeurs entraînés, ni de la durée des entraînements hebdomadaires.

III.1 Type d'entraînement

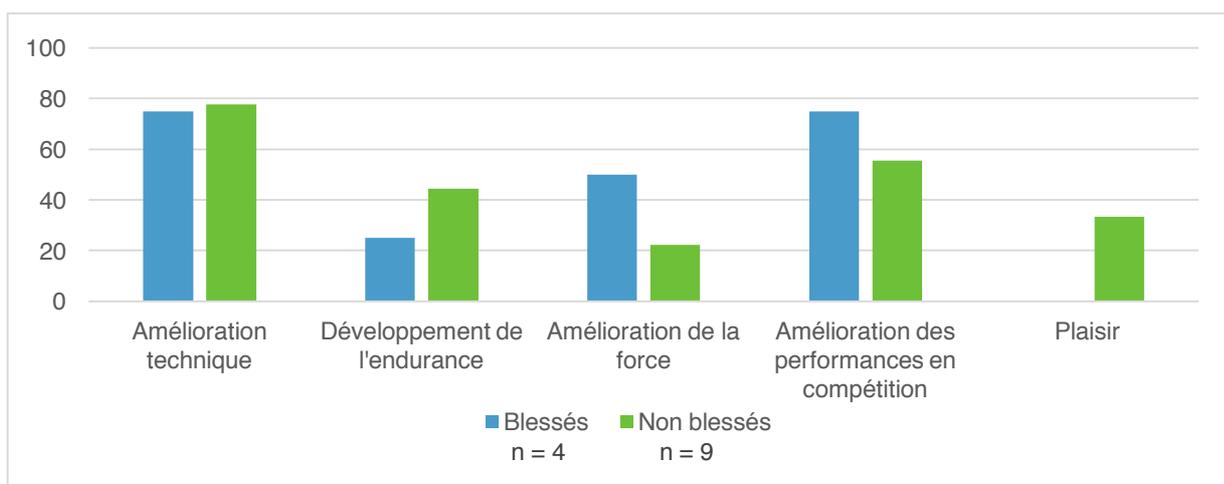


Figure 5 : objectifs d'entraînement

Les objectifs d'entraînements principaux des entraîneurs sont rapportés dans la figure 5. L'aspect plaisir était un objectif prioritaire uniquement dans le groupe "non blessés", sans être significatif (p = 0,55 ; test du X²).

Sexe	Doigt atteint	Main dominante	Temps d'arrêt (mois)	Age lors de la lésion	Poids (kg)	Taille (cm)	IMC	Fin de croissance	Médecin ayant diagnostiqué la lésion	Niveau en voie à vue régulier (Fr)	Niveau en voie à vue maximal (Fr)	Niveau en bloc à vue régulier (Fr)	Niveau en bloc à vue maximal (Fr)	Spécialité
F	Majeur gauche	?	6	14	35	149	15,77	Non	Spécialiste de la main	7a+	7b+	6b	6c	Difficulté
M	Majeur droit	Droite	9	17	60	175	19,59	Non	Spécialiste de la main	/	/	7b	7b+	Bloc
M	2 majeurs	Droite	8,5	17	75	180	23,14	Oui	Spécialiste de la main	6c+	7b	6b+	7a	Difficulté + Bloc
F	Majeur droit	?	1	15	55	168	19,49	Non	Spécialiste de la main	/	/	7b	7c	Bloc

Tableau 1: Description des blessés

	Blessés (n=4)	Non blessés (n=9)	
Nombre de grimpeurs dans le groupe d'entraînement	9 [8-12.5]	12 [8.8-18.3]#	p=0.7
Nombre d'entraînements par semaine	4 [3.5-4.3]	2.3 [2-4]#	p=0.2
Durée d'un entraînement (heures)	2 [2-2.2]	2 [1.9-2.4]#	p=1
Niveau max de compétition			
Départemental	0	0	
Régional	1	1	
National	2	7	
International	1	1	
Nombre de compétitions par an			
<5	0	1	
5-10	1	6	
10-15	0	0	
15-20	2	1	
>20	1	1	

Les données sont présentées en médiane et espace inter quartile. Les deux groupes ont été comparés par un test de Wilcoxon.

Des données issues d'un entraîneur de ligue qui pratique des stages de 5 jours 1 fois par mois avec un groupe de 40 jeunes n'ont pas été intégrées pour une meilleure homogénéité de résultats

Tableau 2 : Données générales d'entraînement

Il ne semblait pas exister de différence dans la préparation et l'évaluation des entrainements : 100% des entraineurs du groupe "blessés" (n = 4/4) et 77,78% du groupe "non blessés" (n =7/9) planifiaient l'entrainement des grimpeurs. 50% évaluaient l'état de forme pré-séance chez les blessés et 77,78% chez les non-blessés. Et l'évaluation du ressenti post séance était recherchée chez 75% des blessés et 66,67% des non blessés.

Dans les 2 groupes, 100% des grimpeurs faisaient une préparation physique générale (Fig. 6).

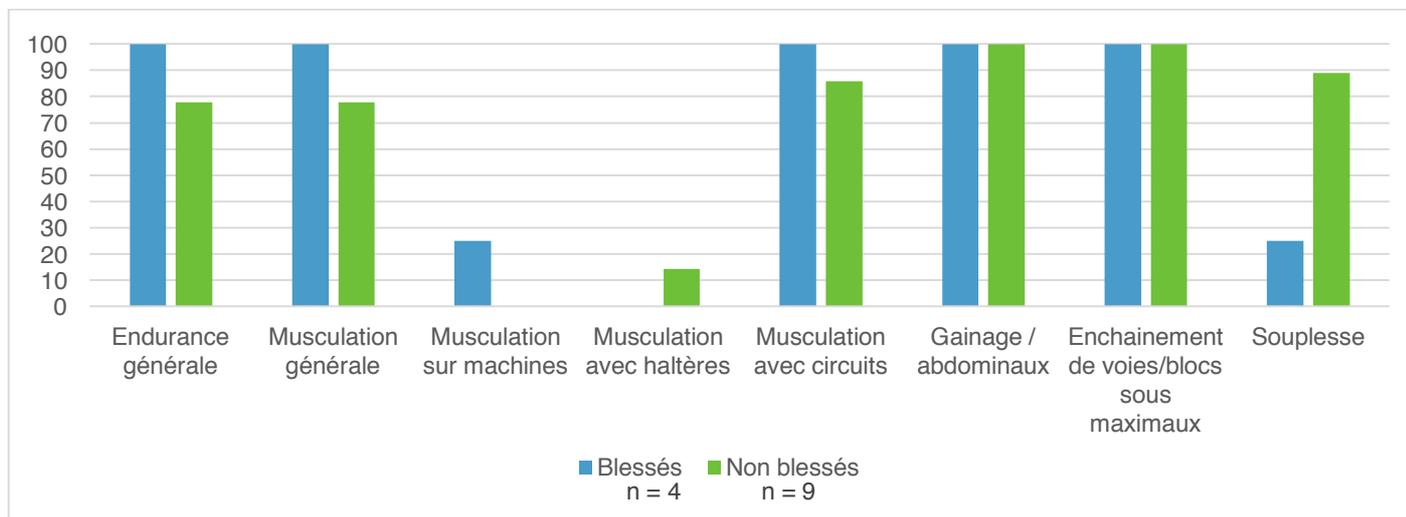


Figure 6 : préparation générale

La seule différence que l'on a pu constater dans la préparation physique générale est que 88,89% des non blessés développaient leur souplesse versus 25% des blessés ($p = 0,098$; test du X^2).

Dans les 2 groupes, 100% de grimpeurs faisaient une préparation spécifique pour l'escalade. Il n'existait pas de différence significative dans les grands axes de préparation spécifique à l'escalade entre les 2 groupes (Fig. 7).

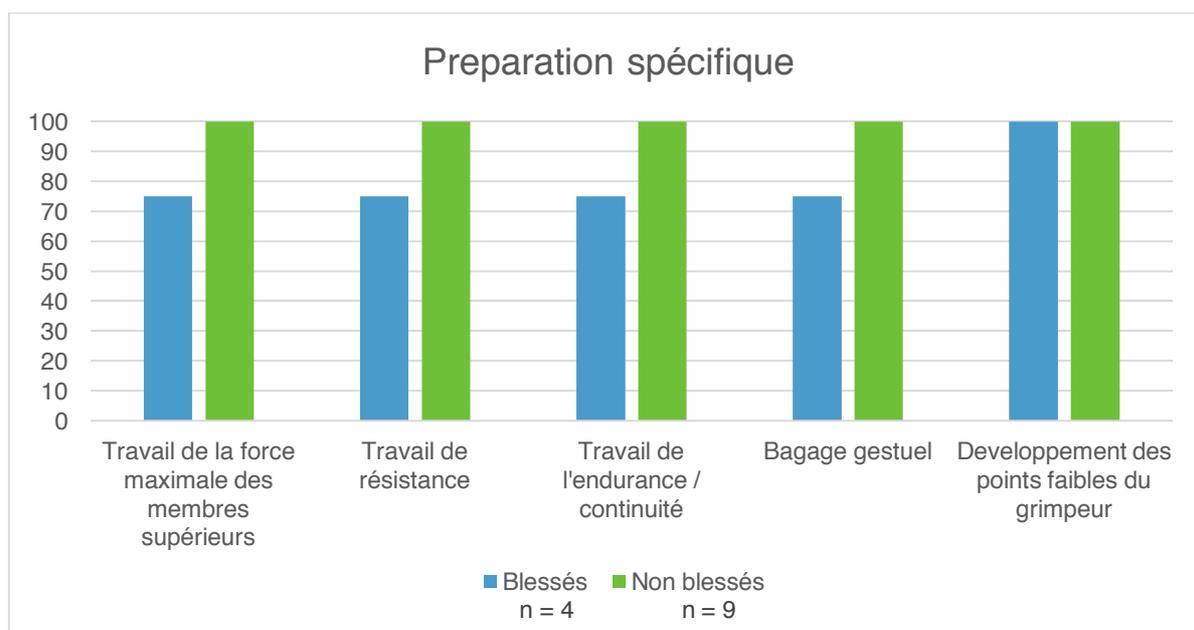


Figure 7 : préparation spécifique à l'escalade

L'analyse des modes de travail de force maximale des membres supérieurs en préparation spécifique n'a pas pu être réalisée, par manque de certaines données.

Il n'existait pas de différence dans le travail spécifique de la résistance (Fig. 8).

En travail spécifique d'endurance, il n'existait pas de différence d'exercices de travail entre les 2 groupes (Fig. 9).

