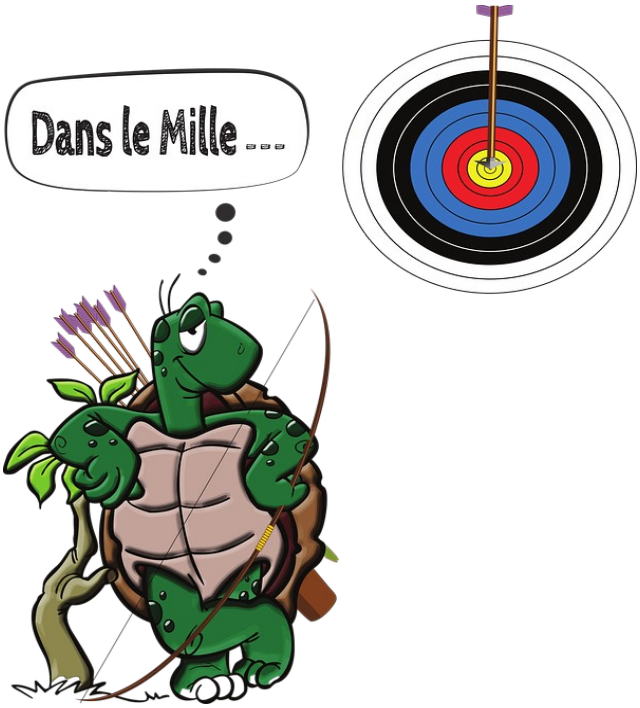
DIPLOME INTER-UNIVERSITAIRE EUROPEEN DE REEDUCATION ET D'APPAREILLAGE EN CHIRURGIE DE LA MAIN

La Main de l'archer peut-elle subir des lésions lors de la pratique du tir à l'arc ?

Elsa Lorenzetto

Promotion 2019-2021



Jury :

Pr. François Moutet

Pr. François Dap

Dr. Alexandra Forli

M. Dominique Gerlac

M. Fabrice Julien

REMERCIEMENTS

Je remercie vivement M. Moutet, Mme Forli et M. Gerlac d'organiser ce DIU très enrichissant et de permettre l'évolution de la rééducation de la main grâce à la transmission de connaissances et d'éveiller ainsi notre curiosité.

Je remercie M. Dap, M. Julien et les membres du Jury de prendre le temps de lire mon travail et de me permettre de soutenir mon mémoire.

Je remercie mes maîtres de stages de nous avoir accueillis, d'avoir enrichi nos connaissances par leurs conseils et leurs expériences, et cela malgré la situation sanitaire actuelle.

Je remercie ma famille pour sa présence à mes côtés malgré la distance physique, pour son soutien et ses encouragements.

Je remercie Jennifer pour son soutien et sa présence à mes côtés malgré la distance.

Je remercie mes ami(e)s, mes collègues, ma binôme de stage et de formation Sophie pour ces 2 ans bien mouvementés et la promotion 2019-2021, ainsi que les professeurs du DIU.

Je remercie la Clinique Médipôle Garonne de m'avoir permis de suivre cette formation.

Je remercie les archers d'avoir participé à mon questionnaire, la Fédération Française de Tir à l'arc de m'avoir autorisée à faire une enquête.

Je remercie les archers de ma compagnie ainsi que les entraîneurs pour leur bonne humeur et les bons moments passés sur le pas de tir et l'archer blessé qui m'a autorisée à utiliser ses photos.

Et enfin, je remercie ma Moitié pour m'avoir soutenue, guidée dans les moments difficiles et pour sa présence rassurante à mes côtés.

« Il nous concerne de connaître les buts que nous cherchons dans la vie, car alors, comme les archers visant une marque définie, nous serons plus susceptibles d'atteindre ce que nous voulons. » **Aristote**

Summary

The aim of this study was to examine if the hand can be injured during practicing archery, by investigating with a questionnaire in the FFTA Newsletter.
353 responses were retrieved. 17,6% of the whole injury sample were hands injuries.
On the bow hand it was mostly accidents caused by arrows (60% of the bow hand injuries), thumb region, tendons, nerves and arteria were injured due to the arrow trajectory.
On the string hand the common injury were blisters, cuts, and skin peeling and sometimes neurological symptoms, because of the compression from the string on the 3 drawing fingers.
There were few chronic injuries, tendinopathy in the fingers, carpal tunel but the majority of the chronic injuries were located in the elbow (archer's elbow) and shoulder.
To drop the percentage of acute injuries of the hand, a regular and better control of the material (bow, arrow, and string) before training would be rewarded and secure. A good preparation, a good stance, and no unnecessary stresses would prevent tendon's pathologies in the hand and wrist, but also in elbow and shoulder.

Keywords : Hands injuries, arrows, cuts, skin peeling, tendinopathy, prevention.

Résumé :

L'objectif de l'étude était de chercher à analyser si la main peut être lésée lors de la pratique du tir à l'arc au moyen d'un questionnaire diffusé dans la newsletter de la FFTA.
Au total 353 réponses ont été récoltées. 17,6% de l'ensemble de l'échantillonnage rapporte des pathologies de la main.
Sur la main d'arc les accidents de flèches sont les plus fréquents (60% des blessures de la main d'arc). Ces accidents sont liés à une déviation de la flèche ou de parties de celle-ci, causée par un

défaut du matériel. Ils entraînent parfois des lésions au niveau des tissus nobles (tendons, artères et nerfs).
Sur la main de corde les principales lésions sont des phlyctènes, des entailles et des dermabrasions, parfois il peut y avoir des paresthésies à cause de la compression de la corde sur les trois doigts de traction. Quelques lésions chroniques, comme des tendinopathies des doigts, des canaux carpiens mais la majorité se passe au niveau du coude et de l'épaule.
Afin de baisser le pourcentage des lésions traumatiques de la main, un contrôle régulier et approfondi du matériel arc, flèches et corde, serait profitable et sécuritaire.
Une bonne préparation, une bonne posture et une absence de contrainte articulaire inutile permettraient de prévenir des lésions chroniques des tendons de la main et du poignet, mais aussi du coude et de l'épaule.

Mots clés : pathologies des mains, flèches, entailles, dermabrasion, tendinopathie, prévention.

Zusammenfassung :

Das Ziel dieser Studie war zu erforschen ob die Hand beim Bogenschießen verletzt werden kann. Um dies zu analysieren, wurde ein Fragebogen ergestellt und in den Newsletter der FFTA verbreitet. 353 Antworten wurden eingesammelt. 17,6% der gesammten Probe waren Handverletzungen.
Auf die Bogenhand waren die Verletzungen meistens akut. Durch die Flugbahn des Pfeils (60%) wurden, in die Daumenregion, manchmal Sehne, Nerv und Arterie betroffen.
Auf die Sehnenhand sind die Verletzungen eher Blasen, Schnittwunden und Schürfwunden. Manchmal sind diese Verletzungen mit neurologische Symptome, wegen der Kompression der Sehne auf die drei Zugfingern, kombiniert.
Wenige chronische Verletzungen wie Fingertendinopathie, Karpal Tunel Syndrome sind zutagegekommen. Die meisten chronischen Verletzungen lokalisieren sich im Ellenbogen- ou Schultergelenk.
Um die Prozentzahl der traumatischen Verletzungen zu senken, sollte eine regelmäßige und gute Kontrolle des Bogenmaterials vor dem Training erfolgen.
Eine gute Vorbereitung, eine gute Schießposition und die Vermeidung von unnötigen Stress sollte die Sehnenpathologien der Hand, Handgelenk aber auch Ellenbogen- und Schultergelenk vorbeugen.

Schlüsselwörter : Handpathologien, Pfeilen, Schnittwunden, Schürfwunden, Tendinopathien, Prävention.

Sintesi :

Lo studio aveva per obiettivo di determinare se si possono verificare lesioni alle mani durante la pratica del tiro con l'arco. Un questionario è stato diffuso nella newsletter della FFTA, federazione francese del tiro con l'arco. Sulle 353 risposte ricevute, il 17.6% riportano patologie della mano.

Per quanto riguarda la mano dell'arco, la maggior parte delle ferite (60%) sono causate da frecce, o frammenti di freccia, che deviano dalla normale traiettoria in seguito a difetti o rotture dell'attrezzatura. Tali incidenti causano a volte lesioni al livello dei tessuti nobili (tendini, arterie, nervi).

Sulla mano della corda ritroviamo soprattutto vesciche, tagli, abrasioni e, a volte, formicolii dovuti alla compressione della corda sulle tre dita che la traggono. Sono state riportate alcune lesioni croniche, come tendinopatie delle dita e sindromi del tunnel carpale, ma la maggior parte interessano il gomito e la spalla.

Una verifica sistematica di arco, frecce e corda prima di ogni allenamento, permetterebbe di ridurre significativamente il rischio di lesioni traumatiche alle mani. Una buona preparazione, una postura corretta e l'assenza di tensioni articolari aiuterebbero a prevenire le lesioni croniche ai tendini della mano e del polso, ma anche del gomito e della spalla.

Parole chiave: patologie della mano, frecce, tagli, abrasione, tendinopatia, prevenzione.

Sommaire

1 Introduction....11
2 Présentation du tir à l'arc....12
2.1 Historique....12
2.2 Compétition....13
2.3 Équipement et Matériels....14
2.3.1 Les principaux types d'arc....14
2.3.2 Les flèches....16
2.3.3 Les accessoires....17
3 La biomécanique du geste et l'analyse du mouvement....18
3.1 Le geste et la position....18
3.1.1 La position de l'archer....18
3.1.2 Le geste....20
3.2 Les actions musculaires....22
3.2.1 Le bras d'arc....23
3.2.2 Le bras de corde....24
3.3 Biomécanique du geste....25
4 Méthode....30
4.1 Questionnaire....30
4.1.1 Contenu du questionnaire....30
4.1.2 Biais....31
4.1.3 Nombre de réponses....32
4.2 Autres moyens....32
5 Les pathologies et lésions....33
5.1 Résultats du questionnaire....33
5.2 Autres pathologies théoriques dans la littérature....38
5.2.1 La main et le poignet....38
5.2.2 Coude....41
5.2.3 Epaules....42
5.2.4 Dos....42
5.2.5 Autres parties du corps....43
5.3 Synthèse....43
6 Traitements et Préventions....45

6.1 Traitements.....45
6.2 Préventions.....46
7 Conclusion.....49
8 Bibliographie.....50
9 Annexes.....55
9.1 Muscles et articulations sollicités par la pratique du tir à l'arc.....55
9.2 Le Questionnaire mis en place dans la Newsletter de la FFTA.....57

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ABD : Abduction

ADD : Adduction

AINS : Anti-inflammatoire Non Stérodien

AVB : Avant-bras

DTM : Dart Throwing Motion

ECRB : Extensor Carpi Radialis Brevis

ECRL : Extensor Carpi Radialis Longus

ECU : Extensor Carpi Ulnaris

EDC : Extensor digitorum communis

E° : Extension

EMG : Electromyographie

FCU : Flexor Carpi Ulnaris

FDP : Flexor digitorum profundus

FDS : Flexor digitorum superficialis

F° : Flexion

FFTA : Fédération Française de Tir à l'arc

FITA : Fédération Internationale de Tir à l'arc

IPD : Interphalangienne distale

IPP : Interphalangienne proximale

MCP : Métacarpophalangienne

MS : Membre Supérieur

MI : Membre Inférieur

M1 : Métacarpien 1

M2 : Métacarpien 2

M3 : Métacarpien 3

M4 : Métacarpien 4

M5 : Métacarpien 5

MTP : Massage Transverse Profond, de type Cyriax

OP : Opération

P1 : Phalange proximale

P2 : Phalange intermédiaire

P3 : Phalange distale

PB : Palmaris brevis

PL : Palmaris longus

PNF : Proprioceptive Neuromuscular Fascilitation

RE : Rotation Externe

RI : Rotation Interne

TTT : Traitement

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : L'arc classique
Figure 2 : Le clicker
Figure 3 : L'arc à poulies
Figure 4 : L'anatomie d'un flèche
Figure 5 : L'alignement, extrait de Shooting Technique Biomechanics
Figure 6 : Les MCP à 45° et la rotation interne du bras d'arc
Figure 7 : L'alignement articulaire et la ligne de force
Figure 8 : Répartition des archers par type d'arc utilisé
Figure 9 : Localisation des blessures de l'archer (%)
Figure 10 : Pourcentages des lésions sur les AVB et les mains – Répartition homme/femme
Figure 11 : Pourcentage des archers ayant subi une lésion de la main
Figure 12 : Répartition des lésions sur main d'arc / main de corde (%)
Figure 13 : Pourcentage des types de lésions sur la main de corde
Figure 14 : Pourcentage des types de lésions sur la main d'arc
Figure 15 : Photo d'une blessure par flèche de la colonne du pouce (face palmaire)
Figure 16 : Photo d'une blessure par flèche de la colonne du pouce (face dorsale)

1 Introduction

Le tir à l'arc est une pratique ancienne, qui a voyagé à travers le temps pour devenir un sport, une discipline olympique en 1972. Actuellement il se pratique aussi bien en loisir qu'en compétition. Il peut prendre une dimension plus martiale et philosophique avec le Kyudo. Le tir à l'arc est un art de précision, d'adresse, de concentration, mais aussi de force et surtout d'endurance du membre supérieur[1]. La difficulté consiste à épurer au maximum le geste afin qu'il ne reste aucun mouvement parasite lors de la libération de la flèche, ce qui permettra non seulement une répétition du geste identique[2] mais aussi un résultat de qualité[3].

En France, la Fédération Française de Tir à l'Arc (FFTA) développe le tir à l'arc et compte environ 75000 licenciés. C'est elle qui organise les compétitions au niveau national.

La pratique du tir à l'arc demande de la rigueur et de la persévérance dans le geste. Ces exigences peuvent générer des pathologies chroniques, par surentraînement, mauvaise posture ou fatigue de l'archer. Des lésions aiguës peuvent également survenir par accident.

L'objectif de mon mémoire est de chercher s'il existe chez les archers des pathologies au niveau des mains. Afin d'avoir une bonne vision des interactions possibles entre l'archer et son arc, une description du matériel de l'archer est présentée. Puis la biomécanique du membre supérieur (MS) lors de la pratique du tir à l'arc sera abordée en détail. Sa compréhension est nécessaire pour identifier les contraintes au niveau du MS et plus spécifiquement au niveau des mains.
Pour permettre d'identifier les pathologies courantes, un questionnaire a été développé et diffusé dans la « newsletter » de la FFTA aux licenciés. Pour compléter la recherche, la littérature existante a également servie de support.
Les résultats de ces recherches sont ensuite analysées et présentées.
Enfin les possibilités de prévenir ces lésions sont étudiées : adaptation de la posture, du matériel ou renforcement musculaire.

