MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

PRISE EN CHARGE D'UNE PATIENTE PRESENTANT UNE TENDINOPATHIE DU TENDON ROTULIEN TRAITEE PAR PEIGNAGE ET PALLECTOMIE ASSOCIEE A UNE TENDINOPATHIE DES FIBULAIRES

Rapport de travail écrit personnel
présenté par Audrey GINDT
étudiante en 3ème année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du diplôme d'Etat
de Masseur-Kinésithérapeute
2008-2009.

SOMMAIRE

Page

RESUME

1. INTRODUCTION.....1

2. RAPPELS ANATOMIQUES ET PHYSIOPATHOLOGIQUES.....2

2. 1. Anatomie.....2

2. 1. 1. L'appareil extenseur.....2

2. 1. 2. Les différentes qualités des tendons..... 2

2. 2. Les tendinopathies.....3

2. 2. 1. Les causes.....3

2. 2. 2. Les différents stades des tendinopathies.....3

2. 2. 3. Les traitements chirurgicaux..... 4

2. 3. Biomécanique.....4

2. 3. 1. Propriétés mécaniques du tendon.....4

2. 3. 2. Le genou..... 5

2. 3. 3. Influence d'une pallectomie..... 6

3. BILAN D'ENTREE A J+45 APRES OPERATION..... 6

3. 1. Anamnèse..... 6

3. 2. Bilan de la douleur..... 8

3. 3. Bilan inspection/palpation..... 8

3. 4. Bilan sensitif..... 9

3. 5. Bilan articulaire..... 9

3. 6. Bilan musculaire.....10

3. 7. Bilan des extensibilités.....10

3. 8. Bilan du train porteur.....11

3. 8. 1. Bilan subjectif en charge.....11

3. 8. 2. Bilan objectif.....11

3. 8. 2. 1. Examen en charge..... 11

3. 8. 2. 2. Examen en décharge..... 11

3. 9. Bilan psychologique.....11

3. 10. Bilan radiologique.....12

3. 11. Bilan fonctionnel.....12

3. 12. Bilan des déficiences kinésithérapiques..... 12

4. OBJECTIFS ET ORGANISATION DE LA PRISE EN CHARGE..... 13

4. 1. A court terme.....13

4. 2. A moyen terme.....14

4. 3. A long terme.....14

4. 4. Organisation de la prise en charge.....14

5. DESCRIPTION DE LA PRISE EN CHARGE MASSO-KINESITHERAPIQUE ... 15

5. 1. Le massage.....15

5. 2. L'électrothérapie..... 15

5. 2. 1. Le courant antalgique..... 15

5.2.2. Le courant excito-moteur..... 15

5. 3. Physiothérapie..... 16

5. 4. Ondes de choc 16

5. 5. Mobilisations articulaires 17

5. 5. 1. Les articulations du pied 17

5. 5. 2. La mobilisation de la patella 17

5. 6. Les étirements 17

5. 6. 1. Le quadriceps 17

5. 6. 2. Le TFL 18

5. 6. 3. Le triceps sural 18

5. 6. 4. Education de la patiente aux étirements 18

5. 7. Le renforcement musculaire 19

5. 7. 1. Objectifs et justifications physiopathologiques 19

5. 7. 1. 1. Les conséquences de l'amyotrophie 19

5. 7. 2. 2. La spécificité du travail excentrique dans les tendinopathies 19

5. 7. 1. 3. Rôle du renforcement des muscles anti-valgisant 20

5. 7. 2. Le renforcement analytique 20

5. 7. 2. 1. Spécificité du renforcement du quadriceps 21

5. 7. 2. 2. Les autres muscles du membre inférieur 21

5. 7. 2. 3. Le protocole de Stanish 22

5. 7. 3. Renforcement isocinétique du quadriceps et des ischios-jambiers 22

5. 7. 3. 1. Description de l'appareil 22

5. 7. 3. 2. Protocole de rééducation 23

5. 7. 3. 3. Avantages et résultats 24

5. 7. 4. En chaîne 24

5. 7. 4. 1. Buts 24

5. 7. 4. 2. Renforcement global..... 25

5. 7. 5. Renforcement en chaîne fermée..... 25

5. 7. 6. Travail de l'endurance..... 26

5. 8. La reprogrammation neuro-musculaire..... 27

5. 9. La balnéothérapie.....28

6. BILAN DE FIN DE PRISE EN CHARGE.....28

6. 1. Objectifs de la patiente..... 28

6. 2. Bilan de la douleur..... 28

6. 3. Bilan inspection/palpation..... 28

6. 4. Bilan articulaire..... 28

6. 5. Bilan musculaire..... 29

6. 6. Bilan des extensibilités..... 29

6. 7. Bilan fonctionnel..... 29

7. DISCUSSION..... 30

8. CONCLUSION..... 30

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