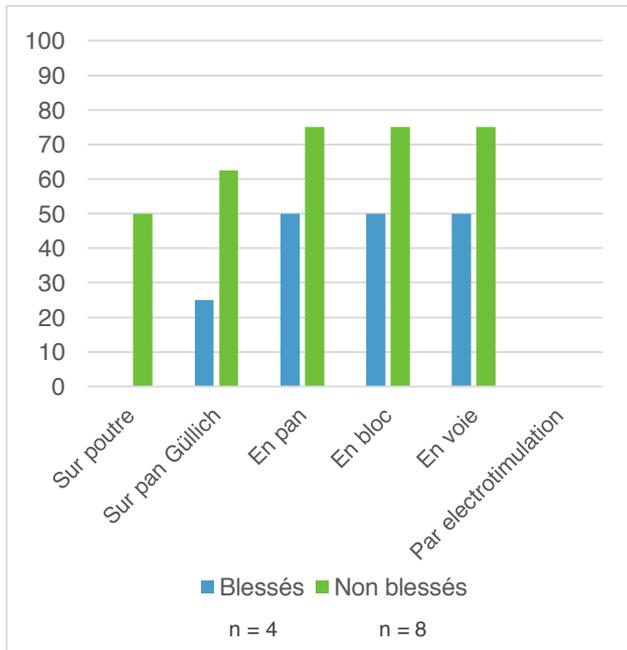


Figure 8 : préparation spécifique : travail de la résistance (intense, court)

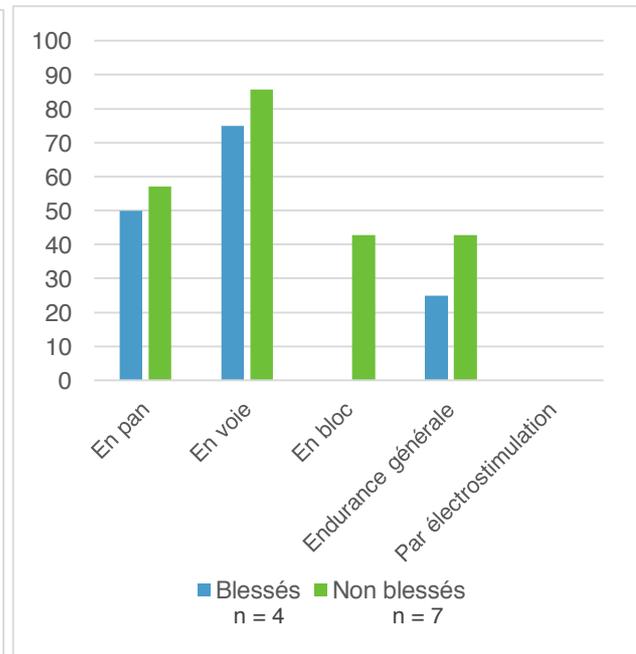


Figure 9 : préparation spécifique : travail de l'endurance / continuité

Enfin, en travail spécifique de qualité gestuelle, on ne constatait pas de différence de travail entre les 2 groupes non plus (Fig. 10).

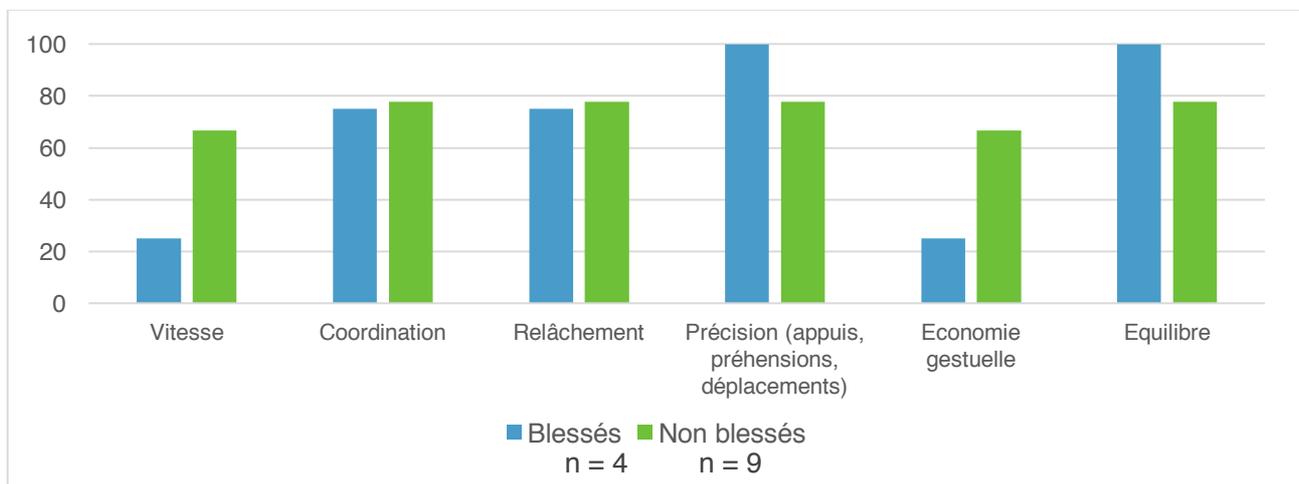
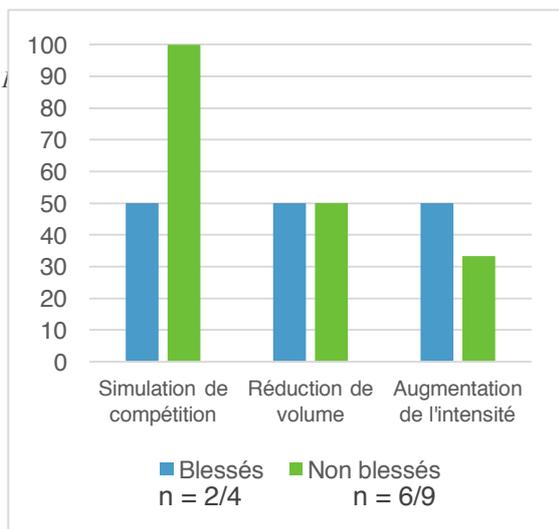


Figure 10 : préparation spécifique : travail de la qualité gestuelle

En pré compétition, 50 % de grimpeurs du groupe "blessés" (n = 2/4) et 66,67% des grimpeurs du groupe " non blessés" (n = 6/9) faisaient une préparation spécifique d'affutage (p = 1).



Les non blessés semblaient préparer les compétitions en faisant plus de simulation de compétition que les blessés ($p = 0,13$, test du X^2 , Fig. 11).

En post compétition, 50% des blessés et 66,67% des non blessés faisaient une période de récupération ($p = 1$).

Figure 11 : préparation spécifique : affutage

III.2 Echauffement, étirements, hydratation

Les données concernant l'importance accordée à l'échauffement, aux étirements et à l'hydratation, ainsi que leur durée ou quantité sont rapportées dans le tableau 3.

On a remarqué qu'il existait une forte tendance dans le groupe "blessés" à accorder moins d'importance à l'échauffement que dans le groupe "non blessés" ($p = 0,06$, test de Wilcoxon). Il existait une tendance plus légère dans le groupe "blessés" à accorder moins d'importance aux étirements et à l'hydratation ($p = 0,12$ et $p = 0,21$, test de Wilcoxon). En revanche, il n'existait aucune différence dans la durée des phases d'échauffement et d'étirements, ni dans la quantité d'hydratation lors des entraînements.

	Blessés (n=4)	Non blessés (n=9)	
Importance accordée à l'échauffement	6 [4.5-7.3]	9 [7-10]	$p=0.06$
Durée de l'échauffement (min)	30 [23.8-37.5]	25 [20-30]	$p=0.52$
Importance accordée aux étirements	6.5 [5-7.25]	9 [7-10]	$p=0.12$
Durée de l'étirement (min)	17.5 [15-21.3]	15 [10-25]	$p=0.85$
Importance accordée à l'hydratation	9 [7.3-9.3]	10 [9.5-10]	$p=0.21$
Quantité d'hydratation (Litre)	1 [0.9-1.2]	1 [0.8-1.3]	$p=0.9$

Tableau 3 : Importance accordée à l'échauffement, aux étirements et à l'hydratation par les entraîneurs

L'importance accordée aux différents paramètres a été cotée sur une échelle de Likert (0 à 10). Les données sont présentées en médiane et espace inter quartile. Les deux groupes ont été comparés par un test de Wilcoxon.

L'analyse du type d'échauffement pratiqué montrait que le groupe des blessés faisait significativement moins d'échauffement général cardiorespiratoire que le groupe "non blessés" ($p = 0,02$; test du X^2). Par ailleurs, il existait une tendance à une moindre mobilisation des articulations dans le groupe "blessés" ($p = 0,14$; test du X^2) (Fig. 12).

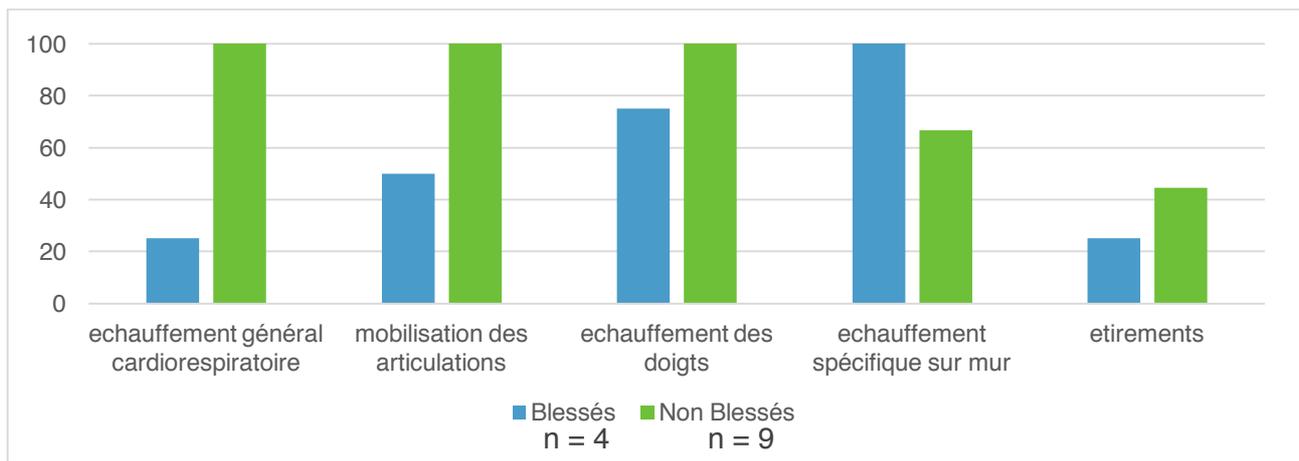


Figure 12 : type d'échauffement pratiqué

La figure 13 rapporte le type d'étirement pratiqué par les grimpeurs. 100% des blessés et non blessés s'étiraient, principalement en fin de séance. Il n'existait pas de différence entre les 2 groupes concernant les types d'étirements pratiqués.

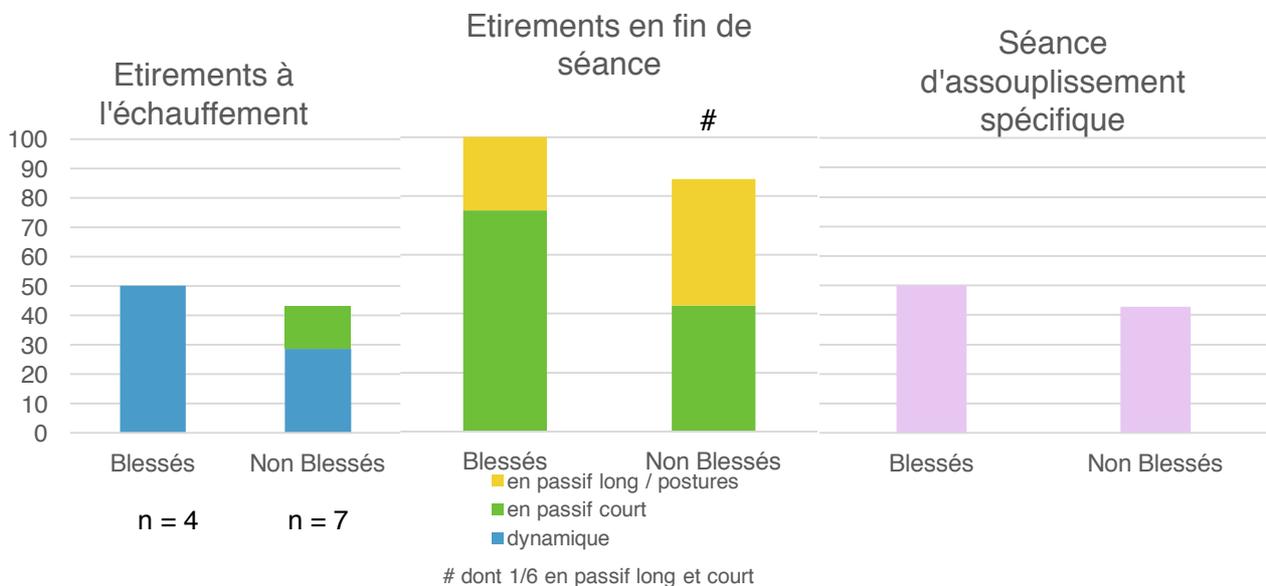


Figure 13 : type d'étirements des doigts

Les résultats concernant les muscles étirés au niveau des doigts par les grimpeurs ont été rapportés dans le tableau 4. Il n'existait pas de différence entre les 2 groupes concernant les muscles étirés. On a constaté que les muscles extenseurs et interosseux étaient moins étirés que les fléchisseurs dans les 2 groupes.