2 Présentation du tir à l'arc

2.1 Historique

Le tir à l'arc a évolué tout au long de la frise du temps, les plus anciens vestiges de flèches ont été retrouvés en Europe à Stellmoor, près de Hambourg et ont été datés de la fin du paléolithique (jusqu'à -11.700 ans). L'arc aurait été inventé à la fin de cette période, c'est ce qu'évoquent des dessins dans des grottes en Espagne[4].

Au début son utilisation était réservée à la chasse puis à des fins belliqueuses. L'arc est aussi un symbole comme dans la mythologie grecque ou romaine, la déesse Artémis et Apollon en sont parés ainsi que Cupidon. Pour d'autres, il est l'instrument des héros et divinités comme Guillaume Tell, Robin des Bois ou Agilaz dans la mythologie Nordique.

Dans l'antiquité pour les Babyloniens, Perses, Parthes ou Japonais, l'arc était l'arme des guerriers. Pendant la dynastie chinoise Zhou, le gouverneur était sélectionné en devenant le vainqueur du tournoi alliant tir à l'arc et musique. Au moment où se faisait entendre un Gong, la flèche tirée par l'archer devait être arrivée dans la cible. C'était une arme puissante. Puis lorsque d'autres armes ont été inventées, plus efficaces, la présence de l'arc diminue en Europe et disparaît au Moyen Age.
L'évolution de l'archerie continue au XVe siècle (à la Renaissance). L'arc est considéré comme un jeu d'adresse, on appelait le vainqueur le « Roy du Papegay ». C'est à la révolution française que les compagnies d'arc sont dissoutes et se regroupent en familles (1850) puis en associations [5].

En 1920, la curiosité des ingénieurs est éveillée par l'intérêt physique que peut susciter l'arc, le type de matériau, leurs performances respectives comment les combiner et améliorer la performance de l'arc. L'arc à poulies voit le jour. Ils intègrent plusieurs systèmes physiques et perfectionnent les arcs.

En 1931 naît la Fédération Internationale de Tir à l'Arc (FITA) qui regroupe 140 pays.

En 1972 apparition du Tir à l'Arc aux Jeux Olympiques.

Aujourd'hui le tir à l'arc est principalement un sport, de nombreux archers le pratique en compétition.

2.2 Compétition

Il existe différentes compétitions :

Les compétitions en intérieur, ce que nous appelons Tir en salle ou « indoor » à 18m (distance officielle) se pratiquent sur un Blason de 40cm. Il y a 2 types de blasons : un cercle de 1 à 10 pts avec des cercles concentriques (blanc, noir, bleu, rouge, jaune) et des tri-spots (3 cibles de cercles concentriques verticaux de 6 à 10pts) de 20cm de diamètre.
Il faut tirer 20 volées de 3 flèches soit 60 flèches (2min 30 pour tirer la volée).

Les tirs en extérieurs vont de 20m à 70m. Les distances officielles sont à 70m (distance olympique) et 50m (en compétition en France). Soixante-douze flèches sont tirées sur un blason de 122cm.

Le tir en campagne est une discipline de parcours (tout terrain) en arc classique, en arc à poulies, en « barebow » ou en « longbow ». Les distances sont variables, soit 24 cibles avec les distances connues, soit inconnues, soit 12 connues et 12 non connues. Les blasons sont jaunes et noirs (6 anneaux concentriques). Soixante-douze flèches sont tirées. Le maximum de points possibles est 432 points. Le temps est limité pour une volée (3 min).

Le tir 3D, se passe en volées de 2 flèches sur 24 cibles. La distance varie de 5m à 45m. Il se pratique avec un arc classique, arc à poulies sans viseur, « barebow », arc chasse ou « longbow ». Les points sont déterminés en fonction de la zone atteinte soit 5,8,10,11.

Le tir nature s'effectue sur 42 cibles. Les blasons sont animaliers. Les points sont 20, 15, 10 en fonction de la taille du blason animal, et la distance varie de 5m à 45m.

Le tir Beursault, est un jeu d'arc pratiqué à 50m. Une seule flèche est tirée par volée. Quarante flèches sont tirées en tout. Il se pratique avec un arc classique ou un arc à poulies.

Le run archery allie la course à pied et le tir à l'arc. Trois tours de 1km de course à pied sont à exécuter. Pendant le tour 4 flèches sont tirées dans différentes postures : debout, sur un genou en fonction du tour de course. Si une flèche manque sa cible, un tour de pénalité de 150m est attribué. Les tirs se font à une distance de 18m, les blasons sont de 16cm et mobiles. Cette discipline ressemble au biathlon.

2.3 Équipement et Matériels

Pour comprendre la biomécanique du geste de l'archer et les interactions possibles de l'arc avec le corps de l'archer, il est nécessaire de présenter son matériel et les termes techniques associés.

2.3.1 Les principaux types d'arc

Avec le temps l'arc a été perfectionné et son anatomie s'est largement complexifiée.

Il existe différents types d'arcs, les principaux arcs sont:

L'arc classique ou recurve (à double courbures) ou arc olympique , se compose de deux branches (supérieure et inférieure) et d'une poignée. Les branches sont simplement emboîtées dans la poignée.

La corde qui relie la branche supérieure à la branche inférieure permet de fixer fermement les branches dans la poignée.
En moyenne, un arc avec le matériel (stabilisateurs central et latéral) pèse entre 2 et 3kg.

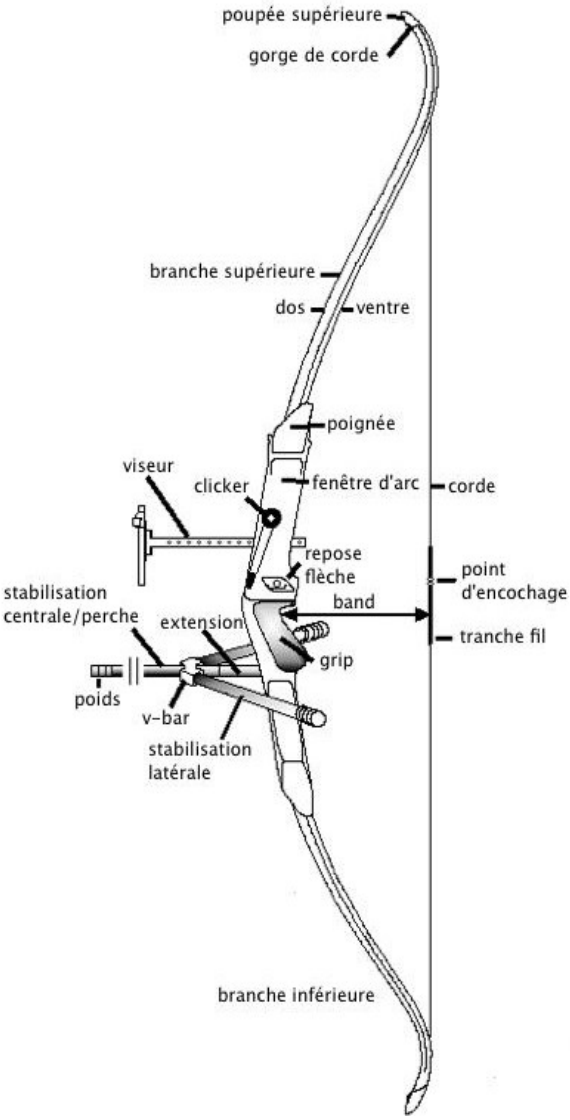


Figure 1: L'arc classique

La poignée est « le cœur » de l'arc [6], elle peut être fabriquée en métal, en composite métal-carbone ou en carbone. Pour les débutants les poignées peuvent être en bois, mais lors de la montée en puissance, il convient d'adapter la poignée.

Les branches peuvent être en différents matériaux : bois, fibres de verres, fibres de carbone ou parfois céramique [6]. Les branches propulsent la flèche, et les propriétés (forces et longueur) de celles-ci varieront en fonction du matériau utilisé.

La corde est synthétique, elle peut être soit en Kevlar, Dacron ou fibres de polyéthylène (Fast Flight®). Il est important que la corde soit peu déformable afin que les conditions de tir ne changent pas dans le temps. La corde est protégée par le tranche fil au niveau de la zone d'encoche.

La flèche se place sur la corde entre les nock-sets, petites bagues métalliques qui marquent le point d'encochage, et repose sur le repose-flèche au niveau de la poignée.

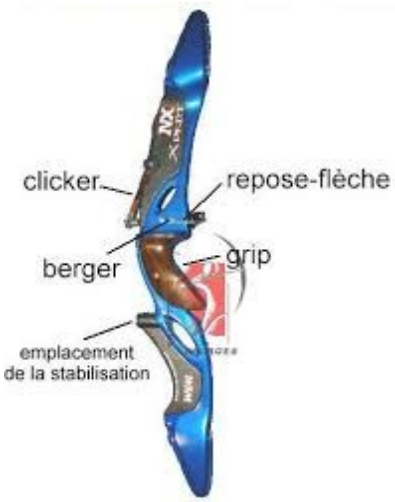


Figure 2: Le clicker

Le clicker, au-dessus du repose-flèche, donne le signal auditif « clic » à l'archer de décocher la flèche afin qu'elle s'envole vers le blason.
Le clicker permet de contrôler l'allonge[3], c'est à dire la longueur de la flèche.

Le viseur est la partie qui permet de diriger l'arc et la flèche vers le blason.

Les stabilisateurs central et latéral ont pour fonction d'absorber les vibrations des branches lors de la libération de la flèche et permettent l'équilibre de l'arc[6].

Le berger-bouton permet le centrage de la flèche sur le repose-flèche.

L'arc à poulies ou compound a une force considérable. Il peut être utilisé en arc chasse aussi. Cet arc a deux poulies. Elles dévient les forces, et permettent une force de propulsion de la flèche plus importante et une précision de tir plus grande que le recurve.

Il se compose aussi de deux branches et d'une poignée. Contrairement au recurve, l'arc ne se monte et ne se démonte pas après chaque entraînement.

Sa corde fait des allers-retours au niveau des poulies. Il présente un tranche-fil ainsi que le point d'encoche, où l'archer place sa flèche. La traction de la corde se fait à l'aide d'un décocheur.

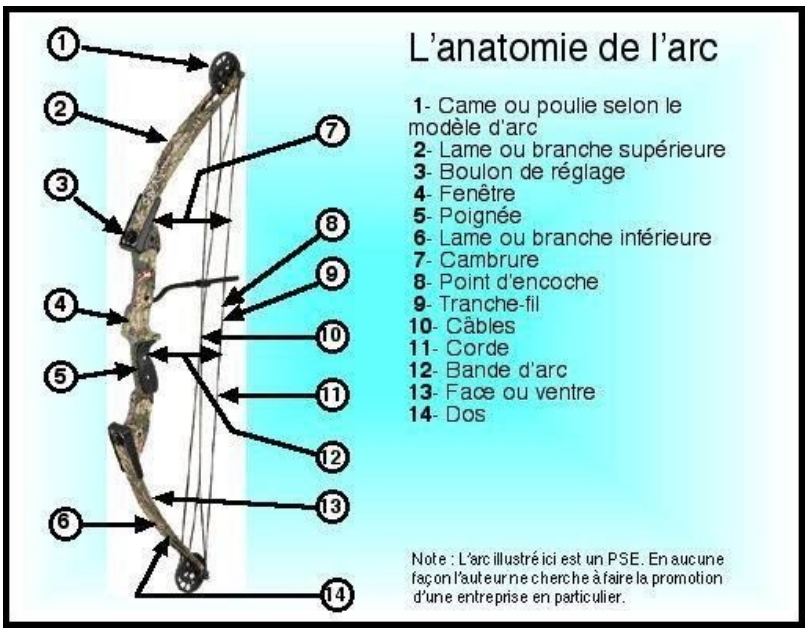


Figure 3: L'arc à poulies

L'arc nu ou « barebow » est un arc classique sans les stabilisations centrale et latérale ni le viseur.

L'arc traditionnel japonais ou « yumi » s'utilise lors de la pratique du Kyudo. C'est un grand arc en bois

L'arc droit ou « longbow » est un arc traditionnel en bois.

2.3.2 Les flèches

Une flèche est composée d'un tube, d'une encoche, de plumes et d'une pointe.
Le tube peut être en aluminium, en carbone, mélange composite aluminium-carbone, fibres de verre (arrêté depuis 2014 car trop fragile [6]) ou en bois (plutôt pour l'archerie traditionnelle).

Les plumes sont collées de manière à orienter la flèche afin que sa trajectoire ait le moins de traînée possible[6].

La flèche tourne sur elle-même, le spin, qui dépendra de la rigidité du tube et donc du matériau utilisé.

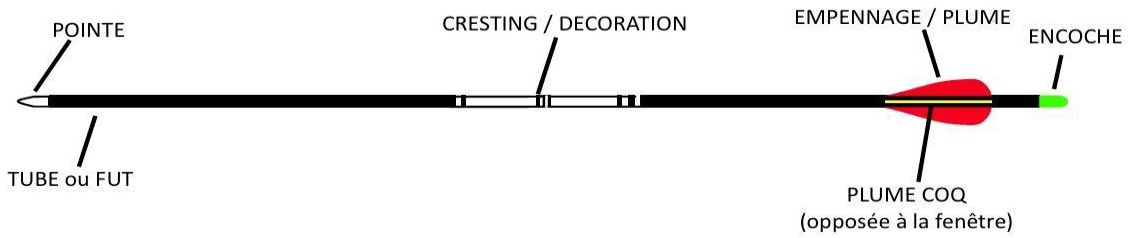


Figure 4: L'anatomie d'une flèche

En fonction de l'arc et de sa puissance, l'adaptation des flèches et des matériaux qui les composent est nécessaire.

2.3.3 Les accessoires

L'arc développant une puissance importante avec une partie mobile proche de certaines parties du corps, l'archer dispose de plusieurs accessoires de protection:

- Une **palette** en cuir ou gant de cuir afin de protéger les 3 doigts (l'index, le majeur et l'annulaire) qui tractent la corde pour armer l'arc.
- Un **protège-bras** pour protéger l'avant bras du passage de la corde.
- Un **plastron** pour protéger des frottements avec la corde au niveau du thorax lors de l'armement et également pour éviter les interactions entre la corde et les vêtements qui gêneraient le tir et pourraient blesser le bras en déviant la corde.