Nous présentons la prise en charge de Mme Y., suite à un peignage du tendon rotulien et une patellectomie en raison d'une tendinopathie récidivante. De plus, la patiente souffre de cette même pathologie au niveau des fibulaires. Le bilan révèle de nombreux déficits, tant au niveau de la douleur, qu'au niveau articulaire et musculaire. Une boiterie s'est également installée après des mois de phénomènes douloureux et perturbe la marche de la patiente.

Nous décrivons les différentes techniques utilisées : antalgiques, musculaires et de récupération articulaires, nous permettant de redonner une meilleure stabilité du genou et de la cheville et de corriger la boiterie.

Après les trois premières semaines de traitement, nous notons une nette amélioration à tout niveau. Nous poursuivons notre prise en charge, en la complétant par de nouveaux exercices en progression. Nous insistons sur le renforcement musculaire et la reprogrammation neuromusculaire.

Le bilan final nous assure des progrès de la patiente, une force musculaire satisfaisante, des amplitudes comparables au côté controlatéral et une boiterie moins marquée.

Mots clés : tendinopathie, tendon rotulien, fibulaires, genu valgum

1. INTRODUCTION

Un bilan des accidents du travail publié par le Conseil supérieur de la prévention des risques professionnels montre une augmentation depuis les années 2000 des pathologies professionnelles de plus de 24%. En première position, les troubles musculo-squelettiques, ils représentent 75,7% des cas. (14)

Les tendinopathies en font partie et elles sont aujourd'hui un motif fréquent de consultation chez le médecin généraliste, qui prescrit le plus souvent un traitement médicamenteux (anti-inflammatoire, paracétamol). En effet, la kinésithérapie est prescrite seulement dans 22,5% des cas. Les traitements chirurgicaux, comme le peignage, consistent à retirer les parties fibrosées du tendon en séparant les fibres. (14)

Encore souvent appelées tendinites à défaut, les tendinopathies sont de diverses origines : mécanique, inflammatoire, métabolique, tumorale, infectieuse, iatrogène… C'est pourquoi, la qualification de « maladie du tendon » convient mieux qu' « inflammation du tendon ». Elles sont à l'origine de nombreuses propositions thérapeutiques avec des protocoles très variés mais le traitement le plus souvent proposé reste : repos, glace, ultrasons, étirements et travail excentrique. Nous en dénombrons quatre types : les tendinopathies du corps du tendon, les ruptures tendineuses, les enthésopathies et les péritendinites. (5)

Cette pathologie, plutôt rencontrée auparavant dans le domaine sportif, se manifeste de plus en plus lors d'activités professionnelles contraignantes tels que les manutentionnaires, les caissières et atteint le plus souvent les membres supérieurs en raison des gestes répétés. (15)

Dans cette étude de cas clinique, nous proposons la prise en charge d'une patiente présentant une tendinopathie des fibulaires et une tendinopathie du tendon rotulien droit traitée par peignage et associé à une pallectomie.

2. RAPPELS ANATOMO-PHYSIOPATHOLOGIQUES

2. 1. Anatomie

2. 1. 1. L'appareil extenseur (1)

Une des fonctions essentielles de l'appareil extenseur est la dynamique de stabilisation du genou. Elle est sous la dépendance du complexe ostéo-musculaire d'extension regroupant le muscle quadriceps, la patella et le tendon rotulien. Tout dysfonctionnement ou rupture de continuité d'un des éléments compromet la fonction globale de l'extension.

Le quadriceps est composé de 4 chefs : le droit antérieur, le vaste interne, le vaste externe et le vaste intermédiaire. Ce sont les expansions de ces faisceaux et principalement celles du droit fémoral et du vaste externe et interne, qui constituent le tendon rotulien. Celui-ci se dirige de dehors en dedans et se termine sur la tubérosité tibiale. Il forme avec le quadriceps et le centre de la patella un angle Q de 10 à 15°.

L'ensemble de ce système extenseur est contenu dans un ensemble aponévrotique augmentant la force musculaire.