	Blessés (n = 4)	Non blessés (n = 7)
Etirement des muscles fléchisseurs (%)	100	100
Etirement des muscles extenseurs (%)	25	57,1
Etirement des muscles interosseux (%)	50	14,2

Tableau 4 : Muscles étirés au niveau des doigts

III.3 Musculation et musculation spécifique escalade

75% des grimpeurs du groupe "blessés" (n = 3/4) pratiquaient la musculation versus 85,7% des grimpeurs du groupe "non blessés" (n = 6/7) (p = 1). Dans le groupe "blessés", aucun entraîneur ne faisait pratiquer la musculation aux jeunes pré-pubères versus une pratique dans 28,6% des cas dans le groupe "non blessés" (p = 0,71).

25% des grimpeurs du groupe "blessés" (n = 1/4) musclaient leurs muscles fléchisseurs versus 57,1% des grimpeurs du groupe "non blessés" (n = 4/7). Concernant les muscles extenseurs, aucun grimpeur du groupe "blessés" ne les renforçait versus 28,6% des grimpeurs du groupe "non blessés" (n = 2/7). Il n'existait pas de différence concernant le renfort de ces muscles dans les 2 groupes.

Concernant les moyens utilisés pour se muscler les membres supérieurs, aucun grimpeur du groupe "blessés" n'utilisait des élastiques, pâtes ou balles versus 42,8% des grimpeurs du groupe "non blessés" (n = 3/7). 50% des grimpeurs du groupe "blessés" (n = 2/4) utilisaient des haltères pour le renfort musculaire (50% faisaient l'apprentissage des exercices de renfort) versus 14,3% des non blessés (n = 1/7) (tous apprenaient les exercices au préalable). La musculation par machines était pratiquée seulement par 25% des grimpeurs du groupe "blessés" (avec apprentissage des exercices au préalable). Enfin, la musculation par électrostimulation n'était utilisée que par 14,3% des grimpeurs du groupe "non blessés". Il n'y avait pas de différence entre les 2 groupes concernant les moyens utilisés pour pratiquer de la musculation.

75% des grimpeurs blessés (n = 3/4) versus 100% des grimpeurs non blessés (n = 7/7) pratiquaient des exercices de musculation spécifique à l'escalade (poutre, pan Güllich, no foot, escalade lestée) (p = 0,77). Les détails concernant la pratique de chaque technique ont été précisés dans les figures 14 et 15.

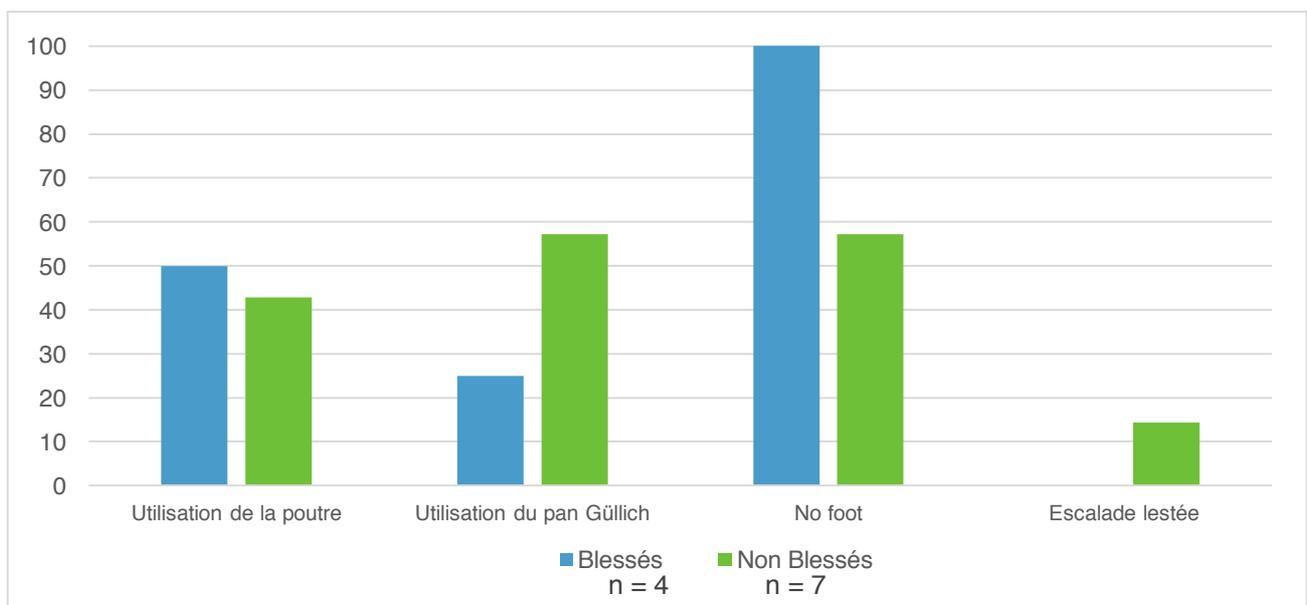


Figure 14 : musculation spécifique escalade

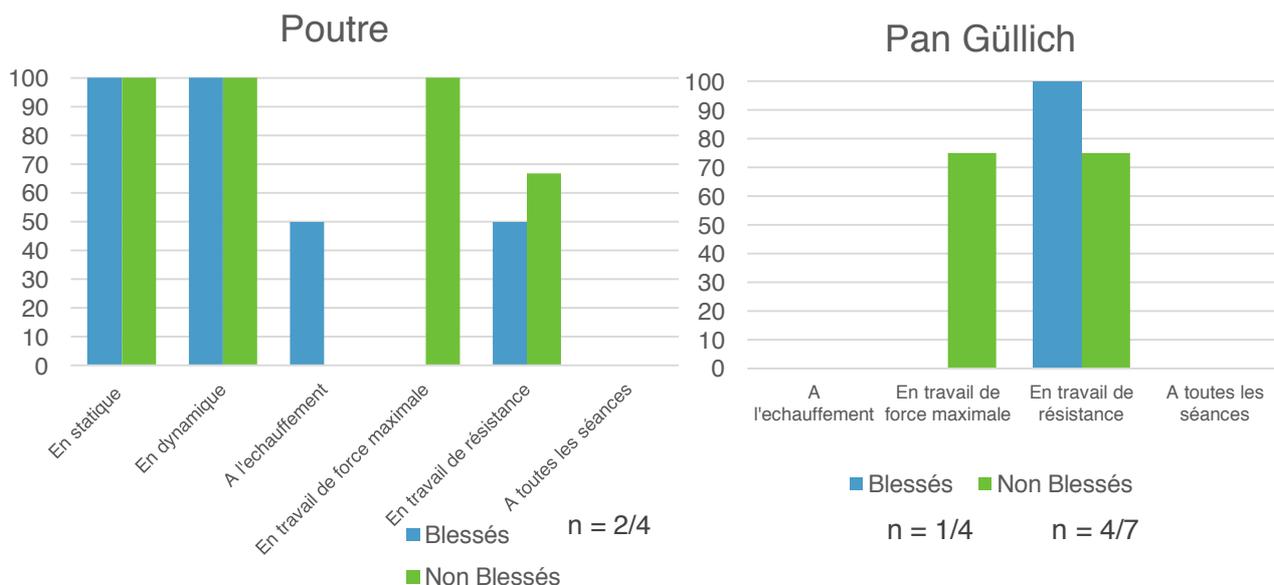


Figure 15 : musculation spécifique sur poutre et pan Güllich

On ne remarquait pas de différence significative entre les groupes “blessés” et “non blessés” concernant les différentes techniques de musculation spécifique pour l’escalade. On notait que 45,45% de l’ensemble des grimpeurs utilisaient la poutre, 45,45% utilisaient le pan Güllich et 72,72% pratiquaient le no foot.

On notait une légère tendance chez les grimpeurs non blessés à utiliser la poutre pour le développement de la force maximale des membres supérieurs ($p = 0,19$; test du X^2). Quel que soit le mode d’utilisation du pan Güllich, il n’existait pas de différence entre les 2 groupes. On notait que seuls les grimpeurs non blessés utilisaient le pan Güllich en travail de force maximale.

Enfin, seuls les grimpeurs du groupe “non blessés” pratiquaient l’escalade lestée (14,3%), en mettant le poids au niveau du tronc.

III.4 Adaptations pour les jeunes grimpeurs

Les adaptations d’entraînement en cas de fatigue d’un grimpeur ont été rapportées dans la figure 16.

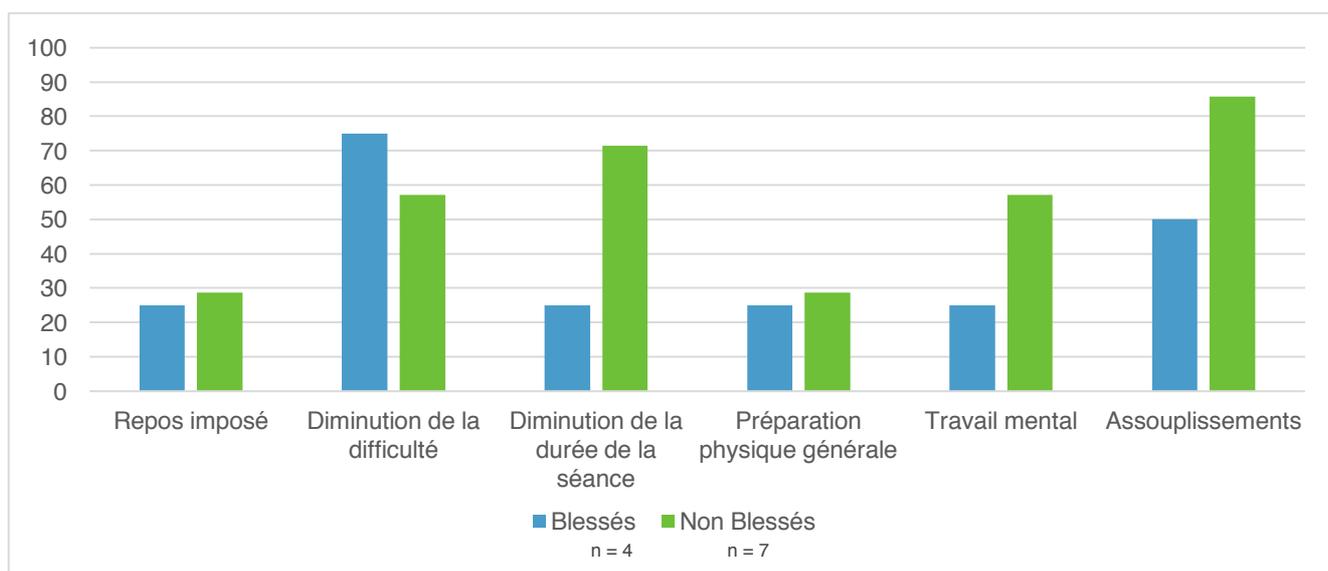


Figure 16 : adaptation de l’entraînement en cas de fatigue

Tous les entraîneurs adaptaient les entraînements en cas de fatigue d'un grimpeur. Il n'existait pas de différence dans les moyens d'adaptation utilisés entre les 2 groupes. 1 seul entraîneur a complété sa réponse manuellement en indiquant pratiquer une activité de cardio léger.