L'archer dispose également des accessoires suivant :

- Une **dragonne,** lacet relié à l'index et au pouce qui empêche l'arc de chuter lors de la répulsion de celui-ci après la libération de la corde.
- Un **carquois** pour mettre les flèches et les avoir prêtes pour le tir.
- Un **décocheur** (en arc à poulies seulement), poignée qui tient la corde et permet une libération mécanique de celle-ci, ce qui augmente la précision du tir.

3 La biomécanique du geste et l'analyse du mouvement

3.1 Le geste et la position

L'action de tirer à l'arc comporte un travail statique [1,7] qui nécessite un gainage du tronc pour maintenir une stabilité lors de l'armement de l'arc et un travail dynamique asymétrique avec les membres supérieurs, qui ajoute une difficulté à la position de précision. C'est la reproductibilité de la posture et du geste qui permet la précision du résultat [6].

3.1.1 La position de l'archer

Dans son axe vertical :

Les pieds de l'archer sont ancrés au sol, à largeur de bassin. La répartition sur la voûte plantaire est 60-70 % sur l'avant du pied et 30-40 % sur les talons [8]. Le poids de corps est réparti de manière égale à gauche et à droite.

Les genoux sont en extension (pas de recurvatum).

Le bassin est en légère rétroversion avec un gainage de la ceinture abdominale, pas de rotation.
L'archer doit veiller à avoir le bassin et les épaules dans un même plan.

Le sternum doit « être rentré » pour avoir l'ouverture la plus grande et les abdominaux contractés pendant toute la séquence de tir. Le maintien du gainage et de la stabilité de l'archer lors de l'armement et du tir est crucial [9].

L'archer est légèrement penché vers l'avant pour équilibrer la réaction du corps au moment où il arme et compenser le poids de l'arc (plan sagittal). Le risque, si la posture n'est pas correcte, est de fausser l'allonge et de prendre des flèches trop longues [8].

Les épaules sont à la même hauteur pendant toute la durée du mouvement et en position basse.

La tête est en rotation vers la cible et dans l'alignement vertical de la colonne vertébrale [10].

Les yeux fixent le blason. L'œil directeur est ouvert, l'autre fermé.
C'est l'œil directeur, qui au début de la carrière de l'archer va déterminer le bras d'arc.

Dans l'axe horizontal:

Le bras d'arc

Le bras d'arc est le bras qui tient l'arc. Il est en rotation interne au niveau de l'épaule. Le coude est orienté vers l'extérieur [10]. Le maintenir sans trop d'utilisation des muscles, évite l'épuisement de ceux-ci et une reproductibilité du « bon geste ».

Lors du positionnement avec l'arc sur le pas de tir, l'arc doit être dans le même plan vertical que l'archer et perpendiculaire au sol. La main saisit la poignée de l'arc, et les articulations métacarpo-phalangiennes du bras d'arc sont à 45° par rapport à la verticale [11]. (Figure 6)

Ce n'est pas une saisie ferme de la main, les doigts sont relâchés et le poignet détendu.
Cette saisie détermine la stabilité de l'arc, du viseur, et permet l'éjection de l'arc de la main lors de la libération de la corde. L'arc est maintenu par la dragonne pour ne pas tomber.

La poignée de l'arc a sa zone d'appui entre le scaphoïde et le pli palmaire supérieur, elle deviendra la zone de pivot au moment de la répulsion de l'arc et de la libération de la corde. « La première commissure forme une fourche autour de la poignée de l'arc. La main, le pouce et l'index sont dans le prolongement de l'avant-bras » [12]

La surface de la poignée et en contact avec l'éminence thénar, la colonne du pouce (M1) est dans l'alignement de l'avant-bras. Cette prise, dite « prise basse », est plus économique en terme de dépense énergétique pour les muscles, « les os de la main et du bras présentent une configuration plus efficace »[13]

Le bras de corde

Le bras de corde est le bras qui tient la corde.
La prise de corde se fait avec 3 doigts. La traction est exécutée de manière homogène entre les 3 doigts, l'index, le majeur et l'annulaire au niveau de l'interphalangienne distale (IPD). La première

phalange (P1) est alignée avec les métacarpiens et avec le poignet. La main, le poignet et l'avant-bras sont alignés dans le plan vertical. Cet alignement fournit la trajectoire de la corde et donc de la flèche lors de la propulsion de celle-ci. La traction de la corde se fait de manière linéaire. Une fois la flèche libérée, la main et les doigts se relâchent.

Pour conférer plus de stabilité à la phase finale de l'armement, la colonne index-deuxième métacarpien (M2) vient en appui au niveau de la mâchoire inférieure. C'est un ancrage important, dit « appui fort » [11].
Le pouce du bras de corde est parallèle à l'index.

3.1.2 Le geste

Le « bon » geste est un ensemble de mouvements précis dans un temps donné. Une interférence sur un des maillons de la chaîne lors du mouvement peut perturber la mécanique de l'ensemble et le résultat du tir.

Selon Nishizono [14] le geste de l'archer se décompose en 6 phases :

- Le maintien de l'arc,
- l'armement,
- l'armement complet (ou fin de l'armement),
- la visée,
- la libération,
- et le suivi.

Pour d'autres auteurs[3] il y a seulement 3 phases dans ce geste,

- la position « stance »,
- l'armement « arming »,
- et la visée « sighting »

Quelle que soit la décomposition du mouvement, il faut que le geste soit exécuté de manière rigoureuse et propre afin qu'il soit reproductible.

Le geste commence par l'élévation du bras d'arc et la saisie de la corde avec la main de corde.

La phase d'armement débute par une abduction de 90° de l'épaule et une flexion horizontale de 135° du bras d'arc qui permet de venir saisir la corde avec les 3 doigts [7]. Le traction de la corde est lente et continue jusqu'à son point d'ancrage (la mâchoire inférieure) et un léger contact avec le nez.
Simultanément pendant cette traction de la corde, il y a une descente lente de l'arc.
La respiration se ralentit sur la phase expiratoire pendant la deuxième moitié de l'armement [11].

Lors de la visée, l'archer regarde l'œilleton du viseur. La traction se poursuit en ralentissant jusqu'au « clicker ». C'est un micro-mouvement qui peut être considéré comme isométrique [3].

L'ancrage est maintenu au niveau de la mâchoire et lorsque le « clic » se fait entendre, la longueur de la flèche (c'est à dire l'allonge) est atteinte. L'archer lâche la corde.

La libération de la corde se fait par un relâchement des 3 doigts (*M. flexor digitorum superficialis*) et une légère extension (*M. extensor digitorum*) [1].
Une contraction trop importante des extenseurs des doigts donnerait trop d'oscillation à la corde et donc à la flèche lors de la propulsion de celle-ci.

La phase d'échappement correspond au temps après la libération de la corde. Cette libération entraîne la propulsion du coude du bras d'arc en arrière. La main doit être relâchée.

Il est important de maintenir la position verticale et l'arc en place tant que la flèche n'a pas complètement quitté l'arc. En général on attend que la flèche ait atteint la cible pour relâcher la position.

Selon Edelmann-Nusser *et al.[15]*: il n'y a pas de geste standard. Chaque archer fonctionne avec sa propre posture mais la règle d'or est d'avoir les articulations le plus alignées que possible dans l'axe de la flèche.
Ce qui rejoint aussi Axford [10] sur l'analyse de la posture de l'archer.

3.2 Les actions musculaires

En tir à l'arc, pendant les différentes phases du geste, l'activité musculaire se situe au niveau du dos, de la ceinture scapulaire, et au niveau des bras et des mains.
Chaque muscle intervient selon un moment d'activation précis [14,16]qui peut varier selon le niveau de pratique et la stratégie personnelle de l'archer.

Les muscles du tronc et de la ceinture scapulaire ont une activité symétrique. Ceux du membre supérieur ont une activité asymétrie. Le mouvement est asymétrique comme expliqué précédemment : poussée de l'arc avec le bras d'arc, traction de la corde au niveau du bras de corde [1]

L'économie d'énergie due à la bonne « synergie » des muscles évite les mouvements de déviations latérales de l'arc ou de la corde, ce qui confère une stabilité de vol à la flèche et permet d'avoir la fameuse reproductibilité du geste [15]. Le gainage est également important pour éviter des perturbations par balancement.

<u>Dans le dos</u>
Le muscle *semispinalis* (semi-épineux) maintient la tête en extension. Les muscles *splenius capitis et cervicis* effectuent une extension, une latéroflexion et une rotation ipsilatérale de la tête. Le muscle *latissimus dorsi* unit la colonne vertébrale au pelvis. Il fixe les *scapulae* au dos, maintient une dépression de l'épaule d'arc en arrière et participe à la rotation interne du bras. Le muscle *sternocleidomastoideus* engage une flexion de la tête, une inclinaison ipsilatérale et une rotation controlatérale de la tête.

<u>La ceinture scapulaire</u>
Les muscles *trapezius pars medius* bilatéraux ramènent les *scapulae* vers la colonne vertébrale. Les muscles *rhomboidei* sont responsables de l'élévation des *scapulae* et de leur rotation interne vers la colonne vertébrale. Ils ont une activité jusqu'au passage du clicker. Ils interrompent leur contraction juste avant la libération de la corde. Le muscle *levator scapulae* élève la *scapula*. Un déséquilibre musculaire peut être observé si le sujet tire plus la corde qu'il ne pousse l'arc [16].
Le muscle *pectoralis major* assure le maintient du bras d'arc en bas.

3.2.1 Le bras d'arc

L'abduction du bras, après avoir mis la flèche, se fait avec les muscles *deltoideus*, *supraspinatus* et *biceps brachii*.

Le muscle *deltoideus pars anterior* a une activité continue, parfois même accentuée lorsque l'arc est trop lourd [16].
Avec le muscle *deltoideus* et le muscle *triceps brachii*, l'archer maintien le bras d'arc à l'horizontal et en rotation interne à l'aide du latissimus dorsi [10].

La fixation de la scapula se fait par les muscles *rhomboidei*, *trapezius* et *serratus anterior*.
Le muscle *triceps brachii* fait une extension de coude et permet la poussée de l'arc. Il a une activité continue, visible sur EMG, qui s'arrête lors de la libération de la corde [16].
Si une insuffisance musculaire est présente, un tremor musculaire apparaîtra [3,17].
Les muscles *biceps brachii* et *anconeus* ont un travail isométrique pour maintenir le bras en extension (en équilibre avec l'activité du *triceps brachii*).
La rotation interne du bras s'effectue par les muscles *deltoideus*, *pectoralis major, teres major, latissimus dorsi, subscapularis et supinator* [18].

Le muscle *extensor carpi ulnaris* (ECU) a une activité importante lors de l'armement jusqu'au passage du clicker et une intensité quasi nulle lors de l'échappée de l'arc. Une activité résiduelle est présente, qui correspond à l'ouverture des doigts. [16]

Le muscle *flexor carpi ulnaris (*FCU) a le rôle inverse de l'ECU. Il n'a pas d'activité lors de l'armement jusqu'au passage du clicker mais une activité importante lors de la libération de corde [16].
L'échappée de l'arc et son poids hors de la main entraînent un mouvement d'ouverture de la main combiné à une inclinaison ulnaire et légère flexion du poignet.
L'association de ces deux muscles assure une stabilité maximale de la main d'arc en latéral.

3.2.2 Le bras de corde

En parallèle de l'activité du bras d'arc, le bras de corde a aussi une activité visible par EMG [16].
Le muscle *latissimus dorsi* est responsable de la rotation interne du bras. Une insuffisance de celui-ci entraîne une faiblesse de la position du coude.
Sur les muscles *pectoralis major,* l'étude de Edelmann-Nusser montre une activation par anticipation à la libération de la corde. Elle a montré que cette activité peut causer un léger mouvement parasite de l'arc, vers la gauche pour le droitier et vers la droite pour les gauchers [15].

La saisie de la corde se fait par une flexion du coude suivi d'une abduction du bras, le muscle *deltoideus pars postérieur* a une activation pendant l'armement et cesse son activité après le clicker [16]. Le muscle *deltoideus* contrôle le geste.
Sessa [16] constate une activation résiduelle après libération de la corde. Cette activation correspond à la fin du geste lorsque la main part en arrière.

Le bras de corde amène la corde jusqu'à son point d'ancrage (c'est à dire la mâchoire inférieure).
La fixation de la *scapula* est contrôlée par les muscles *serratus anterior* et le *trapezius*. Le muscle *trapezius medius* est le plus sollicité [19]. De plus il y a un mouvement d'adduction de la scapula vers la colonne [10].
Le bras d'arc est statique pendant ce temps-là [20]. Le centrage de la tête humérale dans la *cavitas glenoidalis* est maintenue grâce à la coiffe des rotateurs : les muscles *supraspinatus, infraspinatus, teres major*, *teres minor* et *subscapularis*.
Ce centrage de la tête humérale permet une réduction du bras de levier, une moindre dépense en énergie des muscles et donc une reproductibilité plus facile du geste[10].

Le muscle *biceps brachii*, fléchisseur du coude, a une activité pendant l'armement jusqu'au clicker et une inactivité après le lâcher de corde. Il a aussi un rôle de supinateur[16].

Le poignet est en position de légère extension par les muscles *extensor carpi radialis longus (ECRL) et brevis (ECRB).* Ils ont pour origine l'humérus bord latéral externe et vont jusqu'à la base du deuxième métacarpien pour l'ECRL et du troisième métacarpien pour l'ECRB. Ces radiaux sont responsable de l'extension (ECRB) du poignet et de l'extension et de l'inclinaison radiale du poignet (ECRL)[21].

Ils ont une activité après le clicker jusqu'à la libération de la corde. Ils ont un rôle de stabilisation du poignet.

Le muscle *extenseur digitorum communis (EDC)* est responsable de l'extension des articulations métacarpo-phalangiennes (MCP) des doigts longs. Il n'a pas d'activité lors de l'armement jusqu'au moment du clicker mais a une activité intense après la libération de la corde[16].

Les palmaires, les muscles *flexor digitorum profundus (FDP) et superficialis (FDS),* ont le rôle de fléchisseur des phalanges. Le FDP fléchit la 3ième phalange sur la 2ième phalange puis sur la 1ère. Le FDS fléchit la 2ième sur la 1ère. Il a une action sur le poignet et faiblement sur le coude.
Ils ont une activité juste après le clicker et plus d'activité ensuite (relaxation des doigts) [16]. « L'efficacité du FDP est maximale quand la MCP est en extension » grâce au muscle *extensor digitorum communis[22]*.