2. 1. 2. Les différentes qualités des tendons (6) (3)

Le tendon est une structure passive, assurant le lien entre le muscle et l'os. Il se compose de fibres de collagène, de ténoblastes, de substance fondamentale et de quelques fibres élastiques (2 à 4%). Il est entouré par une gaine au niveau des zones de fortes frictions, servant à la fois de protection pour les fibres et améliore le glissement entre l'os et le tendon.

Richement innervé, le tendon joue un rôle important dans le rôle informatif et régulateur de l'activité musculaire. On différencie trois types de capteurs :

- des capteurs dans les organes musculo-tendineux de Golgi (mécanorécepteurs) et dans les capsules de Ruffini (proprioception, réflexe myotatique) ;

- Des capteurs intratendineux ;

- Des terminaisons libres (principalement des nocicepteurs) ;

Par toutes les informations qu'il perçoit et qu'il transmet lors d'une activité, son importance dans la qualité de la réponse musculaire et dans la régulation de la contraction musculaire est indéniable.

La composition du tendon se modifie avec l'âge, la quantité de substance fondamentale augmente au détriment du nombre de cellules suite à une dégénérescence de l'activité cellulaire. De plus, la constitution histochimique des fibres de collagène et d'élastine se modifie. Toutes ces modifications structurelles altèrent les propriétés mécaniques du tendon, le rendant plus vulnérable.

2. 2. Les tendinopathies

2. 2. 1. Les causes (1) (6) (18)

Elles sont nombreuses mais les plus rencontrées restent celles-ci :

- les troubles du train porteur, genu valgum/ varum, mauvaise statique plantaire. La perturbation d'un axe mécanique augmente les forces de contrainte, entraine un surmenage du tendon et crée, de ce fait, des lésions micro-traumatiques ;

- Un déséquilibre musculaire entre agoniste et antagoniste, car cela accroît les forces qui s'exercent sur le tendon ;

- Un surmenage musculaire, par une musculation trop intense.

2. 2. 2. Les différents stades des tendinopathies (15) (annexe I)

Classification de Leadbetter, dérivée de l'ancienne classification de Blazina, incluant la gêne fonctionnelle et la durée d'évolution.

2. 2. 3. Les traitements chirurgicaux (15)

Le peignage tendineux est une technique opératoire consistant à diviser le tendon en plusieurs bandelettes dans le sens longitudinal, sans interrompre la continuité des fibres. Il est réalisé au bistouri ou à la pointe mousse, sur toute la hauteur du tendon, depuis la jonction myotendineuse jusqu'à l'insertion. Ce traitement est réalisé dans le cadre de tendinopathie corporéale.

Selon les types d'atteintes, d'autres traitements sont possibles comme les ténolyses, les sutures des fissures, les plasties tendineuses et les transferts tendineux. Il n'y a toujours pas de consensus sur la technique chirurgicale idéale.

2. 3. Biomécanique (annexe II)

2. 3. 1. Propriétés mécaniques du tendon (3) (6)

Il subit essentiellement des contraintes en traction. La résistance à la traction est sous la dépendance de l'orientation, du diamètre et de la composition des fibres de collagène.
Lorsque la réponse mécanique du tendon à la déformation est examinée, nous obtenons une courbe (tension-déformation) mettant en évidence trois phases :

- **La phase élastique** qui correspond à un étirement de 2 à 3% : c'est la phase ascendante de la courbe ;

- **La phase plastique** : dès que les 3% sont dépassés, le tendon devient très sensible à une augmentation de charge, provoquant des micro-ruptures des fibrilles ;

- **La phase de rupture** : il existe une réelle coupure au niveau des myofibrilles.

2. 3. 2. Le genou (1) (3) (6) (9)

Le fonctionnement normal du mouvement de flexion-extension est basé sur la présence d'un valgus fémoro-tibiale de 5 à 7° conditionnant un jeu rotulien et une action musculaire permanente de stabilisation dynamique. L'équilibre de ce complexe est sous la dépendance de plusieurs facteurs :

- les facteurs musculaires : ils garantissent le recentrage de la patella. Il est assuré, en dedans grâce à la contraction du vaste interne, par l'intermédiaire de ses fibres obliques à 45°, permettant de contrôler la stabilité verticale, horizontale et rotatoire. En dehors, il est assuré par les terminaisons du vaste externe et de l'expansion tendineuse de la bandelette du tenseur du fascia lata ;

- les facteurs osseux : le glissement de la patella par sa crête médiane dans la trochlée fémorale ;

- les facteurs ligamentaires: la stabilisation interne est sous la dépendance de l'aileron interne et du ligament ménisco-rotulien interne. La stabilisation externe est effectuée par l'aileron externe et le ligament ménisco-rotulien externe. Ces structures réalisent un couplage mécanique automatique lors des mouvements de flexion-extension, afin de garantir la stabilité horizontale ;

- les facteurs mécaniques de transmission dynamique: le tendon rotulien assure la transmission, avec une composante élastique, de la répartition des contraintes mécaniques au niveau du genou.