50% des entraîneurs du groupe "blessés" et 28,6% des entraîneurs du groupe "non blessés" utilisaient des secteurs avec des prises plus grosses adaptées aux moins de 12 ans ($p = 0,95$). Par ailleurs, 75% des entraîneurs des blessés ($n = 3/4$) faisaient des exercices de correction de la prise en arquée versus 28,6% des entraîneurs des non blessés ($n = 2/7$) ($p = 0,39$). Il n'existait pas de différence statistique entre les 2 groupes.

IV. DISCUSSION

IV.1 Analyse des résultats

IV.1.1 Population de l'étude

A l'encontre de la littérature qui retrouve principalement des blessés masculins, notre étude retrouvait une atteinte partagée avec 50% de filles et 50% de garçons. Cela est vraisemblablement en lien avec notre faible effectif. En revanche, les autres caractéristiques de notre population correspondaient aux autres blessés de la littérature avec des paramètres biométriques similaires notamment. Seul l'âge moyen de notre population semblait un peu plus élevé : 15,75 ans vs 14,1 ans pour V. Schöffl *et al*¹⁰ et 13,8 ans pour T. Bayer *et al.*⁴³. La répartition dans les spécialités d'escalade de nos grimpeurs était un peu différente de celle de V. Schöffl *et al.* : 50% de nos grimpeurs faisaient du bloc vs 21,4%, 25 % faisaient du bloc et de la difficulté vs 64,3%, et 25% faisaient de la difficulté vs 7,1%. Les auteurs ont remarqué que 50% des blessures sont survenues durant la pratique de bloc, ce qui pourrait expliquer la répartition que nous trouvons¹⁰. Le niveau de nos grimpeurs blessés semblait légèrement moindre que ce qui est rapporté dans la littérature : on retrouvait un niveau régulier en voie moyen de 7a et maximal de 7b/7b+ et un niveau régulier moyen en bloc de 6c+/7a et maximal de 7a/7a+. Le niveau moyen retrouvé dans la littérature est 7b+ (de 6b à 8b/8c), sans précision sur le type de pratique et si cela est à vue ou régulier^{10,41,43,44,47,52}.

Dans notre cohorte, tous les blessés l'étaient au niveau du majeur, à l'instar des 95% rapportés par V. Schöffl *et al.*¹⁰. Enfin, le temps moyen d'arrêt a été de 6,13 mois, ce qui est concordant avec les durées retrouvées par T. Hochholzer *et al.*⁴⁴

Nous avons retrouvé que nos jeunes se blessaient pour moitié lors de la préparation spécifique et pour moitié en compétition. Pour S. Gniecchi *et al.*, les périodes de blessures sont en compétition dans 33,3% des cas et en préparation spécifique dans 26,7% des cas⁵⁴.

Dans notre cohorte comme dans la littérature, les blessés ont tendance à s'entraîner plus que les non blessés¹⁰. En effet, la pratique d'au moins 4 entraînements/semaine avant 20 ans est considérée par certains auteurs comme une pratique intensive et trop précoce, avec un risque de blessure d'hypersollicitation⁵⁴. Les blessés avaient tendance à pratiquer des compétitions de niveau supérieur et à faire plus de compétitions par an. Il est nécessaire d'avoir un entraînement plus poussé pour atteindre ce niveau, augmentant donc le risque de blessure : plus le niveau de compétition est élevé, plus il y a de blessés⁵⁴.

IV.1.2 Bases de l'entraînement : échauffement, étirements, hydratation

Dans les objectifs prioritaires d'entraînement, le plaisir n'était indiqué que chez les non blessés. Cela n'a pas été retenu comme étant un facteur de risque de blessure. Malgré tout, le plaisir doit guider l'entraînement des jeunes afin de ne pas en faire des champions trop vite, avec le risque de blessure lié à l'entraînement intensif chez les enfants⁵.

Il semble que la qualité plus que la durée de l'échauffement soit importante pour prévenir les blessures. En effet, nous avons trouvé, chez les blessés, que les entraîneurs semblaient accorder moins d'importance à l'échauffement ($p=0,06$), mais aussi aux

étirements et à l'hydratation. En pratique, les blessés faisaient moins d'échauffement cardiorespiratoire ($p=0,02$) que les non blessés et semblaient faire moins de mobilisations articulaires pour s'échauffer. Cette moindre importance accordée à l'échauffement et le manque d'échauffement cardio respiratoire chez les blessés apparaît être un facteur de risque de blessure. Malgré tout, les durées d'échauffement étaient les mêmes entre les 2 groupes (25 – 30 minutes), et étaient plus longues que les 18,3 +/- 7,3 minutes rapportées par V. Schöffl *et al*⁴⁷. Nous avons retrouvé que 100% des grimpeurs interrogés faisaient un échauffement, mais avec des défauts chez les blessés. Cela corrobore les données de V. Schöffl *et al.* de 2016 qui s'étonnaient qu'autant d'adolescents (71,4%) pratiquent des échauffements, qui semblaient bien menés. La différence entre les résultats peut être liée au fait que nous ayons directement interrogé les entraîneurs et que nous ayons détaillé le contenu de l'échauffement. Cela est important car la pratique de l'escalade sans échauffement est associée à un risque de blessures sévères. Même si un bon échauffement n'est pas considéré comme préventif des lésions épiphysaires des doigts, il est préventif d'autres blessures et notamment d'hypersollicitation^{10,54,62}.

Les entraîneurs des grimpeurs des 2 groupes indiquaient que les jeunes buvaient 1 litre d'eau lors de leurs entraînements en moyenne. Cela est supérieur aux données de S. Gnechi *et al.* de 2010, qui retrouvaient que 31,3% des grimpeurs buvaient moins de 50cl par heure d'entraînement⁵⁴. Les recommandations d'hydratation de l'Institut du Sport, de l'Expertise et de la Performance sont de boire 150 à 300 ml en 15 à 30 minutes selon la tolérance personnelle (soit au minimum 300ml/heure)⁶³. Même si l'on ne sait pas si l'hydratation prévient des lésions épiphysaires des doigts, il est reconnu que le sport en salle déshydrate plus qu'en plein air. On sait qu'une bonne hydratation avant et à l'effort est essentielle à une bonne performance et à la prévention des accidents musculaires et tendineux (un tendon hydraté coulissant mieux)⁶². En cela, on peut penser que l'hydratation permet aussi de prévenir les blessures d'hypersollicitation. Par ailleurs, c'est dans l'enfance que les jeunes doivent prendre de bonnes habitudes d'entraînement pour le futur.

Notre étude a montré que tous les grimpeurs s'étiraient les membres supérieurs lors de leurs entraînements, durant 15 à 17,5 minutes. Dans le groupe "blessés", les entraîneurs indiquaient en revanche accorder moins d'importance aux étirements et, en préparation physique générale, la souplesse était moins travaillée ($p=0,09$). Or on sait que le manque de souplesse est un facteur de risque de lésion d'hypersollicitation^{54,62}. Ces résultats sont malgré tout meilleurs que ceux retrouvés dans la littérature : pour V. Schöffl *et al.* 80 à 84% des jeunes font des étirements, et pour S. Gnechi *et al.*, 67,2% des grimpeurs font des étirements spécifiques dont 2/3 au niveau des mains, mais 45,9% font des étirements trop courts (2 à 5 minutes)^{47,52,54}. Les différences observées sont probablement à mettre en lien avec notre faible nombre de participants.

En revanche, on constatait que les muscles fléchisseurs semblaient plus étirés que les muscles extenseurs et les interosseux de la main. Or, les muscles interosseux sont très développés chez les grimpeurs et participent à la fermeture de la main en « main creuse ». Si ces muscles sont trop raccourcis, la mobilité des articulations métacarpo-phalangiennes est limitée et il existe un risque de claquage. L'étirement de ces muscles est recommandé après une rupture de poulie. La survenue des lésions épiphysaires de stress des doigts des enfants résultant des mêmes mécanismes, on peut supposer que leur étirement peut aider à la prévention de ces blessures. Les muscles extenseurs, quant à eux, sont peu sollicités en escalade et s'enraidissent et se rétractent. Leur étirement permet de prévenir des tendinopathies au coude et de rendre la souplesse au poignet et aux doigts^{5,62}.

IV.1.3 Renforcement musculaire spécifique des membres supérieurs

Lors de leur préparation spécifique, environ 80% des blessés et non blessés faisaient un travail de la force maximale des membres supérieurs ; soit un pourcentage proche des 9 grimpeurs compétiteurs sur 10 constatés par V. Schöffl *et al.*⁴⁷ Au niveau de la main, 25% des blessés musclaient leurs muscles fléchisseurs versus 57,1% des non blessés. Concernant les muscles extenseurs, aucun grimpeur du groupe “blessés” ne les renforçait versus 28,6% des grimpeurs du groupe “non blessés”.

Ces résultats sont cohérents avec ceux de V. Schöffl *et al.* qui ont montré que 70% des jeunes compétiteurs avaient un entraînement additionnel spécifique pour les membres supérieurs. En revanche, ils retrouvaient que 60% des jeunes grimpeurs faisaient un travail d'avant-bras et des fléchisseurs des doigts (soit bien plus que dans notre travail) et 30%, un travail d'avant-bras et des muscles extenseurs des doigts⁴⁷. La différence chez les blessés peut être en lien avec notre faible effectif. Malgré tout, nous avons remarqué que le travail des extenseurs était peu fait, alors que le renfort de ces muscles a un rôle préventif des blessures via le rééquilibrage musculaire au niveau de la main. S. Gneccchi *et al.* recommandent pour cela un travail spécifique des muscles antagonistes (extenseurs) lors de toute séance de développement de la force des doigts^{5,62}.

Concernant les moyens utilisés pour se muscler les membres supérieurs, parmi les blessés, aucun n'utilisait les élastiques, pâtes ou balles versus 42,8% des non blessés. En revanche, les blessés utilisaient plus les haltères et les machines de musculation. Malgré l'absence de différence mesurée, nous remarquons que les blessés avaient tendance à utiliser des méthodes pouvant être un peu plus agressives pour la musculation de leurs membres supérieurs.

75% des grimpeurs blessés versus 100% des grimpeurs non blessés pratiquaient des exercices de musculation spécifique à l'escalade : poutre, pan Güllich, no foot, escalade lestée. En détail, 45,45% des entraîneurs déclaraient faire pratiquer de la poutre et du pan Güllich aux enfants et 72,72% leur faisaient pratiquer du no foot. Ces techniques ne sont pas reconnus comme facteur de risque de blessure dans notre étude, probablement du fait du faible nombre de participants.

Le no foot est un facteur de risque connu de lésion épiphysaire des doigts et est largement pratiqué dans notre étude. L'utilisation de cette technique semble large dans notre population étant donnée la tranche d'âge visée (9-18 ans). Elle a été aussi systématiquement retrouvée chez nos blessés, âgés de 14 à 17 ans.