Les radiaux et les palmaires sont les seuls à travailler sur le bras de corde lors de la libération de la corde [16].
Les muscles *flexor digitorum profundus* et *superficialis* crochètent la corde. Ils travaillent avec le muscle *extensor digitorum*.

L'archer développe une stratégie de contraction de l'avant bras. Deux avis coexistent concernant la libération de la corde et l'activité de ces muscles. Certains auteurs disent qu'il faut apprendre le bon geste en exécutant un relâchement soudain (après le clicker) des muscles *flexor digitorum superficialis et profondus* sans une activation du muscle *extensor digitorum communis*[23]. D'autres pensent qu'il faut un relâchement des fléchisseurs et simultanément la contraction de l'extenseur [1].
Au final dans le geste de l'archer de haut niveau les deux méthodes sont présentes ce qui semble soutenir la notion de reproductibilité du geste dans les deux cas. Si les muscles agonistes et antagonistes ne sont pas bien coordonnés les uns par rapport aux autres, la libération est brouillonne et le résultat moins précis [1,14].

3.3 Biomécanique du geste

La puissance d'un arc s'exprime généralement en livre (lb).

Les forces

La ligne qui va de la poignée (ou l'équilibre des forces est nulle) jusqu'au point d'encochage est la *Draw Force Line,* la ligne de force de tirage.

Il existe 2 principales forces exercées sur un arc tendu : la force due au poids de l'ensemble du bloc arc (toujours orientée perpendiculairement au bras d'arc) et la force compressive qui a une action compressive au niveau de l'appui du poignet, du coude et de l'épaule du bras d'arc. Cette force compressive a aussi une action de compression au niveau du bras de corde sur l'épaule. Elle a une action de traction au niveau des doigts (D2, D3, D4), du poignet, et du coude au niveau du bras de corde. La résultante de ces 2 forces, devrait passer par la clavicule afin d'être la plus économe possible en dépense d'énergie musculaire. Ce qui assure un maintien de la position et une répétition du geste [10].

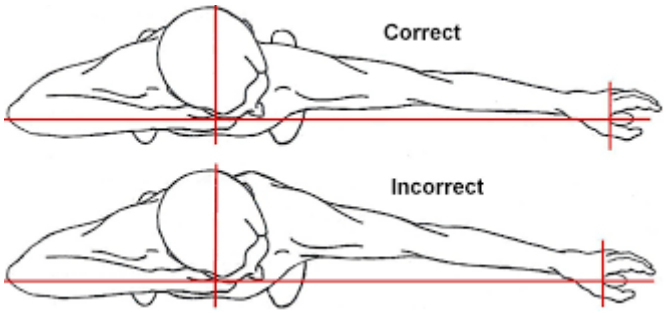


Figure 5: L'alignement[9]

La rotation interne de l'humérus, maintien l'épaule en bas. Le coude est tourné vers l'extérieur, les os de l'avant bras sont dans la position neutre relâchée[10]. Cette position permet un placement de la main d'arc vertical.

Une modification de la verticalité de la main d'arc, entraîne un mouvement latéral de l'arc à cause d'une torsion du poignet [24].

Sur la main d'arc, il est important d'avoir toujours le même contact avec la poignée et la même pression. Elle est sensée être une « interface passive entre le bras d'arc et l'arc »[10].

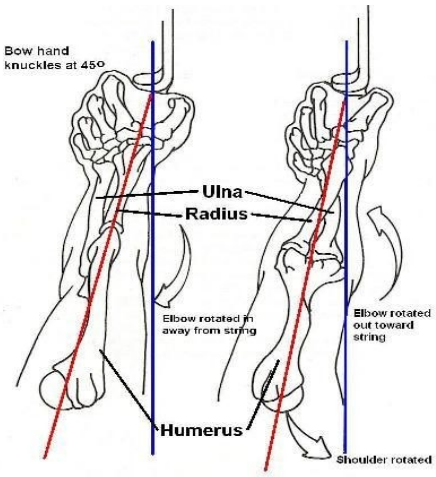


Figure 6: MCP à 45° et rotation interne du bras d'arc

Le contact de l'arc et de la main se situe entre l'os *hamatum* (origine du muscle *flexor digiti minimi),* l'os *pisiformis* (origine des muscles *abductor digiti minimi* et *abductor pollicis pars obliquus)* et l'éminence thénar, au niveau du pli palmaire supérieur (gouttière palmaire).
La transmission de la puissance armée ne peut s'effectuer que dans cette zone-ci. Cette zone devient aussi une zone de pivot lors de la répulsion de l'arc après la libération de la flèche. Si la poignée de l'arc appuyait trop au niveau de la première commissure, la pression entraînerait un collapsus des doigts vers la poignée, et une activité des muscles extenseurs pour les maintenir ouverts. C'est une perte d'énergie conséquente et un risque de mouvement parasite élevé.
En fonction de la zone d'appui, il peut apparaître des compensations voire des adaptations de la main sur la poignée. La visée, ainsi que le geste global, peuvent en subir les conséquences. L'équilibre de l'arc change.
La saisie pleine paume génère une distribution des forces différentes et entraîne un mauvais alignement [10] (figure 6).
Un poignet ayant trop d'inclinaison ulnaire ou d'inclinaison radiale ou trop d'extension rend l'arc instable.

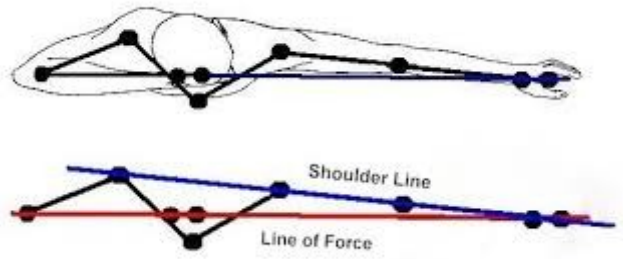


Figure 7: L'alignement articulaire et la ligne de force

La propagation de la force de compression de l'arc sur le membre supérieur, débute sur la main, au niveau de la 2ième rangée du carpe (*trapezium, trapezoideum, capitatum, hamatum*) et passe sur la 1ère rangée du carpe (*scaphoide, lunatum, triquetrum*). L'extrémité distale du radius reçoit la force qui, par l'intermédiaire de la membrane interosseuse, est transmise à l'ulna. A hauteur du coude l'onde se propage le long de l'humérus par l'os et arrive dans l'articulation gléno-humérale. La coiffe des rotateurs transmet en partie la compression, l'autre partie de la compression passe dans la cavité glénoïdale. La *spina scapulae*, l'acromion et la clavicule sont en bout de chaîne des forces de compression [25].

Configuration articulaire du poignet et de la main:

La surface articulaire de l'extrémité distale du radius est en contact avec le *scaphoideus* et la moitié latérale du *lunatum*. Le *scaphoide* est lié à 3 os, *trapezium*, *trapezoideum* et *capitatum*.

Le *trapezium* s'emboîte avec le premier métacarpien M1 « selle de cheval », le *trapezoideum* avec le deuxième métacarpien M2 « en fourche ». Le *capitatum* est en contact avec le troisième métacarpien M3, mais aussi avec M2 en latéral et avec le quatrième métacarpien M4 en médial. *L'hamatum* est lié à M4 et M5.

Côté arc :

La main d'arc est la première interface.

Le poignet est le « siège de contraintes liées aux contacts externes de la main » [26].

Pendant l'armement le poignet d'arc est en légère extension donc l'ensemble du carpe bascule en arrière. La 1ère rangée des os du carpe part en supination et la 2ième rangée en pronation. Les berges du canal carpien s'ouvrent et la lumière du canal carpien se réduit. L'extension est combinée à une inclinaison radiale (vissage des 2 rangées du carpe).

Après libération de la corde, le poignet fléchit et le carpe bascule en avant avec inclinaison ulnaire (dévissage des 2 rangées du carpe). La 1ère rangée part en pronation et la 2ième en supination. La lumière du canal carpien s'agrandit.

Après la libération de la flèche, l'éjection de l'arc retenu par la dragonne augmente la flexion du poignet. C'est le dart throwing motion (DTM) [27,28], le mouvement s'effectue du quadrant dorso-radial vers le quadrant palmo-ulnaire.

Les muscles des loges thénarienne et hypothénarienne ont un rôle de stabilisateur du carpe.

Le pouce d'arc est en position neutre dans les 3 plans. Lors de la saisie de l'arc l'articulation trapézo-métacarpienne est en abduction, flexion et pronation. La métacarpo-phalangienne (MCP) est en adduction.

Côté corde :

La main de corde est la seconde interface [10].

La traction exercée sur l'index, le majeur et le l'annulaire doit être également répartie sur les 3 doigts. Le poignet est en légère inclinaison ulnaire.
Le placement de la corde se fait au niveau de l'IPD. Le muscle *flexor digitorum profondus* est en activité. Il faut que la ligne de force passe par le milieu du poignet et par l'encoche de flèche (attention au coude celui-ci peut faire varier la position de la corde sur les doigts par son placement pendant l'armement).

Les muscles et articulations sollicités par la pratique du tir à l'arc sont résumés en annexe.

4 Méthode

Afin d'identifier les pathologies courantes de l'archer et de déterminer si certaines concernent les mains, j'ai développé un questionnaire qui a été diffusé aux licenciés de la FFTA. Pour compléter la recherche et vérifier l'exhaustivité des réponses, je me suis appuyée sur la littérature existante. Enfin grâce au témoignage direct d'archers de ma connaissance, j'ai pu détailler et illustrer certaines lésions de la mains.

4.1 Questionnaire

J'ai contacté M. Petitjean (médecin de la Fédération Française de Tir à l'Arc FFTA) afin de voir si un questionnaire de recherche sur les pathologies de la main en tir à l'arc serait envisageable et s'ils étaient intéressés par mon projet. Après avoir eu l'accord de M. le président de la FFTA, M. Jean-Michel Cléroy, la diffusion a pu être faite par l'intermédiaire du Chargé de Communication M. Julien Rossignol dans la newsletter de la FFTA au moyen d'un lien le reliant à mon questionnaire anonyme à Google Forms. Le questionnaire est resté accessible du 16 octobre 2020 au 16 janvier 2021. Il y a eu 353 réponses. Il n'y a pas eu de relance dans la newsletter et un seul moyen de recrutement de réponses a été établi.

4.1.1 Contenu du questionnaire

Le questionnaire est anonyme. Les questions personnelles sont posées afin d'avoir une vue globale de l'archer/ère. Le genre, l'âge, la latéralité, le métier, et les pratiques sportives autres que le tir à l'arc sont pris en compte.

Dans la première partie du questionnaire, sont évalués la fréquence de la pratique, les antécédents traumatiques voire chroniques du membres supérieurs de l'archer/ère rencontrés au cours de sa vie, indépendamment du tir à l'arc. Puis spécifiquement en rapport avec le tir à l'arc, je me suis intéressée à l'intensité de la pratique de chacun en demandant le nombres de flèches tirées par entraînement, la fréquence hebdomadaire des entraînements, le type d'arc et sa puissance, la distance de tir, en compétition.

Dans la deuxième partie du questionnaire je m'intéresse plus particulièrement aux types de pathologies qu'ils ont pu rencontrer lors de la pratique du tir à l'arc, et en demandant plus de

précisions s'il s'agissait d'une lésion de la main. La description de la lésion, la mise en place de la prévention, l'adaptation et d'éventuelles consultations médicales sont également prises en compte.

4.1.2 Biais

Bien que les réponses aient été nombreuses et les résultats du questionnaire intéressants, il convient de mentionner les biais possibles liés à cette étude.

Les questions ont pu être mal comprises par l'archer/ère, les réponses pas aussi détaillées que demandées. De plus il y avait beaucoup de questions (52 questions), ce qui a pu démotiver certaines personnes. Parmi les demandes beaucoup étaient des questions ouvertes, ce qui peut rendre le traitement des résultats plus difficile d'un point de vue statistique.

Certains archers qui n'avaient pas eu de pathologies ne se sont peut être pas senti concernés par ce questionnaire. Ce qui signifie que la population des archers blessés peut être surreprésentée par rapport à la population totale des archers.

Les réponses n'étaient pas toutes précises, certains archers ne se souvenaient pas du nom de la lésion ou du tendon en souffrance.

Le contact avec les archers a été établi uniquement par l'intermédiaire du questionnaire, ce qui n'a pas permis de poser davantage de questions, ni d'avoir des précisions par rapport aux réponses reçues.

Un plus grand nombre de réponses aurait peut-être permis d'avoir des résultats encore plus représentatifs sur la population des archers ayant subi des blessures au niveau de la main.

Le diagnostique médical ou paramédical n'a pas pu être posé systématiquement (tous les archers n'ont pas consulté).

Les antécédents ou la fatigue du membre supérieur peuvent ne pas avoir été mentionnés par l'archer.

L'échantillonnage des personnes recensées lors du questionnaire est très varié, du point de vue de l'âge, du métier, des autres sports pratiqués, de l'intensité de la pratique du tir à l'arc et du niveau. Cela peut également fausser le résultat ou du moins limiter son interprétation de par le faible nombre de pratiquants pour chacun de ces sous-groupes.

4.1.3 Nombre de réponses

Il y a 353 réponses au questionnaire sur environ 45.000 personnes qui reçoivent la newsletter de la FFTA ce qui donne une participation de 0,78%.

La répartition des réponses hommes/femmes est de 31,4 % de femmes et 68,6% d'hommes.

4.2 Autres moyens

Afin de corroborer les résultats du questionnaire, de compléter et d'enrichir ma recherche, je me suis appuyée sur la littérature existante. Toutefois, il existe peu d'ouvrages et d'études sur les pathologies en tir à l'arc et en particulier sur les lésions de la main. J'ai trouvé un support dans les références [29–33] (voir bibliographie).

Et enfin, pour pouvoir détailler et illustrer certaines lésions de la main, j'ai interviewé des archers de Toulouse. J'ai en particulier rencontré un archer qui s'était blessé à la main lors de sa pratique avec un arc classique. Il m'a permis d'étayer le cas des lésions par accident de flèche.

5 Les pathologies et lésions

Dans le tir à l'arc, il existe différents types de blessures: les blessures par sur-sollicitation du corps, et les blessures aiguës par accident [34].

5.1 Résultats du questionnaire

Données épidemiologiques:

Il y a eu 353 réponses, 111 étaient des femmes (31,4%) et 242 des hommes (68,6%).

L'âge des archers varie de 13 ans à 87 ans. La moyenne d'âge est de 47,6 ans. Parmi cette population il y a 9 mineurs.