Le valgus physiologique fémoro-tibial se représente sur le système extenseur avec la force f du quadriceps et la force FTR du tendon rotulien. L'augmentation de la valeur de l'angle Q de 10° entraîne une augmentation de la force de pression de 45% à 20° de flexion au niveau de la surface articulaire externe de la patella. De plus, la force de compression

exercée sur l'articulation fémoro-patellaire fait également intervenir l'angulation du tendon rotulien et du quadriceps. Toute variation d'angle provoque une augmentation de ces forces de compression et donc un déséquilibre fémoro patellaire et fémoro tibiale. Cela entraîne un phénomène iatrogène.

2. 3. 3. Influence d'une pallectomie (1)

La pallectomie entraîne une augmentation de la tension dans le tendon rotulien de 30%. Or, si la longueur du tendon rotulien diminue, les forces de compression au niveau de la face postérieure de la rotule augmentent de 15%.

3. BILAN D'ENTREE A J+45 POST OPERATOIRE (annexe IV)

3. 1. Anamnèse (annexe III)

Pathologie : tendinopathie du tendon rotulien droit traitée par peignage et une pallectomie partielle, associée à une tendinopathie des fibulaires.

La patiente se présente au centre sans attelle, l'appui total est autorisé.

- Histoire de la maladie : En 2004, lors d'une séance de sport (fitness), la patiente s'est fait une élongation du quadriceps, malgré un bon échauffement selon elle. Les douleurs persistent pendant plus de 6 mois et s'accentuent à chaque séance. Elles se localisent au niveau du genou. Elle consulte alors son médecin généraliste qui réalise plusieurs examens (IRM, scintigraphie), n'aboutissant à aucun diagnostic précis. La douleur ne faisant qu'augmenter au fil des mois et devenant vraiment gênante dans la vie de tous les jours, elle consulte à nouveau un médecin qui lui prescrit une échographie. Le diagnostic est une tendinopathie du tendon patellaire associée à une bursite.

Le traitement chirurgical est un peignage. L'opération est réalisée le 12 septembre 2006. Dans les suites opératoires, la patiente doit porter une attelle de Zimmer pendant 4 mois. Après quelques semaines, la patiente commence à avoir des douleurs sous et rétro-malléolaires. Les douleurs au genou se manifestent à nouveau. Pour soulager ses douleurs, la patiente marche avec une boiterie. Le traitement kinésithérapique débute en janvier 2007 dans un cabinet libéral.

Les amplitudes récupérées n'étant pas suffisantes et la douleur toujours présente, une reprise du peignage est pratiquée le 30 juillet 2008. Elle est admise au centre de Forbach le 15 septembre 2008 afin de poursuivre le traitement kinésithérapique.

- Situation familiale : mariée, un enfant de 16 ans.

- Situation professionnelle : secrétaire.

- Habitat : vit dans un appartement au premier étage, sept escaliers à monter, il y a une rampe de chaque côté à laquelle elle peut se tenir si besoin.

- Latéralité : gauchère au membre supérieur et au membre inférieur.

- Loisirs: sport (fitness, vélo) environ deux heures par semaine, shopping.

- Antécédents chirurgicaux et médicaux: opérée au niveau du sous scapulaire en 1990 après une chute. Entorse de cheville en 2004, non sujette à des entorses de genoux.

- Mensurations : elle mesure 1m68 et pèse 78kg. Elle présente une surcharge pondérale, son indice de masse corporel est de 27.

- Age : 40 ans.

3. 2. Bilan de la douleur

Au niveau du genou : elle la situe « à l'intérieur ». C'est une douleur persistante durant la journée, qui peut être nocturne. Cette douleur est indéfinissable par la patiente.

Elle la côte à 2/10 sur EVA au repos et à 3/10 sur EVA à l'activité. Douleur de type inflammatoire. Elle ressent également une douleur sous la malléole latérale de type tiraillements, notamment à la palpation, à l'étirement et à la contraction contre résistance des fibulaires. Elle la côte à 3/10 sur EVA au repos et à l'activité.