La poutre était utilisée pour travailler la force maximale des membres supérieurs chez 0 blessé et 100 % des non blessés et pour travailler la résistance chez 50% des blessés et 66,6 % des non blessés. Le pan Güllich était utilisé en travail de la force maximale des membres supérieurs chez 0 blessé et 75 % des non blessés, et en travail de la résistance chez 100% des blessés et 75 % des non blessés.

1 blessé âgé de 14 ans utilisait la poutre, et 1 blessé âgé de 17 ans utilisait la poutre et le pan Güllich.

La poutre et le pan Güllich sont des facteurs de risque de lésion épiphysaires des doigts chez les enfants, et sont interdits avant 16 ou 18 ans en prévention. On constate que ces outils sont malgré tout utilisés par les entraîneurs, et notamment en force maximale et résistance, ce qui augmente le risque de blessures^{5,10,13,51,62}. Néanmoins, on retrouve une utilisation moindre du pan Güllich que V. Schöffl *et al.* qui recensaient une utilisation chez 80% des jeunes grimpeurs compétiteurs en 2004⁴⁷.

Enfin, nous avons constaté que l'escalade lestée était une pratique rare dans notre étude (14,3% chez les non blessés). C'est concordant avec les données de V. Schöffl *et al.* qui retrouvent la pratique lestée chez 1 jeune grimpeur compétiteur sur 10⁴⁷.

IV.1.4 Adaptations effectuées chez les jeunes grimpeurs

Nous avons constaté que tous les entraîneurs étaient attentifs aux effets des entraînements sur les enfants. Tous faisaient une adaptation en cas de fatigue, ce qui est conforme aux recommandations d'entraînements chez les enfants¹⁸.

50% des entraîneurs du groupe "blessés" et 28,6% de ceux du groupe "non blessés" adaptent les prises pour les moins de 12 ans en utilisant des grosses prises, comme recommandé, pourcentage qui semble insuffisant⁵.

Enfin, 75% des entraîneurs du groupe "blessés" et 28,6% de ceux du groupe "non blessés" font des exercices de correction de la prise en arquée, sans différence statistique entre les 2 groupes. Cela semble peu, notamment chez les non blessés, étant donné les risques de blessures liés à la préhension arquée.

IV.2 Problèmes soulevés

Actuellement, les jeunes grimpeurs sont au même niveau (voire à un niveau supérieur) que les adultes, grâce à leur meilleur rapport poids/puissance^{3,12,13,47,52,58,60}. De ce fait, le nombre de blessures liées à l'escalade est actuellement le même chez les adultes et chez les adolescents⁶⁴.

L'analyse des réponses de notre étude montre une disparité dans les méthodes d'entraînements, et celles-ci sont dérivées des méthodes adultes. En effet, notre questionnaire a été basé sur les données d'entraînement connues actuellement, décrites uniquement chez l'adulte. Or ces méthodes ne sont pas forcément adaptées aux enfants et, par conséquent, à risque de lésion des cartilages de croissance. Dans notre cohorte, la pratique de 4 entraînements par semaine conduit à sursolliciter les doigts par rapport au niveau et aux capacités des jeunes grimpeurs^{10,37,54}.

Nous avons retrouvé, comme cela avait été soulevé par S. Gnecci *et al.*, que les bases d'entraînement ne sont pas forcément bien respectées^{5,62}. Le manque d'échauffement est même un facteur de risque de blessure dans notre étude. Le problème est que les habitudes d'entraînements sont acquises dans l'enfance. Or, la pratique d'un sport extrême peut sans doute provoquer de l'arthrose surtout en cas de négligence des phases d'échauffement, d'entraînement, et si la pratique est exclusive et intensive durant la période de croissance. Les jeunes grimpeurs d'aujourd'hui développeront-ils de l'arthrose précoce des doigts ?⁵

Notre étude retrouve que les jeunes utilisent la poutre, le pan Güllich et le no foot alors que ce sont des facteurs de risque de lésions épiphysaires des doigts. Si notre étude retrouve des niveaux d'utilisation moindres que dans d'autres études, ces résultats sont peut-être sous-estimés. En effet, du fait que nous ayons interrogé les entraîneurs, nous n'avons pas les données des pratiques personnelles hors supervision des jeunes grimpeurs. Or, la littérature retrouve que ceux-ci ne connaissent pas les limitations d'utilisation de ces instruments. Par ailleurs, les jeunes imitent ce que font les adultes mais ne se limitent pas grâce à un métabolisme principalement aérobie, leur permettant de moins se fatiguer^{2,5,10}. Ainsi, un des blessés interrogés s'est blessé en faisant du pan Güllich juste après avoir fini ses entraînements, alors qu'il allait débiter les compétitions et que ses entraînements

s'étaient intensifiés. Il n'était pas au courant des restrictions concernant le pan Güllich, ainsi que des risques de blessure.

Par ailleurs, lors de discussions avec certains entraîneurs, nous nous sommes rendus compte qu'il existe aussi une méconnaissance des interdictions concernant ces méthodes à risque. Pour exemple, un papa entraîneur faisait pratiquer de la poutre et du pan Güllich en dynamique à sa fille de 12 ans, de niveau régional, alors qu'elle n'avait pas encore une maturité musculaire adéquate.

Si dans notre étude, il ressort que les entraîneurs faisaient attention à adapter les entraînements en cas de fatigue, il manque des données plus précises concernant les périodes de repos. T. Hochholzer *et al.* recommandent notamment de programmer des périodes de repos : après un travail de la force (minimum de 48h de repos) et sur toute l'année. Or cela est souvent négligé, avec le risque de surentraînement et de blessures que cela entraîne.

Chez l'enfant, le développement physique et psychique évolue par paliers, qui sont variables entre les individus et les sexes. Les entraînements et les phases de repos doivent être individualisés, ce qui est compliqué lorsque l'entraîneur s'occupe d'un groupe⁵. Nous pensions trouver plus de blessures dans les situations où les grimpeurs étaient plus nombreux dans le groupe d'entraînement, mais cela n'a pas été le cas. Est-ce en lien avec notre faible nombre de participants et l'attention des entraîneurs sur la fatigue ?

La discussion lors de nos consultations avec les entraîneurs, les jeunes grimpeurs et leurs parents montre aussi une méconnaissance de ces lésions des doigts et de leurs risques à long terme. Cette méconnaissance des lésions des cartilages de croissance, et de la croissance, est aussi rapportée dans d'autres sports pratiqués par les enfants^{12,18}. Une information des parents, des enfants et des entraîneurs sur les blessures et les signes devant les alerter permet une prise en charge plus précoce des lésions d'hypersollicitation des physes, une diminution des temps d'arrêts et une limitation des complications de ces fractures^{22,65}. Ceci est important en escalade puisqu'un traitement précoce des fractures épiphysaires des doigts apporte de meilleurs résultats qu'un traitement tardif, avec des risques de déplacement de la fracture assez rapides (12 semaines)⁴⁴.

Chez les grimpeurs, la non écoute du corps et des douleurs est bien connue. Ils considèrent qu'il est normal d'avoir mal aux doigts lors de leur pratique et seuls 23,7% s'arrêtent immédiatement en cas de douleur. De plus, ils pratiquent l'autodiagnostic et plus de la moitié ne consulte pas après une douleur au doigt^{54,62}. Les jeunes grimpeurs reproduisent les mêmes habitudes : en cas de blessure, seuls 54% des jeunes âgés de 11 à 19 ans ont eu une prise en charge médicale ou paramédicale⁶⁴.

D'ailleurs, parmi nos blessés, une grimpeuse avait mal au doigt mais ne l'a déclaré que plusieurs semaines après, lors de son suivi médical de haut niveau.

Enfin, $\frac{3}{4}$ des grimpeurs reprennent l'escalade après une blessure alors que les douleurs sont encore présentes⁵⁴. Or, en cas de fracture épiphysaire de stress de doigt chez l'enfant, une reprise trop précoce sur des lésions non guéries entraîne un risque de séquelles irréversibles (épiphysiodèse, déformation du doigt)^{5,46}.

Il est bien décrit que la pratique de l'escalade en compétition amène un risque de blessure des doigts. En effet, l'entraînement intensif (parfois erroné), l'hypersollicitation des doigts, le manque de repos et les compétitions font que les athlètes frôlent avec la rupture^{5,54,58}. Chez les enfants, ce phénomène peut être majoré par la pression amenée sur le jeune, par l'entourage et les parents, pour performer. Et chez les adolescents se surajoute

leur comportement naturel à haut risque faisant qu'ils ne se limitent pas et que la difficulté ne les arrête pas^{3,10,21,65}.

Si les compétitions internationales de bloc ont été interdites avant 16 ans pour éviter les risques de blessure, il existe en revanche de nombreuses compétitions locales de bloc qui sont ouvertes aux jeunes. Dans ces compétitions, le problème est que de nombreux blocs sont proposés à l'essai (parfois jusqu'à 50 problèmes). Si un adulte va s'arrêter par fatigue au bout de 2-3h, l'adolescent, du fait de son métabolisme et de sa non limitation psychologique, grimpera de nombreuses heures¹⁰. On peut aussi remarquer ce comportement à l'entraînement, typiquement chez notre grimpeur qui s'est blessé en poursuivant de manière personnelle ses entraînements (sur pan Güllich), après la fin de l'entraînement en groupe. Ce phénomène est aussi décrit chez les jeunes pratiquant la musculation ; c'est lors de cette pratique supervisée que surviennent les blessures liées à l'entraînement en force²⁸.

Lors de notre étude, le problème des compétitions trop rapprochées et du manque de repos a été aussi rapporté spontanément par les entraîneurs. En effet, une de nos grimpeuses s'est blessée durant l'été, en enchaînant les compétitions, alors qu'elle était en autonomie, hors entraînement (fin de saison en club). L'analyse de son calendrier de compétition a montré qu'elle avait fait durant la saison 2015 – 2016 15 compétitions (21 journées au total), à raison d'1 ou 2 compétitions par mois. Les compétitions régionales ou nationales étaient espacées de 3 ou 4 semaines systématiquement. En revanche, les compétitions internationales étaient regroupées l'été, avec notamment 2 compétitions européennes à 1 semaine d'intervalle. De plus, l'athlète n'avait pas de coupure d'escalade : il n'y avait pas de compétition en septembre, mais les entraînements en club reprenaient.

Enfin, il faut noter que les fractures de stress épiphysaires des doigts peuvent survenir aussi lors des préhensions tendues. En effet, un de nos blessés, sensibilisé aux risques des préhensions en arqué, grimpeait au maximum en tendu et s'est malgré tout blessé aux 2 majeurs⁴⁰. Si la position en tendu est protectrice, elle ne négative pas le risque de blessure lors de la pratique intensive de l'escalade chez les jeunes.

IV.3 Prévention

Des mesures préventives des fractures de stress épiphysaires des doigts peuvent se dégager de notre étude et de la littérature.

Lors des entraînements sportifs des enfants, de nombreuses études sont unanimes concernant la prévention des blessures d'hypersollicitation des physes. Les entraînements des enfants doivent être individualisés, adaptés à l'activité, progressifs, planifiés, avec des périodes de récupération. Ils doivent tenir compte de l'immaturation physique et psychologique des enfants. Les techniques et les forces appliquées sur le squelette immature doivent être adaptées au risque de lésion des cartilages de croissance. Les entraîneurs doivent être formés sur la physiologie de la croissance et aux blessures liées et être certifiés pour travailler avec des enfants. Les équipements sportifs doivent être adaptés aux enfants. En cas de pic de croissance, il faut diminuer la charge pour éviter les lésions de stress des physes. La communication entraîneurs / médecins doit être améliorée pour mieux détecter les pathologies d'hypersollicitation. Les enfants doivent être éduqués aux bases de l'entraînement. Enfin, leur participation au sport doit être basée sur le plaisir^{2,3,5,11,12,21,66,67}.