51 archers sont gauchers (14,5%), 292 sont droitiers (82,7%) et 10 ambidextres (2,8%) dans leur vie quotidienne.

256 archers ont l'œil directeur à droite (72,5%) et 97 à gauche (27,5%).

304 archers font de la compétition (86,1%), 49 n'en font pas (13,9%).

176 font du sport à côté de leur pratique de tir à l'arc (50%), 177 n'en font pas (50%).

279 archers disent avoir des antécédents de blessure sur les membres supérieurs, non liés à la pratique du tir à l'arc.

Données sur la pratique du tir à l'arc:

Le nombre d'année de pratique des archers varie de 1 à 55 ans et la moyenne du nombre d'années de pratique est de 14,28 ans.

239 archers pratiquent l'arc classique (67,7%). Parmi ceux-ci, 85 sont des femmes (35,6%), 154 des hommes (64,4%). Sur ce total, 187 archers disent pratiquer exclusivement de l'arc classique.

91 archers pratiquent l'arc à poulies (25,8%). Parmi ceux-ci, 18 sont des femmes (19,8%), 73 des hommes (80,2%). Sur ce total, 45 archers disent pratiquer exclusivement l'arc à poulies.

104 archers pratiquent l'arc nu et autres arcs (29,5%). Beaucoup d'archers pratiquent plusieurs arcs. Ils ont fait quelques années d'arc classique et passent ensuite à l'arc à poulies ou à l'arc nu.

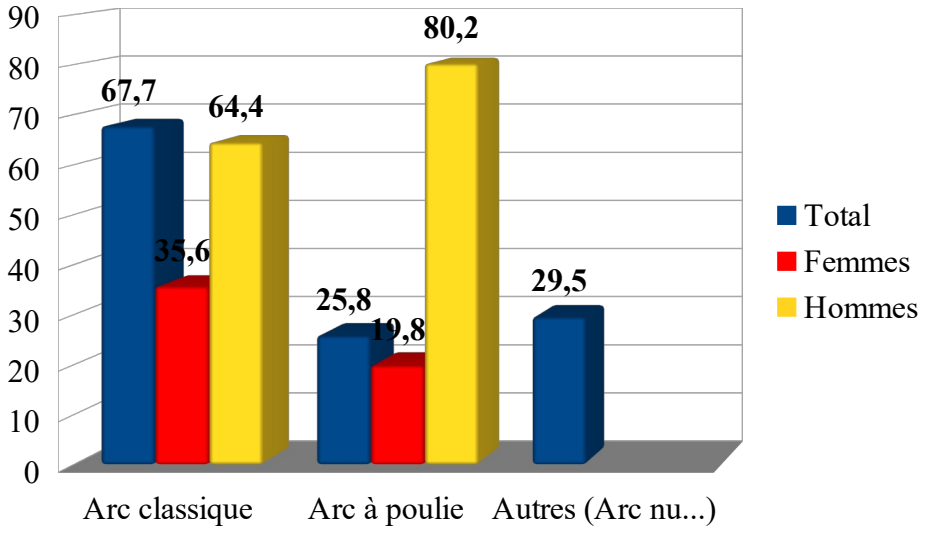


Figure 8: Répartition des archers par type d'arc utilisé

279 archers déclarent avoir eu des antécédents traumatiques au niveau des membres supérieur au cours de leur vie. 139 sont localisés sur le bras de corde. 131 sur le bras d'arc. 9 ne les ont pas localisé.

Lors de la pratique du tir à l'arc, 217 archers disent avoir eu des lésions au niveau des épaules, coudes, avant-bras, poignets et mains pendant ou après la pratique (61,5%). 136 archers n'ont pas souffert de blessure (38,5%).

<u>La répartition des pathologies au niveau du membre supérieur:</u>

- 74/217 exclusivement coté bras d'arc
- 74/217 exclusivement coté bras de corde
- 78/217 des 2 côtés
- 152/217 se situent au niveau des épaules: 78/152 sur l'épaule d'arc, 94/152 sur l'épaule de corde
- 40/217 Avant bras
- 63/217 Coudes
- 39/217 Mains et doigts

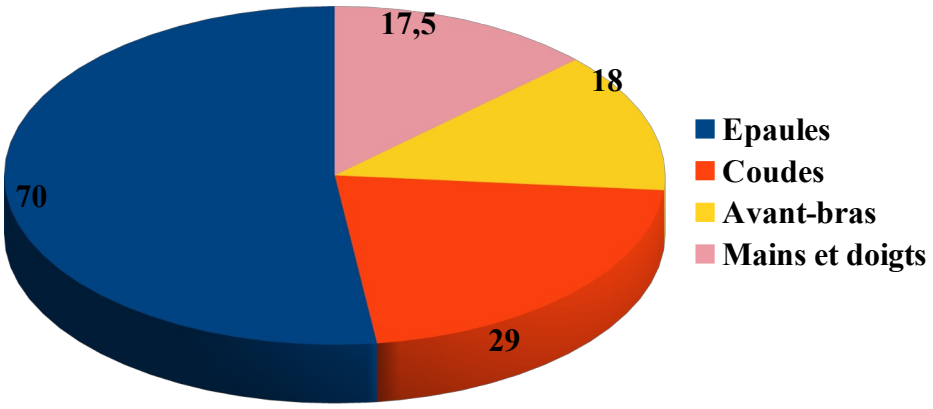


Figure 9: Localisation des blessures de l'archer (%)

69 archers rapportent avoir eu des lésions au niveau des mains et des avant-bras lors de leur pratique en tir à l'arc soit 31,8%, parmi eux 39 au niveau des mains et des doigts (17,9%).

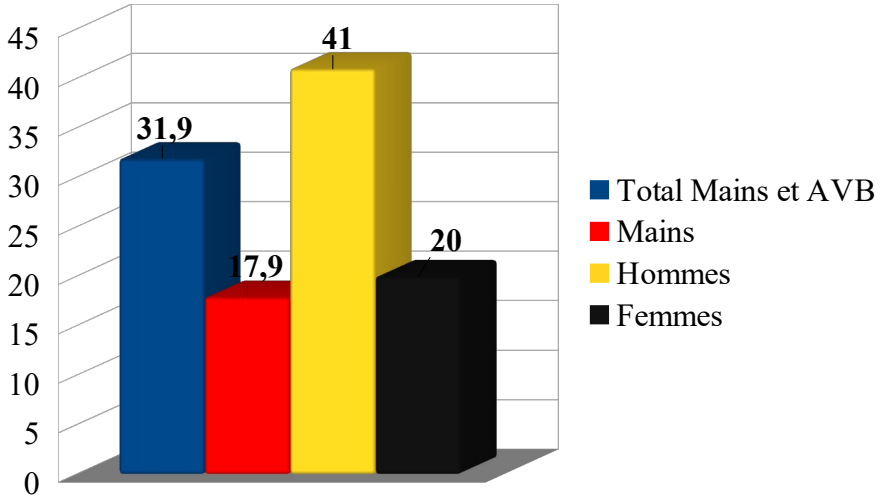


Figure 10: Pourcentages des lésions sur les AVB et les mains - Répartition homme/femme

A la question avez-vous eu des lésions au niveau des mains, 64 archers ont répondu par l'affirmative. C'est 18,1% de l'échantillonnage des archers.

47 ont eu des lésions à la main de corde (73,4%), 15 sur la main d'arc (23,4%).

2 n'ont pas spécifié la main (main de corde ou main d'arc) sur laquelle était survenue la blessure, ni le type de lésion.

Donc sur le total des archers ayant répondu, 17,6% ont eu des lésions au niveau des mains (34% femmes, 66% hommes). Parmi eux 44 pratiquent l'arc en classique (71%).

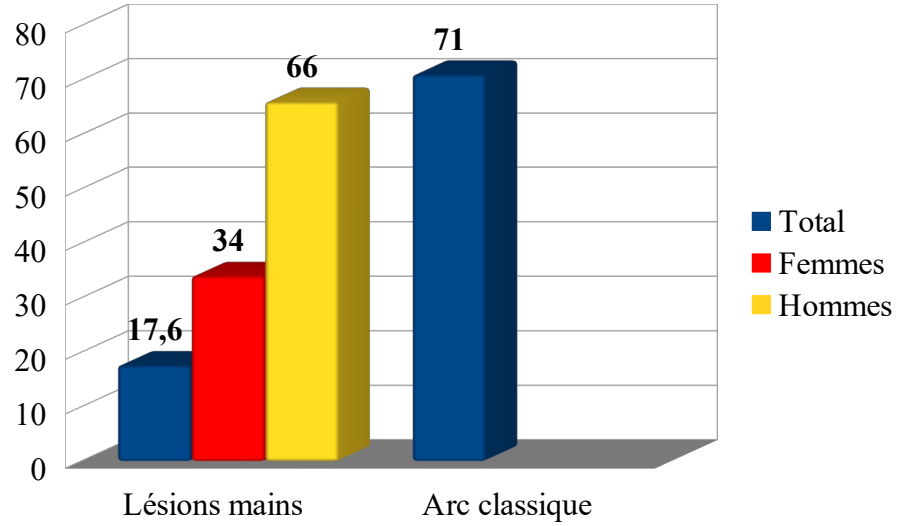


Figure 11: Pourcentage des archers ayant subi une lésion de la main

Les blessures de la main se repartissent comme suit:

- 15 archers soit 24,2% ont eu des lésions sur la main d'arc (5 femmes (33,3%), et 10 hommes (66,7%)).
- 47 archers soit 75,8% ont eu des lésions sur la main de corde (17 femmes (36,2%), 30 hommes (63,8%)).
- 2 archers ont des maladies généralisées (syndrome d'Ehler Danlos, rhumatismes).

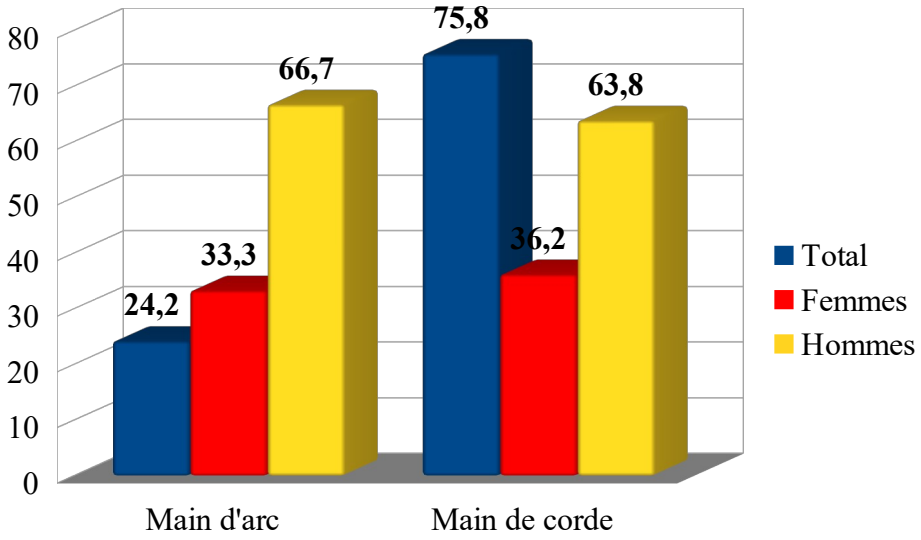


Figure 12: Répartition des lésions sur main d'arc / main de corde (%)

Types de pathologies retrouvées au niveau de mains:

Sur la main de corde:

15 archers ont des éraflures, des érythèmes, des phlyctènes et des entailles (soit 24,2% des lésions de la main de l'archer).

Ces lésions sont souvent provoqués par frottement de la corde ou une protection insuffisante (palette trop fine au niveau des doigts).

L'arrêt de la pratique pendant un laps de temps puis la reprise a diminué la corne qu'un archer s'était, ce qui a favorisé une lésion.

2 archers décrivent des syndromes neurologiques par écrasement du nerf digital de l'annulaire pour l'un et parestésies dans les doigts dûes à un surentraînement pour l'autre.

3 archers notent l'apparition de kystes osseux au niveau de la sangle du décocheur. Des kystes au niveau des tendons de la main de corde ou sur le poignet qui irradient « comme si ça venait du pouce ».

1 archer mentionne une microfissure osseuse qui serait liée à un surentraînement quand il était en junior.

Un archer rapporte une compression de la paume par le décocheur.

Un archer mentionne une styloïdite radiale.

Un autre rapporte un traumatisme douloureux au niveau du poignet quand il a armé son geste.

Un cas est indirectement lié au tir en lui-même: blessure à la main sur une chute en allant chercher des flèches dans un fossé (tir nature).

Et de manière plus globale, la plupart des archers font état de crampes sur les mains et avant-bras.

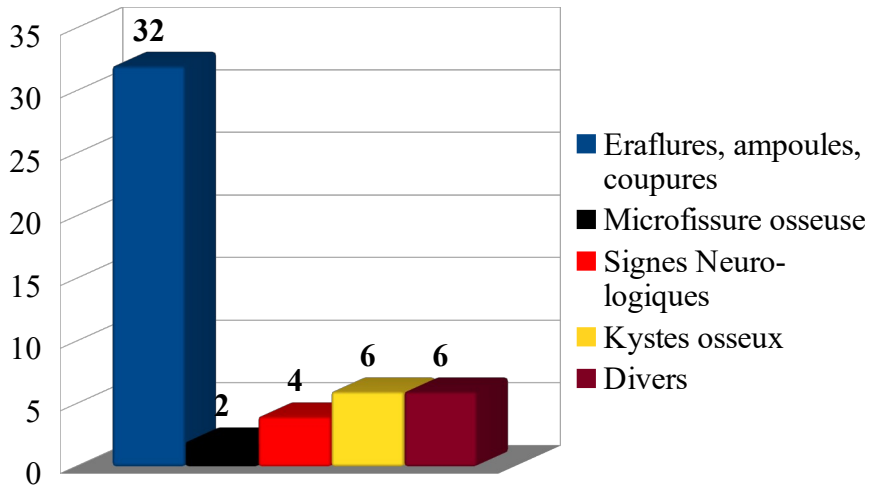


Figure 13: Pourcentage des types de lésions sur la main de corde

Sur la main d'arc :

6 archers ont eu des accidents de flèches.

1 archer rapporte une tendinite de De Quervain « due au relâchement du poignet ».

1 archer décrit un frottement à la base du pouce car l'arc frotte dessus lors de sa répulsion.