3. 3. Bilan inspection/palpation

- Inspection :

Elle marche sans canne, sans attelle (possède 2 cannes anglaises si besoin).

Attitude spontanée en décubitus : en rotation externe de hanche et varus de cheville à droite.

Nous n'avons pas de naevis suspects, la peau est de couleur homogène, comparable au côté controlatéral, pas d'hématome, pas d'œdème visible.

Nous remarquons une amyotrophie au niveau de la partie distale du quadriceps, qui sera mesurée par la suite.

- Palpation :

Mme Y. présente un genou droit de type inflammatoire (chaud à la palpation).

Nous réalisons les tests de la phlébite, le ballant se révèle négatif ainsi que le signe de Homans.

La cicatrice se situe à la face antérieure du genou droit, elle mesure 8 cm. Elle se révèle douloureuse à la palpation de la partie supérieure. Le test de vitropression est négatif. La cicatrice n'est pas inflammatoire et ne présente donc aucune contre-indication au massage. Au palper-rouler, nous sentons une adhérence au niveau de la tubérosité tibiale antérieure.

Au niveau du passage des tendons fibulaires sous la malléole latérale, nous sentons un épaississement du tendon et un gonflement des tissus mous adjacents en comparaison avec le côté contro-latéral.

- Centimétrie : (tableau I, annexe IV)

Interprétation du bilan centimétrique : nous notons une forte amyotrophie du quadriceps dans sa partie distale et moyenne.

3. 4. Bilan sensitif

- Superficielle : nous notons une anesthésie au niveau du bord externe de la cicatrice qui s'étend sur 2cm vers le bord externe du genou.

- Profonde : statestésique et kinesthésiques sont normales.

3. 5. Bilan articulaire (tableau II et III, annexe IV)

A la phase J+45, nous n'avons pas de contre-indications pour la réalisation du bilan articulaire. Il est réalisé selon la cotation de De Brunner à l'aide d'un goniomètre de Houdre.

Autres : - diminution de la mobilité des articulations de l'avant pied ;

- pas de limitation d'amplitude au niveau la coxo-fémorale droite et gauche ;
- diminution de la mobilité patellaire vers le bas.

Interprétations du bilan articulaire :

D'après les résultats obtenus : une rétraction du droit fémoral droit, un enraidissement articulaire de la talo-crurale, ainsi qu'une rétraction des gastrocnémiens droits.

3. 6. Bilan musculaire (tableau IV, annexe IV)

Pour l'évaluation de la force musculaire nous utilisons la cotation de Daniels et Worthingam pour les muscles de la cuisse et de la jambe. Pour les muscles des orteils, nous utilisons la cotation de Levame.

Remarque : nous percevons des tremblements au niveau du membre inférieur lors d'une contraction forte du quadriceps, sans résistance. Ce tremblement montre le manque d'endurance du muscle. Un test de force des membres inférieurs est réalisé afin de connaître les capacités de la patiente en endurance. Elle tient 11 secondes en position de la « chaise », puis est arrêtée par la douleur.

3. 7. Bilan des extensibilités

- Hypoextensibilité du droit fémoral droit.

Test effectué en décubitus bout de table, l'angle fémoro-tibial mesuré est de 70° (norme: 90°). Cette norme est atteinte du côté gauche.

- Hypoextensibilité du TFL droit.

Le test de Duval-Beaupère est réalisé en procubitus, nous atteignons la cotation 1.

Du côté gauche, la cotation 0 est atteinte.

- Hypoextensibilité du triceps sural droit.

L'angle de la talo-crurale atteint les 90° cependant, une différence de 7° existe lorsque cette mesure est prise genou fléchi et genou tendu et en comparatif au côté gauche.

- Des tests pour le psoas, les ischios-jambiers et les adducteurs sont également effectués, aucune hypo-extensibilité n'est révélée au niveau de ces muscles.

3. 8. Bilan du train porteur

3. 8. 1. Bilan subjectif en charge :

- pied droit en rotation externe ;
- arche interne plus haut à droite, tendon d'Achille plus en varus à droite ;
- malléoles médiales à la même hauteur ;

- genu valgum à droite (+++) et à gauche ;
- amyotrophie du quadriceps à droite, très marquée à la partie distale du muscle ;
- recurvatum à gauche ;
- patella gauche plus haute ;
- bascule du bassin à droite ;
- triangle droit de la taille plus grand.