En escalade, ces données sont reprises et complétées. Les entraînements des enfants doivent être individualisés, progressifs et à l'écoute du corps. Pendant l'enfance et l'adolescence, il est recommandé de développer les apprentissages moteurs (70 à 80% du temps d'entraînement), le répertoire gestuel et de former les jeunes à une escalade

polyvalente et d'éviter les entraînements trop intensifs tant que la croissance n'est pas terminée. Les charges doivent être progressives et entrecoupées de périodes de repos, adaptées à l'âge et à l'expérience, pour prévenir les blessures. Les entraîneurs doivent être qualifiés et proposer des exercices efficaces et sécuritaires pour un sexe et un âge biologique donnés.

En pratique, les entraînements doivent être planifiés, selon le calendrier de compétitions et les capacités d'adaptation aux entraînements des enfants. Après les phases de compétition, l'idéal est de prévoir une période de récupération de 3 à 5 semaines. Cette période est actuellement impossible à respecter avec le calendrier international actuel en bloc (compétitions espacées d'1 semaine l'été 2016). Une réflexion avec l'IFSC pourrait être menée pour espacer les compétitions internationales.

Chaque séance doit comporter un échauffement puis le travail spécifique, suivi d'un retour au calme. Il faut donner les bonnes habitudes aux enfants pour qu'ils intègrent et les continuent à l'âge adulte.

L'échauffement vise à préparer les corps et les doigts à une activité « inhabituelle » et à prévenir les blessures. Il doit être général (cardiorespiratoire) puis spécifique (doigts et mains, jeux sur le mur d'escalade, étirements dynamiques) et durer au minimum 20 minutes. Nous avons prouvé dans notre étude l'importance de l'échauffement général, cardiorespiratoire. Et pour V. Schöffl *et al.*, il faut travailler avec les entraîneurs et les athlètes pour qu'ils s'échauffent bien avant de forcer sur les doigts.¹⁰ Il est très intéressant de profiter de l'enfance pour développer l'endurance des grimpeurs à une période où le métabolisme est favorable.

Les séances doivent débuter et finir par des voies faciles. Il est inutile de s'entraîner sur des petites prises : les résultats sur la force des fléchisseurs sont identiques avec des prises > 2cm, sans risque traumatique. Les prises doivent être non rugueuses et non anguleuses pour éviter les lésions des doigts. La préhension tendue doit être favorisée, sans crispation, pour limiter les risques de blessure des doigts.

En bloc comme en voie, les parcours doivent être spécifiques pour les enfants : sans tractions maximales, avec des prises adaptées, des mouvements variés et des positions de repos.

Le retour au calme consiste en un récapitulatif de séance et des étirements.

L'entraîneur doit surveiller la fatigue des enfants et leur imposer des pauses.

Pour gagner en performance, l'entraîneur peut se servir de certains exercices pratiqués par les adultes mais ils ne doivent pas excéder 20% du temps complet d'entraînement.

Concernant les étirements, ils semblent permettre de prévenir les blessures (résultats inconstants) et une meilleure récupération en fin d'entraînement. Des séances d'assouplissement spécifiques permettent d'améliorer la souplesse, les fonctions musculaires et articulaires, et d'aider à la récupération en cas de blessure.

En prévention des blessures du membre supérieur, il faut améliorer la dissymétrie musculaire des extenseurs versus fléchisseurs et renforcer les extenseurs du poignet et des doigts.

Au final, cela revient à appliquer les recommandations de C. Munier *et al.* de 1992 en prévention de la main chronique du grimpeur : règles hygiénodététique notamment en termes d'hydratation, échauffement progressif avec étirements des doigts, entraînement spécifique raisonnable, diversification de l'escalade. A cela, il faudrait rajouter une modification du calendrier international^{5,10,13,37,41,45,49,53,62,68}.

Quant au renforcement musculaire, des études ont montré que la pratique de musculation chez le jeune pré-pubère peut être bénéfique. L'entraînement en force permet

d'améliorer l'habileté motrice, de créer des adaptations nerveuses au niveau musculaire, de contrôler le poids, de renforcer les os et de créer des bonnes habitudes pour la suite de la carrière^{2,28,66,68} En revanche, afin d'éviter des blessures, il est nécessaire d'effectuer un apprentissage des techniques et de superviser les enfants pour prévenir les lésions des cartilages de croissance².

En escalade, la plus grande prudence lors de l'entraînement en force des doigts est recommandée, surtout avant 16 ans. La récupération doit être programmée après un travail en force. En cas de travail en salle de musculation, un travail sans machine mais avec des poids adaptés est préconisé. Les suspensions doivent se faire sur des grosses prises rondes ; l'excentrique en descente étant déconseillé car traumatisant. Le travail de pliométrie doit se faire sous supervision du fait des risques au niveau des doigts^{5,13,68}.

Concernant la poutre, pour prévenir les lésions d'hypersollicitation, T. Hochholzer *et al.* conseillent d'attendre la fin de croissance pour l'utiliser et de choisir des préhensions et des angulations de travail variées : préhension tendue ou semi arquée, coude et épaule légèrement fléchis⁵.

La pratique lestée, du fait du risque de blessure est déconseillée ou à réserver au grimpeur de haut niveau avec une extrême prudence^{5,62}.

L'utilisation du pan Güllich est interdite chez les adolescents du fait du risque de blessures des doigts. Pour l'UIAA, le pan Güllich est interdit en no foot et en dynamique avant 18 ans, au profit du travail de souplesse, coordination et technique⁵¹. De même, certains auteurs contre indiquent le pan Güllich avant 15-16 ans et avant que l'adolescent n'ait augmenté sa force musculaire.^{5,62} Du fait des risques lésionnels sur les doigts, son utilisation nécessite une préparation, via le no foot par exemple. La pratique sur pan Güllich ne doit jamais se faire avec du lest, jamais en arqué, jamais à froid et en cas de fatigue, sans double jeté et sous supervision.

La pratique maximale conseillée est de 1 à 3 fois par semaine sur un cycle de 3 semaines au maximum. Les interdictions ne fonctionnant pas chez les adolescents, V. Schöffl *et al.* proposent d'apprendre aux adolescents un entraînement spécifique sur pan Güllich en utilisant les pieds. L'apprentissage d'une technique déchargeant les doigts et supervisée permettra à la fois de cadrer les adolescents et de permettre une pratique plus sécuritaire en cas d'utilisation non supervisée^{5,62}. Malgré tout, il reste qu'une information claire et largement diffusée (FFME et clubs) sur les dangers de ces techniques est à développer.

Concernant les compétitions, il existe déjà des interdictions en prévention des fractures épiphysaires des doigts des enfants^{13,53}.

Il semble important de compléter ces mesures : S. Gnechi *et al.* recommandent de commencer les compétitions internationales de difficulté en catégorie senior à partir de 18 ans chez les filles et 17 ans chez les garçons. S'ils débutent plus jeunes, ils présentent plus de blessures. Ils conseillent aussi de bien préparer les compétitions internationales de bloc à partir de 16 ans. Si le jeune grimpeur n'a pas le niveau, il risquera plus de se blesser⁵⁰. Enfin, V. Schöffl *et al.* recommandent d'utiliser des prises impossibles à prendre en arqué lorsque des adolescents participent aux compétitions. Ils conseillent aussi de limiter le nombre des blocs à grimper quand des adolescents participent aux compétitions¹⁰. L'information serait à faire passer aux clubs et entraîneurs via la FFME.

Il semble important d'informer les jeunes grimpeurs, leurs parents et les coaches sur la fragilité des cartilages de croissance et notamment lors du pic de croissance. Une information claire sur les fractures épiphysaires de stress des doigts, leurs facteurs de risque

et leurs symptômes (douleurs, raideur, œdème) est à délivrer. Il faut bien rappeler aux jeunes grimpeurs que la douleur est un signal d'alarme qu'il faut respecter.

Ces informations pourraient être distribuées via la FFME, via une fiche d'information sur internet et transmise aux clubs et entraîneurs. Pour T. Hochholzer *et al.*, si le jeune grimpeur écoute son corps, si on explique et accompagne les jeunes en évitant les formes d'entraînement trop risquées, il ne développera pas forcément d'arthrose^{5,21,22,31,37,47,67,69}.

IV.4 Intérêts de l'étude et perspectives

A notre connaissance, il s'agit de la première étude concernant les fractures épiphysaires de stress des doigts à propos des jeunes grimpeurs français. Il s'agit aussi de la première étude cherchant à préciser le contenu exact des entraînements des enfants.

Il s'agit bien évidemment d'une étude pilote, qui devra être poursuivie en ciblant les points de faiblesse des entraînements mis en évidence. Le recueil des données des jeunes inscrits en club pourrait passer par une méthode d'auto-questionnaire sur Internet, comme cela se pratique en athlétisme : sport individuel à pratiques multiples comme l'escalade⁷⁰. Ce questionnaire pourrait être proposé lors de la prise de licence par la FFME. Le recueil des données des jeunes inscrits en haut niveau a déjà commencé à être mis en place dans le suivi médical réglementaire, avec notamment la mise en œuvre de radiographies des mains dans le suivi de ces jeunes grimpeurs.

Concernant les mesures préventives, nous avons déjà mis en évidence des éléments de base à travailler avec les entraîneurs, à compléter ensuite avec une étude complémentaire et les travaux effectués dans les autres pays (V. Schöffl et T. Hochholzer en Allemagne, travaux en cours en Autriche...), via l'IFSC.

IV.5 Limites de l'étude

Le faible nombre de réponses de notre étude limite la généralisation des résultats et conduit à des différences rarement significatives. Néanmoins, le recueil de 4 blessés pour 5 blessures sur une période de 18 mois, correspond aux incidences rapportées en Allemagne par T. Bayer *et al.* entre 2010 et 2012 et par V. Schöffl *et al.* entre 2009 et 2013 (5 à 6 blessés sur 18 mois)^{10,43}.

Cette étude manque de puissance du fait d'un taux de réponse très bas. Cela est très probablement lié au questionnaire trop long. En effet, celui-ci a été testé initialement comme étant faisable en 5 minutes, mais le logiciel en ligne a montré que les entraîneurs le remplissaient en 15 minutes. Cette durée a été corrigée lors du 2^{ème} envoi par mail. Par ailleurs, en voulant aller du plus général au plus spécifique sur la main dans le questionnaire, il y a eu des redondances (ex : travail de souplesse en préparation générale puis questions sur les étirements, renfort musculaire en préparation spécifique puis questions de musculation spécifique pour les membres supérieurs). Cela explique donc le retour de questionnaires incomplets et les réponses non analysables.

De plus, pour l'interprétation des données de musculation spécifique avec le pan Güllich, la poutre ou le no foot, il aurait été judicieux d'avoir l'âge des jeunes du groupe "non blessés". En effet, l'utilisation de ces techniques peut se concevoir sur la dernière tranche d'âge de la population interrogée (à partir de 16 ans).

Par ailleurs, après analyse de cette étude, on constate que les questions ont pu être jugées trop fermées et « agressives » par/ pour les entraîneurs, et pas assez ciblées sur la main. Cela a été signalé par certains entraîneurs par retour de mail.

Enfin, il existe un biais de déclaration de la part des entraîneurs. Pour exemple, nous avons traité les données remplies par un patient que nous suivions directement alors que son entraîneur n'a pas mentionné de blessé dans son questionnaire sur la période donnée (alors que celui-ci a rempli le questionnaire malgré tout).

Nous avons choisi d'adresser les questionnaires aux entraîneurs malgré tout car nous voulions atteindre les enfants pratiquant tous les niveaux de compétitions, et pas seulement le haut niveau. Contacter directement tous les enfants, avec la problématique du consentement chez les mineurs, ou de leurs médecins, qui ne sont pas forcément des spécialistes de la main, aurait été utopique.