5 archers ont eu des lésions qui n'ont pas de rapport avec le tir à l'arc (fractures spiroïdes des doigts en foot, arthrose bilatérale des poignets, entorses des doigts, douleurs au niveau de l'index, blessure en travaillant le bois, entaille avec le taille-haie).

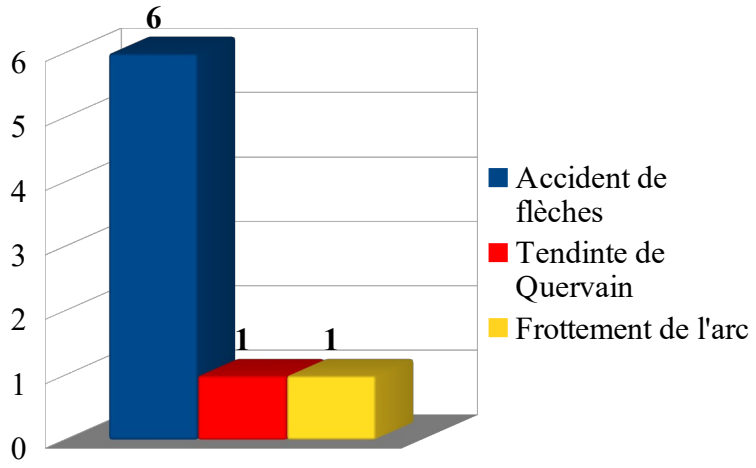


Figure 14: Poucentage des types de lésions sur la main d'arc

Donc 60% des lésions au niveau de la main d'arc sont des accidents de flèche. Cela représente 9,6% des lésions de la main de l'archer.

5.2 Autres pathologies théoriques dans la littérature

5.2.1 La main et le poignet

Parmi l'ensemble des blessures potentielles de l'archer, environ 12% se situent sur les poignets et 6% sur les doigts, d'après la littérature [35].

Les entailles sont possibles par exemple avec un arc de chasse et une pointe. Un archer s'est coupé au niveau de l'index lors du désarmement de la flèche suite à un tir avorté (la pointe est passée sur

le doigt lors du retour de la flèche en position initiale). Il a eu une lésion du nerf digital et de l'artère digitale ainsi qu'une perte de sensation au niveau de l'index [36].

Le muscle *flexor digitorum profondus* tend à être hypertrophique chez l'archer du coté du bras de corde surtout sur l'annulaire. Le tendon a une modification de sa structure [32] par stress mécanique (stress ou cicatrisation).

Des fractures ouvertes peuvent avoir lieu, lors de la phase d'armement[31].

Certains décrivent un syndrome du canal carpien bilatéral. Il serait occasionné par la résistance sur la flexion des doigts longs et la compression du nerf médian au coude. Les vibrations peuvent générer des troubles circulatoires[37]. C'est le cas d'une jeune archère qui a subi un dommage microvasculaire au niveau des doigts [38].

Parfois il existe même un cas de contact allergie au niveau de la main gauche (de type eczéma). Après un patch test, il a pu être identifié que l'archer était allergique à un des composants de la peinture de son arc (le limonène qui est un terpène) [39].

Concernant les accidents de flèches:
Certaines flèches usées, abîmées montrent des signes de fatigue. Les fibres de carbones peuvent se fendre ou se casser au niveau du fût [29]. Lorsque la flèche cassée démarre lors de la libération de la corde, il arrive qu'elle puisse être déviée ou demeurer accrochée au niveau du repose-flèche. C'est ce qui est arrivé à un archer tirant en poulies [29].

Grâce aux archers interviewés par l'auteure, nous pouvons citer le cas d'un archer tirant en arc classique qui a eu un accident de flèche. L'archer tirait entre 800 et 1000 flèches par semaine. A raison de 4 entraînements/semaine. La puissance de son arc le jour de l'accident était de 35 livres. Il préparait les concours qualificatifs au championnat du monde.
La flèche qui était probablement abîmée a explosé contre le repose flèche et de nombreux morceaux de flèche et échardes sont allées se loger dans le pouce (Figure 15, 16).

90% du tendon (l'archer n'a pas su me dire lequel *abductor ou extensor pollicis longus*) a été lésé ainsi que le nerf.

Figure 15: Photo d'une blessure par flèche de la colonne du pouce (face palmaire)

Après un premier passage aux Urgences pour enlever les centaines de bouts visibles, il a été pris en charge au bloc le lendemain pour 2h d'intervention car il restait des micro-débris de flèche. La flèche avait bien explosé et dispersé des fragments partout. Cet archer a eu 1 mois de repos strict. Il a mis 3 mois pour retrouver les sensations autour de la cicatrice palmaire du pouce, 6 mois pour ne plus avoir de séquelle au niveau des amplitudes du pouce.

L'archer garde encore une certaine appréhension lors de certain tirs de flèches, et il utilise maintenant l'arc à poulies par précaution (la main d'arc est un peu moins exposée en arc à poulies).

Figure 16: Photo d'une blessure par flèche de la colonne du pouce (profil)

Ljungquist et Lubbers rapportent le cas d'un archer blessé au poignet par un arc à poulies. Ce cas fait également partie des cas représentatifs. Les morceaux de fibres de carbones de la flèche ont pénétré dans le poignet coté radial, en avant du tendon du muscle *abductor pollicis longus* et ont provoqué une lésion de l'artère radiale (2 lacérations).
Le danger est de sous-estimer les blessures. En effet des potentiels corps étrangers peuvent demeurer dans la main car les morceaux de flèches ne sont pas radio-visibles. De plus, plusieurs morceaux de fibres de carbones peuvent pénétrer par un point d'entrée unique. Le non-retrait des corps étrangers pourrait favoriser l'apparition de dommages additionnels [30].

Majoritairement les lésions au niveau des mains sont aiguës, avec des lacérations (62% +/-2%), des plaies perforantes (8% +/-1%), corps étrangers (6% +/-1%), contusions et dermabrasions (6+/-1%) [33–35].

Les pathologies au niveau des avants-bras représentent 4% des cas [35].

Il existe des tendinites de De Quervain, c'est une ténosynovite nodulaire sténosante des tendons des muscles *extensor pollicis brevis et abductor pollicis longus* avec une dégénérescence structurelle de ces tendons. Ce sont des tendons sur-exposés au stress mécanique. La prise en charge consiste dans un premier temps à soigner avec des traitements conservateurs, attelles, AINS et/ou injection de cortisone dans le premier compartiment et si les résultats ne sont pas favorables, c'est l'opération dans un second temps [40].

5.2.2 Coude

Les pathologies du coude viennent en 2ième position dans la littérature pour les pathologies des archers [34,35] (17%).
A cause des répétitions du mouvement, de stress sur les extenseurs du coude et des fléchisseurs du coude, les insertions de ces muscles sont en souffrance.
L'épicondylalgie médiale bilatérale est une douleur provoquée par une pronation de l'avant-bras, flexion du poignet, et flexion des doigts longs avec résistance (il y a transformation du *flexor digitorum superficialis*, et perte de l'architecture des tendons).

Dans le cas de l'épicondylalgie latérale et de la synovite péritendineuse, il faut éviter que le tendon ait une dégénération [34].

5.2.3 Epaules

Entre 45 et 50 % des pathologies des archers sont localisées au niveau de l'épaule [34,35].

Les tendinopathies des coiffes des rotateurs peuvent se produire, associées parfois à des bursites ou des tendinopathies du *biceps brachii* [7]. Les subluxations ou luxations de l'épaule sont également possibles.

L'avulsion du processus coracoïde: Le processus coracoïde est l'objet de grosses charges d'énergie, plus au moins importantes en fonction du niveau de l'archer [3,41,42]. Le cas d'un enfant de 11 ans avec une douleur au niveau de l'épaule est rapportée par Naraen, Giannikas et Livesley. Il avait un œdème local au niveau du processus. Le surentraînement est en cause ainsi que la puissance de l'arc qui était trop importante pour l'enfant.

Le pincement (*impingement*) est dû à une activité musculaire importante de l'épaule. *L'impingement* est dû à la compression du tendon du muscle *supraspinatus* sous le ligament coracoacromial et sous la structure acromiale à l'avant [7]. Les résultats de Shinohara *et al.* montrent que les archers souffrant d'un pincement ont des amplitudes plus grandes d'élévation de la *scapula.* Les muscles *trapezius superior et deltoideus medius* ont plus d'activité et le ratio des muscles *trapezius superior/trapezius inferior* est différent du groupe sans *impingement* . Par contre l'amplitude est plus petite en extension horizontale ainsi qu'en flexion de coude. Le *trapezius inferior* a une activité plus petite que celui des archers sans *impingement*.[43]

Il existe aussi la dyskinésie d'épaule [44].

5.2.4 Dos

Les pathologies du dos représentent 5% des cas [35].

Les disques intervertébraux, les apophyses, peuvent être lésés car il y a beaucoup de contraintes au niveau du dos (par exemple pour un arc d'une puissance de 24 lbs, la répétition du tir sur une volée de 90 flèches correspond à un cumul de 2160 livres, soit 980 kg).

Des tensions chroniques et des douleurs musculaires sont fréquentes, mais il y a aussi un risque aigu pour les disques intervertébraux.

Une paralysie isolée du nerf thoracique long à cause d'un étirement trop important ou d'une compression pendant la pratique a été décrite par Shimizu *et al.* Il y avait une neurapraxie du nerf [45].

5.2.5 Autres parties du corps

Les pathologies des autres parties du corps représentent 9% des cas [35].
Voici un petit échantillon de ce qu'on trouve dans la littérature:

Le syndrome du chasseur à l'arc, ou insuffisance rotationnelle vertébro-basilaire. Ceci est provoqué par la rotation ou l'extension de la tête, ce qui crée une occlusion dynamique et réversible de l'artère vertébrale. Il résulte une interruption momentané de l'apport sanguin dans le cerveau [46].

Thoracic outlet syndrome ou syndrome du défilé thoracique, Jin Young Park *et al.* décrivent un cas possible de syndrome du défilé thoracique en position d'armement complet de l'arc. La position en extension et en abduction de l'épaule induit un déplacement postérieur de la clavicule (elle a un mouvement de rétraction, d'élévation et de rotation axiale postérieure ce qui comprime le muscle s*calenus anterior* qui entraîne ensuite une compression de l'artère subclavière dans l'espace interscalénique). Ce déplacement comprime le plexus brachial [47].

Une fracture de stress sur l'ulna a été confondue avec des douleurs de ténosynovite médiale au niveau du coude (rapporté par Yavuz *et al.*). Il s'est avéré que le sujet souffrait d'hypophosphatasie dans son passé. Cette affection peut engendrer une ostéoporose [48].

5.3 Synthèse

Les résultats obtenus au travers du questionnaire correspondent globalement à ce que l'on peut trouver dans la littérature, en particulier concernant les types de pathologies affectant les mains. De

plus l'analyse de la répartition, en pourcentage, par zones du corps atteintes par une blessure donne des ordres de grandeur équivalents avec ce que l'on peut lire dans les études existantes.

Les pathologies de la mains rencontrées en tir à l'arc sont la plupart du temps aiguës. On constate que les accidents sont dus à un matériel défectueux, à des accidents de corde, des flèches cassées, des erreurs humaines, ou un frottement inapproprié du matériel sur la peau.

Ces lésions aiguës entraînent selon leurs localisations soit des blessures de types entailles, phlyctènes et dermabrasions (frottement de la corde sur la pulpe des doigts ou au niveau de l'IPD, ou entaille avec les nock-sets). Ce sont celles-ci qui ressortent principalement du questionnaire au niveau **de la main de corde**. Le surentraînement et une palette trop fine voire pas de protection au niveau des 3 doigts de cordes peuvent engendrer des parestésies par compression vasculaire au niveau des IPD soit une lésion par écrasement des nerfs digitaux.
Un appui inapproprié avec un décocheur peut générer des kystes, qui peuvent être douloureux et gênants lors de la pratique. Par la suite ils peuvent perturber par adaptation de la posture (à cause de la douleur ou de leur volume) ou générer une pathologie au niveau des articulations en amont de la main (éventuellement troubles posturaux à long terme).

Sur la main d'arc les lésions aiguës sont plus des accidents de flèches dus à des matériels défectueux, abîmés par le nombre de répétitions et d'entraînements, après avoir heurté le sol ou le bois des cibles. La puissance de l'arc peut aussi aggraver la lésion. Ces accidents de flèche peuvent engendrer des ruptures partielles ou totales des tendons (dans la région du pouce) des lésions vasculaires, ou neurologiques, voire même des fractures des métacarpiens, si la flèche fait des ricochets.
Au niveau de l'avant bras d'arc, on a majoritairement des accidents de corde. La corde vient taper après que la flèche soit partie (moitié de l'avant- bras proximal) ou au niveau du coude en médial lorsque le bras d'arc n'est pas assez en rotation interne à cause d'un déficit des rotateurs internes de l'épaule et d'une absence de protège-bras. Ces accidents de corde génèrent principalement des hématomes plus ou moins massifs en fonction de la puissance de l'arc.

Les tendinopathies rencontrées (De Quervain ou les épicondylalgies), viennent plutôt d'un problème de posture. Le sur-entraînement peut majorer l'effet ou la lésion des tendons.

6 Traitements et Préventions

6.1 Traitements

La main est un élément complexe, qui permet la préhension. Elle est composée de 27 os, 18 articulations, 43 insertions tendineuses (F. Moutet). Pour saisir un objet, la main est ouverte, on observe une extension des doigts longs avec une diminution de celle-ci « de l'index à auriculaire »[18]. Le pouce fait une extension et une abduction, il y a ouverture de la 1ère commissure. Lors de la saisie la main se trouve en pronation.

La saisie de l'arc est une prise à pleine paume, ce n'est pas une prise de force, les doigts d'arc demeurent relâchés tout au long du mouvement.

Les lésions en tir à l'arc de la main sont majoritairement traumatiques et aiguës. De la coupure, à la traversée d'un flèche, et d'un corps étranger, le traitement nécessite de la vigilance et des investigations approfondies des tissus pour ne pas négliger une lésion des tissus nobles.

Lors d'une blessure de type entaille par une flèche au niveau de l'index (avec un arc chasse par exemple) une analyse de celle-ci est importante et nécessaire pour exclure une lésion des nerfs digitaux.

Les traitements des lésions aiguës se font au cas par cas, en gardant en tête qu'il n'y a pas de « bobologies » et « c'est par les petites choses qu'on se perd » (F. Moutet).