V. CONCLUSION

Il existe une augmentation régulière des fractures de stress épiphysaires chez les jeunes grimpeurs depuis 1994. Le risque de ces fractures est potentiellement péjoratif via une épiphysiodèse, voire de l'arthrose.

Avec 5 blessures pour 4 blessés, notre étude retrouve une incidence qui semble proche de celle retrouvée en Allemagne. Malgré les limitations liées à notre faible puissance, les facteurs de risque de blessure qui ressortent de notre étude sont un manque d'échauffement cardiorespiratoire et un manque de travail de souplesse chez les blessés.

Ce travail sera à compléter par une étude de plus grande envergure pour confirmer et compléter les données.

En prévention des fractures épiphysaires de stress des doigts, suite à notre étude et aux données de la littérature, il semble important de bien rappeler aux jeunes grimpeurs et aux entraîneurs l'importance des bases de l'entraînement : échauffement complet, étirements et hydratation. L'interdiction des techniques de renfort musculaire des membres supérieurs (pan Güllich, poutre) étant difficile à appliquer chez les adolescents, une large diffusion sur les dangers pour les doigts est à diffuser. Par ailleurs, l'apprentissage d'un entraînement sur pan Güllich utilisant les pieds pour soulager les doigts permettrait de cadrer la pratique chez les adolescents en la sécurisant un minimum. En compétition et notamment de bloc, une modification des prises, impossibles à prendre en arqué et la limitation du nombre de blocs à grimper protégeraient les doigts des adolescents. Une adaptation du calendrier international de compétitions est à envisager pour permettre une récupération satisfaisante entre 2 compétitions. Enfin, une information sur les fractures épiphysaires de stress est à délivrer via la FFME aux grimpeurs, aux entraîneurs et aux parents pour diagnostiquer plus rapidement les lésions et limiter leurs conséquences. L'impact sur la survenue d'arthrose digitale de ces lésions et des pratiques d'entraînement actuelles reste à évaluer.

BIBLIOGRAPHIE

1. Fédération Française de Montagne et d'Escalade. www.ffme.fr.
2. Costill, D. L. & Wilmore, J. H. *Physiologie du sport et de l'exercice: adaptations physiologiques à l'exercice physique*. (De Boeck Supérieur, 2006).
3. Kerssemakers, S., Fotiadou, A., de Jonge, M., Karantanas, A. & Maas, M. Sport injuries in the paediatric and adolescent patient: a growing problem. *Pediatric radiology* **39**, 471–84 (2009).
4. Faigenbaum, A. & Myer, G. Pediatric Resistance Training: Benefits, Concerns, and Program Design Considerations. *Current Sports Medicine Reports* **9**, 161 (2010).
5. Hochholzer, T., Schöffl, V., Roloff, R. & Thiabaud, S. *Escalade, blessures et traumatismes: Les prévenir, les guérir*. (Glénat).
6. Paterno, M., Taylor-Haas, J., Myer, G. & Hewett, T. *Orthopedic Clinics of North America. Pediatrics* **44**, 553–564 (2013).
7. Flachsman, Broom, Hardy & Moltschaniwskyj. Why is the adolescent joint particularly susceptible to osteochondral shear fracture? *Clinical orthopaedics and related research* 212–21 (2000).
8. Bak & Boeckstyns. Epiphysiodesis for bilateral irregular closure of the distal radial physis in a gymnast. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* **7**, 363–6 (1997).
9. Kasdan, M. Physeal growth arrest of the distal phalanx of the thumb in an adolescent pianist: A case report. *The Journal of Hand Surgery* **23**, 956 (1998).
10. Schöffl & Schöffl. Epiphyseal stress fractures in the fingers of adolescents: Biomechanics, Pathomechanism, and Risk factors. *European Journal of Sports Medicine* **3**, (2016).
11. Maffulli & Bruns. Injuries in young athletes. *European journal of pediatrics* **159**, 59–63 (2000).
12. Caine, DiFiori & Maffulli. Physeal injuries in children's and youth sports: reasons for concern? *British Journal of Sports Medicine* **40**, 749–760 (2006).
13. Morrison, A. & Schöffl, V. Physiological responses to rock climbing in young climbers. *British journal of sports medicine* **41**, 852–61; discussion 861 (2007).
14. Hale. Little Leaguer's shoulder: a report of 23 cases. *The American journal of sports medicine* **27**, 269 (1999).
15. Laor, T., Wall, E. & Vu, L. Physeal widening in the knee due to stress injury in child athletes. *AJR. American journal of roentgenology* 1260–4 (2006).
16. Micheli. Sports injuries in children and adolescents. Questions and controversies. *Clinics in sports medicine* **14**, 727–45 (1995).
17. Read. Stress fractures of the distal radius in adolescent gymnasts. *British Journal of Sports Medicine* **15**, 272–276 (1981).
18. Micheli, L., Glassman, R. & Klein, M. THE PREVENTION OF SPORTS INJURIES IN CHILDREN. *Clinics in Sports Medicine* **19**, 821–834 (2000).
19. Loud, Gordon, Micheli & Field. Correlates of Stress Fractures Among Preadolescent and Adolescent Girls. *PEDIATRICS* **115**, e399–e406 (2005).
20. Korpelainen, Orava, Karpakka, Siira & Hulkko. Risk factors for recurrent stress fractures in athletes. *The American journal of sports medicine* **29**, 304–10 (2001).
21. Brenner, J. Overuse Injuries, Overtraining, and Burnout in Child and Adolescent Athletes. *Pediatrics* **119**, 1242–1245 (2007).
22. Coady, C. & Micheli, L. STRESS FRACTURES IN THE PEDIATRIC ATHLETE. *Clinics in Sports Medicine* **16**, 225–238 (1997).
23. Abad, V. *et al.* The role of the resting zone in growth plate chondrogenesis. *Endocrinology* **143**, 1851–7 (2002).
24. Bailey, Wedge, McCulloch, Martin & Bernhardson. Epidemiology of fractures of the distal end of the radius in children as associated with growth. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* **71**, 1225–31 (1989).
25. Alexander, C. Effect of growth rate on the strength of the growth plate-shaft junction. *Skeletal Radiology* **1**, 67–76 (1976).
26. Nilsson, Marino, Luca, D., Phillip & Baron. Endocrine Regulation of the Growth Plate. *Hormone Research in Paediatrics* **64**, 157–165 (2005).
27. Bright, Burstein & Elmore. Epiphyseal-plate cartilage. A biomechanical and histological analysis of failure modes. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* **56**, 688–703 (1974).
28. Council on Sports Medicine and Fitness. Strength Training by Children and Adolescents. *Pediatrics* **121**, 835–840 (2008).

29. Bollen. Soft tissue injury in extreme rock climbers. *British journal of sports medicine* **22**, 145–7 (1988).
30. Bollen. Upper limb injuries in elite rock climbers. *Journal of the Royal College of Surgeons of Edinburgh* **35**, S18–20 (1990).
31. Wright, Royle & Marshall. Indoor rock climbing: who gets injured? *British journal of sports medicine* **35**, 181–5 (2001).
32. Logan, Makwana, Mason & Dias. Acute hand and wrist injuries in experienced rock climbers. *British journal of sports medicine* **38**, 545–8 (2004).
33. Rooks. Rock climbing injuries. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* **23**, 261–70 (1997).
34. Rooks, Johnston, Ensor, McIntosh & James. Injury patterns in recreational rock climbers. *The American journal of sports medicine* **23**, 683–5 (1995).
35. Josephsen, G. *et al.* Injuries in bouldering: a prospective study. *Wilderness & environmental medicine* **18**, 271–280 (2007).
36. Schöffl, V., Popp, D., Küpper, T. & Schöffl, I. Injury trends in rock climbers: evaluation of a case series of 911 injuries between 2009 and 2012. *Wilderness & environmental medicine* **26**, 62–7 (2015).
37. Backe, Ericson, Janson & Timpka. Rock climbing injury rates and associated risk factors in a general climbing population. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* **19**, 850–6 (2009).
38. Rohrbough, J. T., Mudge, M. K. & Schilling, R. C. Overuse injuries in the elite rock climber. *Medicine and science in sports and exercise* **32**, 1369–72 (2000).
39. Chell, Stevens, Preston & Davis. Bilateral fractures of the middle phalanx of the middle finger in an adolescent climber. *The American journal of sports medicine* **27**, 817–9 (1999).
40. Desaldeleer, A.-S. & Le Nen, D. Bilateral fracture of the base of the middle phalanx in a climber: Literature review and a case report. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR* **102**, 409–11 (2016).
41. Schlegel, C., Buchler, U. & Kriemler, S. Finger injuries of young elite rock climbers. *Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie»* **50**, 7–10 (2002).
42. Schöffl, V., Hochholzer, T. & Karrer, A. Finger problems in adolescent top level climbers - A comparison of the German junior national team with recreational climbers. *DEUTSCHE ZEITSCHRIFT FÜR SPORTMEDIZIN* **54**, 317–22 (2003).
43. Bayer, T., Schöffl, V., Lenhart, M. & Herold, T. Epiphyseal stress fractures of finger phalanges in adolescent climbing athletes: a 3.0-Tesla magnetic resonance imaging evaluation. *Skeletal radiology* **42**, 1521–5 (2013).
44. Hochholzer, T. & Schöffl, V. Epiphyseal fractures of the finger middle joints in young sport climbers. *Wilderness & environmental medicine* **16**, 139–42 (2005).
45. Pfeifer, C., Messner, K., Scherer, R. & Hochholzer, T. Verletzungsmuster und Überlastungssyndrome bei jugendlichen Sportkletterern. *Wien Klin Wochenschr* **112**, 965–972 (2000).
46. Merritt, A. & Huang, J. Hand injuries in rock climbing. *The Journal of hand surgery* **36**, 1859–61 (2011).
47. Schöffl, V., Hochholzer, T., Imhoff, A. & Schöffl, I. Radiographic adaptations to the stress of high-level rock climbing in junior athletes: a 5-year longitudinal study of the German Junior National Team and a group of recreational climbers. *The American journal of sports medicine* **35**, 86–92 (2007).
48. Vigouroux, L., Quaine, F., Paclet, F., Colloud, F. & Moutet, F. Middle and ring fingers are more exposed to pulley rupture than index and little during sport-climbing: a biomechanical explanation. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)* **23**, 562–70 (2008).
49. MUNIER, C., Moutet, F. & Guinard, D. La main du grimpeur. *Lyon Méditerranée médical. Médecine du Sud-Ouest* **28**, 1086–90 (1992).
50. Gneccchi, S. & Moutet, F. Traumatismes des doigts en escalade chez les jeunes participant à des compétitions internationales : l'intérêt d'une préparation complète. *Kiné actualité* **1226**, 20–23 (2011).
51. Colton, N. Campus boards: guidance on use. <https://www.thebmc.co.uk/campus-boards-guidance-on-use> (2011).
52. Schöffl, V., Hochholzer, T. & Imhoff, A. Radiographic changes in the hands and fingers of young, high-level climbers. *The American journal of sports medicine* **32**, 1688–94 (2004).
53. Woollings, K., McKay, C. & Emery, C. Risk factors for injury in sport climbing and bouldering: a systematic review of the literature. *British journal of sports medicine* **49**, 1094–9 (2015).
54. Gneccchi, S., Moutet, F. & Thomas, D. Les traumatismes des doigts en escalade chez le grimpeur anciennement lésé. *Kinésithérapie scientifique* 23–31 (2010).