Pour les traitements des lésions chroniques (tendinopathies), il faudra effectuer une correction du geste qui a provoqué la souffrance tendineuse. La mise au repos de l'archer au niveau de la pratique sportive sera à adapter. Des séances de rééducation (du MTP et du travail en excentrique des muscles concernés) pourront être proposées selon les cas, l'adaptation de la reprise sportive, l'éducation thérapeutique, et la mise en place d'un port de bracelet au niveau du coude si besoin seront discutées.

6.2 Préventions

Il y aura 2 axes principaux à prendre en compte pour la prévention des lésions. Dans un premier temps la mise en place du « bon geste », l'analyse des défauts (par les entraîneurs, les collègues archers, ou le feedback par le miroir ou la vidéo) permettront de mettre en évidence les déséquilibres musculaires et donc d'adapter la correction. Dans un deuxième temps le contrôle du matériel de l'archer (éducation de l'archer) sera également indispensable.

La mise en place du « bon geste »

L'analyse du geste est importante. Le bon geste permet le minimum de tensions, et le minimum d'énergie pour maintenir la posture. Donc les compensations posturales et musculaires seront minimales aussi. L'archer doit trouver son équilibre dans son geste.

Les épaules devront être alignées et à la même hauteur. Il faut analyser les amplitudes mécaniques, travailler celles qui sont moins mobiles et renforcer les muscles des amplitudes trop mobiles pour maintenir l'articulation à sa place et ainsi équilibrer le ratio *trapezius superior/trapezius inferior.*

Concernant les coudes, le renforcement des muscles autour de cette l'articulation pourra être utile pour prévenir des tendinopathies et contre-carrer le stress mécanique du geste.

C'est la répétition d'un faux geste, de mauvaises habitudes qui peuvent engendrer une pathologie chronique.

En effet, si l'arc est trop lourd, son poids entraînera une sur-solliciation du *deltoideus*, malgré la marge de manœuvre que le membre supérieur a pour adapter le poids à l'activité du *deltoideus*. De plus les résultats seront moins bons sur la cible. Cet excédant de poids provoque aussi des tensions musculaires sur le *trapezius superior.* Un arc trop puissant a les mêmes effets. Il peut y avoir apparition de douleurs sur les cervicales. Ce sont des douleurs mécaniques.

Le sur-entraînement génère également une fatigabilité musculaire et un risque de blessure considérable.

Les douleurs de type crampe ou courbature au niveau des muscles *flexor digitorum superficialis et profondus* sont engendrées par flexion importante des IPD qui viennent crocheter la corde et par mauvaise stabilisation du poignet. Il convient donc de renforcer les muscles de l'avant bras pour stabiliser le poignet.

Adaptation et surveillance du matériel

Les pathologies qui résultent d'une inadéquation du matériel, d'un défaut de matériel, des oublis (absence de protège bras par exemple) sont facilement corrigées.
Lorsque la compensation posturale (élévation du moignon de l'épaule) provient d'une puissance de l'arc inadaptée, il est conseillé d'être plus progressif dans la montée en puissance des branches de l'arc.

Les vibrations de l'arc sont en principe absorbées par les stabilisateurs central et latéraux de l'arc. Mais si ce n'est pas assez efficace, une transmission dans le bras et les cervicales peut avoir lieu.
Dans ce cas, les poids des stabilisateurs peuvent être augmentés pour mieux atténuer les vibrations.

Il convient d'analyser et de contrôler le matériel régulièrement avant les entraînements, en particulier de tester les flèches. En effet, le risque de se planter une flèche abîmée (ou morceaux de flèche) dans la main lors de sa libération est non négligeable (figures 15,16). Il est nécessaire de prendre des flèches adaptées à la puissance de l'arc.

Le matériel de protection est important et sera à considérer avec soin : le protège-bras, la palette et le plastron éviteront le frottement de la corde, les dermabrasions et les hématomes sur respectivement l'avant-bras, les doigts et le thorax.

Moyens mis en place

Un renforcement analytique est important lorsque qu'un déséquilibre musculaire est constaté. Ce renforcement peut être réalisé en chaîne (au moyen par exemple de la PNF) ou dans le geste de l'archer. Un travail régulier avec des poids pour renforcer spécifiquement la coiffe des rotateurs [7], et donc stabiliser l'épaule, permet d'éviter les compensations avec les interfaces (mains) ou les articulations intermédiaires.

Il sera important de travailler beaucoup en proprioception et d'avoir un ressenti, une «prise de conscience du geste » spontané et corrigé (travail avec un miroir ou à l'aide de films et d'enregistrements). La posture correcte doit devenir automatique.

Le travail du gainage du tronc (MS et MI) est nécessaire.
Il faut renforcer l'avant-bras et préparer les fléchisseurs au moyen d'un travail d'endurance et de force.

Enfin pour analyser le geste et déceler des défauts biomécaniques, on peut avoir recours au miroir, au feedback de l'entraîneur, des archers mais aussi à la vidéo.
Le fait de visualiser le geste, de le ressentir, de l'exécuter participent à laisser une empreinte cortical du bon geste.

Il existe aussi des programmes informatiques qui détectent automatiquement les postures anormales en donnant à l'archer un feedback de sa posture. Ils utilisent un réseau neuronal pour analyser les images des articulations des archers pendant le tir [49].

7 Conclusion

Le geste de l'archer est un geste complexe et très technique, qui peut facilement augmenter les contraintes sur chaque articulation. L'archer doit se montrer à la fois économe en dépense énergétique, endurant et conserver la précision de son geste.

Le renforcement de certains muscles spécifiques, la correction et répétition de la bonne posture afin qu'elle devienne automatique, est nécessaire pour protéger l'archer des pathologies potentielles. « Un bon placement » est un placement qui ne créé pas de contraintes trop importantes dans la mécanique du geste et dans l'armement de l'arc.

Toute contrainte non nécessaire peut amener l'archer à développer une modification de la structure du tendon de la main, un stress mécanique et potentiellement une tendinopathie avec comme résultat une interruption plus ou moins longue de sa pratique.

Un mauvais placement dans les interfaces, c'est à dire à la main d'arc et à la main de corde, sans en avoir conscience, pourrait peut-être générer des pathologies dans les articulations en amont (par propagation de la vibration par exemple).

Les pathologies de la main sont majoritairement traumatiques et aiguës. Les accidents de flèches (9,6% des lésions des mains), les frottements, les entailles, dus à la corde sur les 3 doigts de cordes sont des pathologies dus à un matériel soit endommagé, soit mal entretenu, ou pas adapté.

Le tir à l'arc est un sport relativement sûr pour les mains. Les lésions des mains représentent 17,6% des blessures d'après le questionnaire (18% d'après la littérature). Une bonne vigilance à l'intégrité du matériel peut réduire le pourcentage des lésions traumatiques. Une prévention des mauvaises postures ou la gestion des sur-utilisations de certains tendons et groupes musculaires de l'archer permet d'éviter énormément de pathologie [33] dont les lésions chroniques.

8 Bibliographie

1. Ertan H, Kentel B, Tümer ST, Korkusuz F. Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. Hum Mov Sci. févr 2003;22(1):37-45.

2. Spratford W, Campbell R. Postural stability, clicker reaction time and bow draw force predict performance in elite recurve archery. Eur J Sport Sci. 28 mai 2017;17(5):539-45.

3. Leroyer P, Van Hoecke J, Helal JN. Biomechanical study of the final push-pull in archery. J Sports Sci. févr 1993;11(1):63-9.

4. Sécheresse M. Histoire du tir à l'arc et de l'archerie. 2007. Disponible sur https://www.fichier-pdf.fr/2012/03/07/histoire-de-l-arc-et-de-l-archerie/

5. Roth R. Histoire de l'archerie, arc & arbalète. France: Max Chaleil : Diffusion, C.E.D; 1992. 262 p.

6. Murray E. Guide de référence des Archers Classiques [Internet]. 2014. Disponible sur: http://www.archersreference.pwp.blueyonder.co.uk

7. Mann DL, Littke N. Shoulder injuries in archery. Can J Sport Sci J Can Sci Sport. juin 1989;14(2):85-92.

8. Kisik L. Biomécanique chapitre 4. In: Total Archery [Internet]. Disponible sur: BIOMECANIQUE - KSL International Archery https://www.kslinternationalarchery.com/TA%20Book/FrenchTA04.pdf

9. FITA. Arc classique posture de tir Manuel des entraîneurs FITA Niveau Intermédiaire. Disponible sur https://archersdefonsorbes.sportsregions.fr/media/uploaded/sites/2460/document/57224aade61a4_ManueldesentraineursFITAArcclassiqueposturedetir.pdf

10. Axford R. Archery Anatomy: Archery Anatomy [Internet]. 2015 [cité 2 avr 2021]. Disponible sur: http://www.vlebooks.com/vleweb/product/openreader?id=none&isbn=9780285643048

11. Fédération française de tir à l'arc. Tir à l'arc: la démarche fédérale d'enseignement : les clés de la progression. 2019. Amphora

12. Royer M. Etude de la phase d'armement [Internet]. Disponible sur: http://clichy.arc.online.fr/etudePhaseArmement.htm

13. Kisik L. Total Archery Chapitre 6 Questions Techniques Suggestions et Entrainement au Tir. In: Total Archery. Disponible sur https://www.kslinternationalarchery.com/TA%20Book/FrenchTA06.pdf

14. Nishizono H, Shibayama H, Izuta T, Saito K. Analysis of Archery Shooting Techniques by Means of Electromyography. janv 2008;364-72.

15. Edelmann-Nusser J, Gruber M, Gollhofer A, Gros H-J. Komplexe Leistungsdiagnostik im Bogenschiessen. Leist 299. 18 mars 1998;47-52.

16. Sessa E. Etude de la bimécanqiue du tir à l'arc, Incidence sur la pathologie et la rééducation. 12 Juin 1993. 1994;T. 21(8):pp 435-442.

17. Zipp P. Elektromyographie in der Biomechanok des Sports- Anwendungsneispiel Bogenschiessen-. Leistungsssport. 9. Jarhgang(Nr. 4/1979):288-94.

18. Kapandji IA. Anatomie fonctionnelle. 805 dessins originaux de l'auteur 1, 1,. 2018. Membre supérieur. 7ème édition. Maloine.

19. Michaut A, Couturier A, Dellenbach M. Identification des déterminants mécaniques et neurophysiologiques de la performance en tir à l'arc: influence de la fatigue [Internet]. INSEP Laboratoire de biomécanique et Physiologie: Département des Sciences et du Sport; 2003 oct p. 2-18. Report No.: N°02-050. Disponible sur: http://www.insep.fr/Dss/

20. Ertan H, Knicker A, Soylu R, Strüder H. Individual Variation of Bowstring Release in High Level Archery: A Comparative Case Study. Hum Mov [Internet]. 1 janv 2011 [cité 2 avr 2021];12(3). Disponible sur: http://www.degruyter.com/view/j/humo.2011.12.issue-3/v10038-011-0030-x/v10038-011-0030-x.xml

21. Calais-Germain B. Anatomie pour le mouvement. T. 1: Introduction à l'analyse des techniques corporelles. 2. éd. Méolans Revel: Éditions DesIris; 1991. 302 p.

22. Mugnier C, Moutet F. La Main du Grimpeur. Ann Kinésither. Paris 1992;t. 19(n°1):pp 19-23.

23. Martin PE, Siler WL, Hoffman D. Electromyographic analysis of bow string release in highly skilled archers. J Sports Sci. 1990;8(3):215-21.

24. Larven J. Shooting Techniques Biomechanics [Internet]. 2007. Disponible sur: https://files.meetup.com › Biomechanics

25. Earl J, Myers T, Strim L. Libération fasciale et équilibre structural. 2018. Sully

26. Dufour M, Pillu M, Langlois K, Valle Acedo S del, Lavaste F, Pillet H. Biomécanique fonctionnelle: membres, tête, tronc. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2017.

27. Moritomo H, Apergis EP, Garcia-Elias M, Werner FW, Wolfe SW. International Federation of Societies for Surgery of the Hand 2013 Committee's Report on Wrist Dart-Throwing Motion. J Hand Surg. juill 2014;39(7):1433-9.

28. Moritomo H, Apergis EP, Herzberg G, Werner FW, Wolfe SW, Garcia-Elias M. 2007 IFSSH Committee Report of Wrist Biomechanics Committee: Biomechanics of the So-Called Dart-Throwing Motion of the Wrist. J Hand Surg. nov 2007;32(9):1447-53.

29. Launikitis RA, Viegas SF. Arrow shaft injury of the wrist and hand: case report, management, and surgical technique. South Med J. janv 2009;102(1):77-8.

30. Ljungquist KL, Lubbers LM. Carbon Fiber Arrow Injuries to the Wrist: More Than Meets the Eye: A Case Report. JBJS Case Connect. 14 mai 2014;4(2):e36.

31. Vogel RB, Ghazi MR. Metacarpal Fracture from Archery: A case report. J Okla State Med Assoc. févr 2003;96(2):79-80.

32. Kaymak B, Özçakar L, Ertan H, Karabulut I, Akinsi A. Sonographic Assesment of Finger Flexor Tendons in Olympic Archers. Türkiye Fiz Tıp Ve Rehabil Derg. 15 juin 2012;58(2):85-7.

33. Palsbo SE. Epidemiology of recreational archery injuries: implications for archery ranges and injury prevention. J Sports Med Phys Fitness. juin 2012;52(3):293-9.

34. Singh AK, Lhee S-H. Injuries in Archers. Saudi J Sports Med [Internet]. 28 sept 2016;2016;16:168-70. Disponible sur: https://www.sjosm.org/text.asp?2016/16/3/168/187554

35. FITA medical Committee. Sports Injury in Archery [Internet]. Sports Injury in Archery. 1996 [cité 6 avr 2021]. Disponible sur: https://www.qsl.net/gi4fum/page5.html

36. Rayan GM. Archery-Related Injuries of the Hand, Forearm, and Elbow: South Med J. oct 1992;85(10):961-4.

37. Shen SC, House RA. Hand-arm vibration syndrome: What family physicians should know. Can Fam Physician Med Fam Can. mars 2017;63(3):206-10.

38. Sirufo MM, Bassino EM, De Pietro F, Ginaldi L, De Martinis M. Microvascular Damage in a Young Female Archer Assessed by Nailfold Videocapillaroscopy: A Case Report. Int J Environ Res Public Health. 12 juin 2020;17(12):4218.

39. Tammaro A, Cortesi G, Abruzzese C, Narcisi A, Ermini G, Parisella FR, et al. Archer dermatitis: a new case of allergic contact dermatitis. Occup Environ Med. oct 2013;70(10):750.