55. Jones, Asghar & Llewellyn. The epidemiology of rock-climbing injuries. *British journal of sports medicine* **42**, 773–8 (2008).
56. Schöffl & Schöffl. Finger pain in rock climbers: reaching the right differential diagnosis and therapy. *The Journal of sports medicine and physical fitness* **47**, 70–8 (2007).
57. Faigenbaum & Myer. Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *British Journal of Sports Medicine* **44**, 56–63 (2010).
58. Carmeli, E., Shuruk, S., Sheklow, S. L. & Masharawi, Y. Incidence of hand injuries in wall climbers: A comparison between adolescent adults and young adults. *Biology of Sport* **19**, 283–294 (2001).
59. Sylvester, A., Christensen, A. & Kramer, P. Factors influencing osteological changes in the hands and fingers of rock climbers. *Journal of anatomy* **209**, 597–609 (2006).
60. Bollen & Wright. Radiographic changes in the hands of rock climbers. (1994).
61. Rohrbough, Mudge, Schilling & Jansen. Radiographic osteoarthritis in the hands of rock climbers. *American journal of orthopedics (Belle Mead, N.J.)* **27**, 734–8 (1998).
62. Gneccchi, S. & Moutet, F. *Escalade: Pathologies de la main et des doigts*. (Springer Science & Business Media, 2011).
63. Hausswirth, C. par C. *Fiches pratiques pour la récupération en sport*. (INSEP publications, 2010).
64. Woollings, K., McKay, C., Kang, J., Meeuwisse, W. & Emery, C. Incidence, mechanism and risk factors for injury in youth rock climbers. *British journal of sports medicine* **49**, 44–50 (2015).
65. Bernhardt & Landry. Sports injuries in young athletes. *Advances in pediatrics* **42**, 465–500 (1995).
66. Reiss, D. & Prévost, P. *La bible de la préparation physique: le guide scientifique et pratique pour tous*. (2016).
67. Journeau, P., Polirzstok, Launay & Barbier. [OVERUSE INJURIES IN THE YOUNG ATHLETE]. *La Revue du praticien* 1084–90 (2015).
68. BROUSSOULOUX, O. & GUYON, L. *Escalade et Performance - Préparation et Entraînement*. (Amphora, 2004).
69. Klauser, Bodner, Frauscher, Gabl & Nedden, Z. Finger injuries in extreme rock climbers. Assessment of high-resolution ultrasonography. *The American journal of sports medicine* **27**, 733–7 (1999).
70. Jacobsson, J. *et al.* Design of a protocol for large-scale epidemiological studies in individual sports: the Swedish Athletics injury study. *British journal of sports medicine* **44**, 1106–11 (2010).

ANNEXES

Annexe 1 : Recommandations pour la pratique de musculation et de l'entraînement en force du Council on Sports Medicine and Fitness of the American Academy of Pediatrics (AAP)

Des techniques appropriées de résistance et des précautions de sécurité doivent être suivies afin que les programmes de musculation pour les préadolescents et les adolescents soient sûrs et efficaces. Il faut déterminer, avant de lancer un programme de musculation, s'il est nécessaire ou approprié de débiter un tel programme et quel niveau de compétence le jeune a déjà atteint dans son activité.

Les préadolescents et les adolescents doivent éviter la force athlétique, la musculation et les levées de charges maximales jusqu'à ce qu'ils atteignent la maturité physique et squelettique. Comme l'AAP l'a déclaré précédemment, les athlètes ne devraient pas utiliser de substances améliorant la performance ou des stéroïdes anabolisants. Les athlètes qui participent à des programmes de musculation doivent être sensibilisés aux risques associés à l'utilisation de ces substances.

Lorsqu'on demande aux pédiatres de recommander ou d'évaluer des programmes de musculation pour les enfants et les adolescents, les questions suivantes doivent être prises en considération : Avant de commencer un programme officiel de formation en force, une évaluation médicale doit être effectuée par un pédiatre ou un médecin de famille. Les jeunes souffrant d'hypertension non contrôlée, de troubles épileptiques ou d'antécédents de cancer et de chimiothérapie infantile devraient être exclus de la participation jusqu'à un traitement ou évaluation supplémentaire. Lorsqu'il est indiqué, une référence peut être faite à un spécialiste en médecine du sport de pédiatrie ou de médecine familiale qui est familier avec diverses méthodes de musculation ainsi que les risques et les avantages pour les préadolescents et les adolescents.

Les enfants atteints de cardiopathie congénitale complexe (cardiomyopathie, hypertension artérielle pulmonaire ou syndrome de Marfan) devraient consulter un cardiologue pédiatrique avant de commencer un programme de musculation.

L'entraînement aérobie devrait être couplé avec l'entraînement en résistance si l'amélioration de l'état de santé général est l'objectif.

Les programmes de musculation devraient comprendre un échauffement et une récupération de 10 à 15 minutes.

Les athlètes doivent avoir une hydratation adéquate et une bonne nutrition, car les deux sont vitales dans le maintien des stocks d'énergie musculaire, la récupération et la performance. Des exercices spécifiques de musculation doivent être initiés sans charge (aucune résistance). Une fois que la technique d'exercice est maîtrisée, les charges incrémentielles peuvent être ajoutées en utilisant soit le poids corporel ou d'autres formes de résistance. La musculation doit comprendre de 2 à 3 séries de répétitions intenses (8 à 15) 2 à 3 fois par semaine et durant au moins 8 semaines.

Un programme de renforcement général devrait aborder tous les principaux groupes musculaires, y compris le tronc, et s'exercer sur l'amplitude complète de mouvement. Des exercices dans des domaines spécifiques aux sports peuvent être abordés par la suite.

Tout signe de maladie ou de blessure résultant de la musculation doit être évalué avant de permettre la reprise du programme d'exercices.

Les instructeurs ou les formateurs personnels devraient avoir une certification reflétant les qualifications spécifiques dans l'entraînement en force pédiatrique.

Une technique appropriée et une supervision stricte par un instructeur qualifié sont des composantes essentielles de la sécurité dans tout programme de musculation impliquant des préadolescents et des adolescents.

Annexe 2 : Courrier aux entraineurs

Bonjour,

Je suis le Dr Kathleen BOJOLY, médecin du sport à Lyon.

J'ai été missionnée par le Dr Belleudy, médecin fédéral de la FFME (Fédération Française de Montagne et d'Escalade), pour réaliser une étude sur les lésions des cartilages de croissance des doigts chez les jeunes grimpeurs compétiteurs. En effet, l'IFSC (International Federation of Sport Climbing) a constaté une majoration de ce type de lésion chez les jeunes grimpeurs et envisage un plan de prévention international.

J'effectue cette recherche dans le cadre du DIU de rééducation de la main et d'appareillage en chirurgie de la main, coordonnée par le Pr François Moutet. Le questionnaire a été fait avec et validé par le Pr Moutet et Sébastien Gnechi.

Je sollicite donc votre précieuse aide pour cette étude, via le questionnaire suivant, remplissage en ligne (15minutes).

<https://app.evalandgo.com/s/?id=JTk1ayU5MmklOUMIQUM=&a=JTk1aSU5MmklOTglQUI=>

Merci par avance de votre aide

Dr Kathleen BOJOLY

Annexe 3 : Questionnaire

Nom du club :

Avez vous eu des cas de lésions des cartilages de croissance des doigts chez vos jeunes grimpeurs compétiteurs, âgés entre 9 et 18 ans ? (équivalent de maladie d'Osgood du doigt, ou équivalent de fracture de fatigue au niveau des doigts) depuis septembre 2015 ? : OUI NON

Si OUI, merci de remplir **1 questionnaire pour chaque enfant**

INFORMATIONS GENERALES

Fille : Garçon :

Doigt atteint : Main droite Main gauche

Est il : Droitier Gaucher

Temps d'arrêt :

Age (à l'époque de la lésion) :

Poids du grimpeur (à l'époque de la lésion) :

Taille du grimpeur (à l'époque de la lésion) :

Fin de croissance (taille définitive): oui non

La lésion a été diagnostiquée par :

- Médecin généraliste :
- Médecin spécialiste de la main
- Aux urgences

NIVEAU DU GRIMPEUR

Niveau d'escalade à vue régulier en voie (8 voies sur 10 réalisées dans ce niveau) :

Niveau max à vue en voie :

Niveau d'escalade à vue régulier en bloc (8 voies sur 10 réalisées dans ce niveau) :

Niveau max à vue en bloc:

Quelle est la spécialité du grimpeur : difficulté bloc vitesse

Niveau de compétition : départemental régional national international

Nombre de compétition (s) par an :

ENTRAINEMENT

Nombre de grimpeurs dans le groupe d'entraînement :

Nombre d'entraînements/semaine : Durée d'un entraînement :

Objectifs principaux de l'entraînement (2 axes) : amélioration technique (coordination, répertoire gestuel, relâchement)

- développement de l'endurance (travail d'intensité moyenne)
- amélioration de la force
- amélioration des performances en compétition
- l'aspect plaisir

TYPE D'ENTRAINEMENT :

Planification de l'entraînement (découpage en cycles sur l'année, fonction des objectifs) : oui non

Evaluation de l'état de forme global (physique et psychique) pré séance : oui non

Evaluation du ressenti post séance : oui non

Faites vous faire une préparation physique générale (condition physique globale): oui non

Si oui, quel type : travail de l'endurance générale (course à pied, vélo, natation, jeux...) : oui non

- Passif : oui non
- En fin de séance : oui non
- Dynamique : oui non
- Passif court : oui non
- passif long / postures : oui non
- Séances spécifiques d'assouplissement : oui non

Quels muscles (au niveau des doigts) :

- fléchisseurs : oui non
- extenseurs : oui non
- muscles interosseux et lombricaux : oui non

HYDRATATION

Quelle importance accordez vous à l'hydratation des grimpeurs: aucune 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 au centre de l'entraînement

Quelle est la quantité d'eau bue durant la séance d'entraînement ?

MUSCULATION

- Pratique de musculation : oui non
- Musculation chez les jeunes pré pubères : oui non
- Musculation des fléchisseurs : oui non
- Musculation des extenseurs : oui non
- Musculation avec élastiques / balle / pâtes ... : oui non
- Musculation avec haltères : oui non Apprentissage des exercices préalables ? oui non
- Musculation avec des machines : oui non Apprentissage des exercices préalables ? oui non
- Musculation avec électrostimulation : oui non
- Musculation spécifique escalade : oui non
- poutre : oui non
- en statique (suspensions)
 - en dynamique (tractions, déplacements)
 - à l'échauffement
 - en travail de force maximale
 - en travail de résistance
 - utilisation à chaque séance
- pan gullich : oui non
- à l'échauffement
 - en travail de force maximale
 - en travail de résistance
 - utilisation à chaque séance
- Pratique du no foot : oui non
- Pratique d'escalade lestée : oui non
- Poids au niveau des membres supérieurs : oui non
- inférieurs : oui non
- au niveau du tronc : oui non

ADAPTATION

De quelle manière vous adaptez l'entraînement pour un grimpeur fatigué ?

- Repos « imposé » (pas de séance) : oui non
- Diminution de la difficulté : oui non
- Diminution de la durée de la séance : oui non
- Préparation physique générale : oui non
- Travail mental : oui non
- Assouplissements : oui non
- Autre :

Adaptez vous les prises pour les plus jeunes (< 12 ans) avec des secteurs d'escalade dédiés construits avec des prises plus grosses (pouvant être saisies à 2 mains), peu anguleuses (arêtes arrondies), non abrasives : oui non

Faites vous des exercices de « correction » de la prise en arqué (entraînement à la prise en tendue, signalement systématique au grimpeur des prises arqué...): oui non