40. Ilyas AM, Ast M, Schaffer AA, Thoder J. de Quervain Tenosynovitis of the Wrist: J Am Acad Orthop Surg. déc 2007;15(12):757-64.

41. Clarys JP, Cabri J, Bollens E, Sleeckx R, Taeymans J, Vermeiren M, et al. Muscular activity of different shooting distances, different release techniques, and different performance levels, with and without stabilizers, in target archery. J Sports Sci. déc 1990;8(3):235-57.

42. Naraen A, Giannikas K, Livesley P. Overuse Epiphyseal Injury of the Coracoid Process as a Result of Archery. Int J Sports Med. janv 1999;20(01):53-5.

43. Shinohara H, Urabe Y, Maeda N, Xie D, Sasadai J, Fujii E. Does shoulder impingement syndrome affect the shoulder kinematics and associated muscle activity in archers? J Sports Med Phys Fitness. déc 2014;54(6):772-9.

44. Kim J-T, Kim S-Y, Oh D-W. An 8-week scapular stabilization exercise program in an elite archer with scapular dyskinesis presenting joint noise: A case report with one-year follow-up. Physiother Theory Pract. févr 2019;35(2):183-9.

45. Shimizu J, Nishiyama K, Takeda K, Ichiba T, Sakuta M. [A case of long thoracic nerve palsy, with winged scapula, as a result of prolonged exertion on practicing archery]. Rinsho Shinkeigaku. août 1990;30(8):873-6.

46. Jost GF, Dailey AT. Bow hunter's syndrome revisited: 2 new cases and literature review of 124 cases. Neurosurg Focus. avr 2015;38(4):E7.

47. Park JY, Oh KS, Yoo HY, Lee JG. Case Report: Thoracic Outlet Syndrome in an Elite Archer in Full-draw Position. Clin Orthop. sept 2013;471(9):3056-60.

48. Yavuz U, Sökücü S, Demir B, Akpınar E, Lapçin O, Atıcı Y, et al. An Unusual Stress Fracture in an Archer with Hypophosphatasia. Case Rep Orthop. 2013;2013:1-3.

49. Cintrano C, Ferrer J, Alba E. Intelligent System for the Reduction of Injuries in Archery. In: Dorronsoro B, Ruiz P, de la Torre JC, Urda D, Talbi E-G, éditeurs. Optimization and Learning [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020 [cité 14 avr 2021]. p. 128-37. (Communications in Computer and Information Science; vol. 1173). Disponible sur: http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-41913-4_11

9 Annexes

9.1 Muscles et articulations sollicités par la pratique du tir à l'arc

Articulations	Position initiale	Muscles en jeu	Position finale	Muscles en jeu
Bras d'arc				
Scapula	En ABD RE	*Deltoideus pars medius, supraspinatus, serratus anterior et trapezius superior*. Fixation de la scapula par le *trapezius, rhombeideus serratus anterior et angulus*	En ADD RI descendue	« Tous les muscles travaillent en statiques pour maintenir la position d'arc en visée »[11]
Moignon de l'épaule	descendue	*Pectoralis minor trapezius inferior latissimus dorsi pectoralis major, subclavius*	descendue	
Bras	ABD 90°-100° RI 90	les muscles de la coiffe pour lutte contre la luxation *teres major, latissimus dorsi, infraspinatus*	ABD 90°-100° RI 90°	
Coude	E° 20° Supination	*Triceps brachii* *supinator*	E° 20° Supination	
Poignet	E°	passif	E°	
Doigts	Inclinaison 45° par rapport à la verticale relâchés	passif	Même position	

Bras de corde				Traction de la corde par les m post
Scapula	ABD RE	Fixation : *latissimus dorsi, trapezius inferior et medius*	ADD RI	*Trapezius medius et rhomboidei*
Bras	Antépulsion ADD RI	*Deltoideus pars anterior, coracobrachialis, pectoralis major pars superior* *teres major, pectoralis major, latissimus dorsi, rhomboidei*	ABD RI	*Deltoideus posterior (abd horizontal)* *teres major, latissimus dorsi coiffe=stab de l'épaule*
Coude	F° et légère supi	Co-contract° *biceps brachii et triceps bachii* *Biceps brachii*	F° maximale et supination	*Biceps brachii*
Poignet	Position neutre	Co-contraction *ECRL, ECRB, PL ,PB, FCU, ECU*	Position neutre	Co-contraction *ECRL, ECRB, PL ,PB, FCU, ECU*
Doigts	E° MP D2D3D4 D5 relâchée F° IPP D2D3D4 F° IPD	*FDP* *FDS*	E° MP D2D3D4 D5 relâchée F° IPP D2D3D4 F° IPD	*FDS*

9.2 Le Questionnaire mis en place dans la Newsletter de la FFTA

Questionnaire

Bonjour!!
Je suis kinésithérapeute, pratiquante de tir à l'arc et actuellement dans le cadre d'un Diplôme Universitaire je fais un mémoire sur les pathologies que peut rencontrer l'archer dans l'exercice de son sport. C'est pour cela que je vous fais parvenir à tous par l'intermédiaire de la FFTA le questionnaire ci-dessous. J'aimerais recenser les différentes pathologies que vous avez pu rencontrer lors de votre pratique. Ce questionnaire (52 questions) ne vous prendra que très peu de temps à remplir mais n'hésitez pas à compléter vos réponses avec des commentaires si vous le souhaitez!!! Tous mes remerciements à la FFTA pour son aide précieuse. A vos "plumes"!! Et un grand merci à tous!!!

*Obligatoire

1- Vous êtes: *

Une seule réponse possible.

- Un homme
- Une femme

2- Etes-vous (votre latéralité naturelle): *

Une seule réponse possible.

- Droitier(e)
- Gaucher(e)
- Ambidextre

3- Votre année de naissance *

4- Nombre d'année(s) de pratique: *

5- Votre œil directeur est à (votre latéralité d'archer): *

Une seule réponse possible.

- Droite
- Gauche

6- Niveau (Flèches de progression) *

Une seule réponse possible.

- Blanche
- Noire
- Bleue
- Rouge
- Jaune
- Bronze
- Argent
- Or

7- Avec quel type d'arc pratiquez-vous *

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Arc classique
- [ ] Arc à poulies
- [ ] Arc nu
- [ ] Arc droit (longbow)
- [ ] Arc chasse

Autre : [ ] _____

8- Force de votre arc (livres) et votre allonge (pouces). *

9- Modèle de vos tubes (éventuellement le spine)?

10- Précisez le type de stabilisation de votre arc: *

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Stabilisation centrale
- [ ] Stabilisation latérale
- [ ] Pas de stabilisation

Autre : [ ]

11- Le poids de votre arc (arc complet avec stabilisateur et viseur) (en kg):

12- Combien de temps vous échauffez-vous avant de commencer l'entraînement? *

Une seule réponse possible.

- ( ) 0 minute
- ( ) 5 minutes
- ( ) 10 minutes
- ( ) 15 minutes
- ( ) 20 minutes
- ( ) 25 minutes
- ( ) 30 minutes
- ( ) Autre :

13- Comment vous échauffez-vous (type de mouvements) ? *

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Classique: échauffement articulaire des épaules, coudes, poignets, et doigts
- [ ] Echauffement global: pas d'échauffement spécifique des bras
- [ ] Avec élastique
- [ ] Gainage
- [ ] Renforcement spécifique du dos
- [ ] Volées d'échauffement

Autre : [ ] _____

14- Intensité de votre pratique par semaine ? *

Une seule réponse possible.

- ( ) 1 entraînement par semaine
- ( ) 2 entraînements par semaine
- ( ) 3 entraînements par semaine
- ( ) 4 entraînements par semaine
- ( ) Autre : _____

15- Nombre de flèches en moyenne tirées par entraînement ? *

_____

16- Distance de tir *

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] 10m
- [ ] 15m
- [ ] 20m
- [ ] 25m
- [ ] 30m
- [ ] 40m
- [ ] 50m
- [ ] 60m
- [ ] 70m

Autre : [ ] _____

17- Faites-vous de la compétition? *

Une seule réponse possible.

- ( ) Oui
- ( ) Non

18- Si oui, quel type de compétition?

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Tir en salle
- [ ] Tir en extérieur
- [ ] Tir en campagne
- [ ] Tir nature
- [ ] Tir 3D

Autre : [ ] _____

19- Votre meilleur score en 2018-2019?

_____

20- Quelle est votre position lors de votre tir? *

Une seule réponse possible.

- En ligne (pieds parallèles à la cible)
- Ouverte
- Autre : _____

21- Avez-vous un geste en ligne, c'est à dire la main, poignet et avant bras dans l'axe de la flèche? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

22- Tirez-vous avec les muscles du dos? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

23- Avez-vous l'épaule d'arc (lors du tir) plutôt: *

Une seule réponse possible.

- Basse
- Haute
- Je ne sais pas

24- Pratiquez-vous d'autres sports? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

25- Si oui, le(s)quel(s)

_____

25a- A quelle intensité?

Une seule réponse possible.

- 1 fois par semaine
- 2 fois par semaine
- 3 fois par semaine
- 4 fois par semaine
- Autre : _____

26- Quelle est votre profession: *

_____

Les Pathologies traumatiques rencontrées et vos antécédents...

27- Avez-vous eu des pathologies traumatiques aux membres supérieurs au cours de votre vie (Epaules, Coudes, Avant-bras, Poignets et Mains) ? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

28- Si oui, de quel côté ?

Une seule réponse possible.

- Bras d'arc
- Bras de corde

29- Quand (l'année) ?

_____

30- Quelle était la pathologie?

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Luxation épaule
- [ ] Tendinopathie de l'épaule
- [ ] Tendinopathie au coude
- [ ] Tendinopathie du poignet
- [ ] Tendinopathie des doigts
- [ ] Tendinopathie du pouce
- [ ] Fracture du bras
- [ ] Fracture de l'avant-bras
- [ ] Fracture du poignet
- [ ] Fracture des doigts
- [ ] Entorse du coude
- [ ] Entorse du poignet
- [ ] Entorse des doigts
- [ ] Contracture musculaire
- [ ] Déchirure musculaire
- [ ] Arrachement osseux

Autre : [ ] _____

31- Avez-vous eu pour cela un traitement: *

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Immobilisation (plâtre, attelle)
- [ ] Chirurgical
- [ ] Médicamenteux
- [ ] Des séances de kinésithérapie
- [ ] Soins d'ostéopathie
- [ ] Du repos
- [ ] Un arrêt de l'entraînement
- [ ] Un arrêt de la compétition

Autre : [ ] _____

32- Si oui, combien de temps?

_____

Et plus en détail... et spécifiquement au Tir à l'arc

33- Avez-vous eu des pathologies sur les membres supérieurs lors de votre pratique en tir à l'arc ou à la suite de votre pratique (Epaules, Coudes, Avant-bras, Poignets et Mains)? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

34- Si oui, combien?

Une seule réponse possible.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

35- Où était-ce localisé?

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Epaule d'arc
- [ ] Epaule de corde
- [ ] Coude d'arc
- [ ] Coude de corde
- [ ] Avant-bras d'arc
- [ ] Avant-bras de corde
- [ ] Main d'arc
- [ ] Main de corde
- [ ] Doigts d'arc
- [ ] Doigts de corde
- [ ] Pouce d'arc
- [ ] Pouce de corde

Autre : [ ] _____

36- Nom de la/ les pathologie(s)

_____

37- Avez-vous eu un arrêt de la pratique sportive?

Une seule réponse possible.

- ( ) Oui
- ( ) Non

38- Si oui, de combien de temps?

_____

39- Avez-vous eu lors de votre pratique

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Des hématomes (bleus)
- [ ] Des douleurs musculaires (courbatures, déchirures, claquages...)
- [ ] Des lésions (ruptures tendineuses, arrachements osseux...)
- [ ] Lésions cartilagineuses
- [ ] Un accident de flèche
- [ ] Un accident de corde
- [ ] Des douleurs articulaires
- [ ] Des douleurs au dos (omoplates, lombaires)

Autre : [ ] _____

40- Si oui, où?

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Epaule d'arc
- [ ] Epaule de corde
- [ ] Coude d'arc
- [ ] Coude de corde
- [ ] Avant bras d'arc
- [ ] Avant-bras de corde
- [ ] Main d'arc
- [ ] Main de corde

Autre : [ ] _____

41- Comment s'est produit(e) votre accident/lésion? *

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Accident de corde
- [ ] Surentraînement
- [ ] Posture inadaptée
- [ ] Echauffement non complet
- [ ] Problèmes avec le matériel

Autre : [ ] _____

42- Avez-vous eu des lésions au niveau des mains? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

43- Si oui, de quel côté?

Une seule réponse possible.

- Main d'arc
- Main de corde

44- Plus précisément: quel type de lésion avez-vous eu aux mains?

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Entorse d'un/des doigt(s)
- [ ] Entorse du pouce
- [ ] Tendinopathie d'un/des doigt(s)
- [ ] Tendinopathie du pouce
- [ ] Hématome(s)
- [ ] Kystes, oedèmes
- [ ] Eraflures, ampoules, coupures...
- [ ] Rupture(s) tendineuse(s)
- [ ] Arrachement(s) osseux
- [ ] Fracture d'un/des doigt(s)
- [ ] Fracture du pouce
- [ ] Blessure(s) ouverte(s)
- [ ] Contusions

Autre : [ ] _____

44a- Pouvez-vous expliquer brièvement comment c'est passé la lésion (mécanisme)?

_____

45- Avez-vous adapté votre pratique? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

46- Si oui, comment?

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Matériel de protection
- [ ] Adaptation de la posture de tir
- [ ] Entraînement
- [ ] Intensité adaptée

Autre : [ ] _____

47-Avez-vous ressenti des douleurs lors de votre pratique, ou à la suite de votre pratique les 2 saisons précédentes? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

48- Où était-ce localisé?

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Epaule d'arc
- [ ] Epaule de corde
- [ ] Coude d'arc
- [ ] Coude de corde
- [ ] Avant-bras d'arc
- [ ] Avant-bras de corde
- [ ] Main d'arc
- [ ] Main de corde
- [ ] Doigts d'arc
- [ ] Doigts de corde
- [ ] Pouce d'arc
- [ ] Pouce de corde

Autre : [ ] _____

49- Avez-vous consulté? *

Une seule réponse possible.

- ( ) Oui
- ( ) Non

50- Cette douleur a t-elle limité votre pratique? Entraînement? *

Une seule réponse possible.

- ( ) Oui
- ( ) Non

51- Avez-vous dû modifier/adapter votre équipement? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

52- Comment?

Un grand merci à tous!!!!