3. 8. 2. Bilan objectif :

3. 8. 2. 1. Examen en charge

- inclinaison droite du bassin, chute à droite ;
- angle Q : 135° à gauche et à droite, le bassin est équilibré dans le plan sagittal ;
- recurvatum à gauche : 10° (mesuré en charge) ;
- valgus mesurés en charge : 15° à droite et 10° à gauche, par rapport à la verticale.

3. 8. 2. 2. Examen en décharge

- longueur des membres inférieurs : le membre inférieur droit est plus long d'un centimètre ;
- recurvatum : talon – table : 6 cm à gauche, 1 cm à droite ;
- valgus partiellement réductibles à droite et à gauche de 5° environ.

3. 9. Bilan psychologique

La patiente est très motivée, car elle a envie de récupérer très vite et d'en finir avec sa pathologie. Elle a cependant peur que cette deuxième opération ne soit pas la dernière et reste assez pessimiste quant à l'évolution de son genou et de sa cheville.

3. 10. Bilan radiologique (annexe V)

3. 11. Bilan fonctionnel

- Elle ne porte pas de bas de contention ;
- elle vient en VSL au centre, ne pouvant pas conduire sa voiture en raison de l'instabilité de son genou et de sa cheville ainsi qu'à son manque de force ;
- elle peut porter des charges « lourdes » mais pendant peu de temps. Sa famille l'aide donc dans les tâches ménagères ;
- équilibre unipodal : yeux ouverts sur pied droit : 5 secondes, yeux fermés sur pied droit : 3 secondes. Bon équilibre à gauche ;
- les empreintes plantaires en statique et dynamique ; **(annexe IV)**
- marche : esquive de l'appui à droite, le pied droit part en varus, exagération du valgus de genou à droite et à gauche, déroulement du pas physiologique. Un examen au locomètre est réalisé en complément **(annexe IV)** ;
- elle monte les escaliers en mettant un pied sur une marche, mais se tient à la rampe.

3. 12. Bilan des déficiences kinésithérapiques

Déficiences :

- cicatrice adhérente au niveau de la tubérosité tibiale antérieure ;
- douleur au niveau du genou et de la cheville ;
- limitations d'amplitude au niveau du genou droit en flexion et de la cheville droite en flexion dorsale ;
- enraidissement des articulations de l'avant-pied ;
- faiblesse musculaire de l'ensemble du membre inférieur droit ;

- hypoextensibilité du droit fémoral, du TFL et du triceps droit ;

- troubles de la statique avec des valgus non physiologiques ;

Incapacités :

- à marcher sans boiterie, sans douleur et sur de longues distances ;

- réaliser seule certaines activités de la vie quotidienne telles que le ménage ou les courses ;

Handicap :

- faire du sport ;

- social, elle ne peut plus réaliser les mêmes activités avec ses amies et passe beaucoup de temps à la maison dans la mesure où elle appréhende les douleurs ;

- professionnel, elle ne peut pas se déplacer sur son lieu de travail et dispose actuellement en arrêt maladie.

4. OBJECTIFS ET ORGANISATION DE LA PRISE EN CHARGE

4. 1. A court terme

- Education de la patiente aux conseils d'hygiène de vie ;
- lutte contre les douleurs ;
- récupération des amplitudes au niveau du genou et de la cheville ;
- renforcement du membre inférieur droit ;
- reprogrammation neuro-musculaire en décharge.

4. 2. A moyen terme

- Travailler les muscles en endurance ;

- reprogrammation musculaire en charge ;
- corriger la boiterie.

4. 3. A long terme

- Retrouver une meilleure statique ;
- reprendre ses activités sportives.

4. 4. Organisation de la prise en charge

La patiente bénificie de deux séances quotidiennes, l'une le matin, d'une heure, et l'autre l'après-midi, d'une heure et demi. Durant la première séance, nous débutons par les mobilisations du pied et de la patella, le massage de la cicatrice, le massage transversal profond au niveau des fibulaires et les étirements. Nous terminons la séance par de l'électrothérapie au niveau des fibulaires et des exercices de proprioception au niveau de la cheville et du genou. La deuxième séance est consacrée principalement au renforcement musculaire du genou et de la cheville, couplé à des exercices de proprioception. Un glaçage du genou et de la cheville est effectué en fin de séance.

Ceci est un large aperçu des séances mises en place. Le plan de traitement s'adapte aux douleurs de la patiente et progresse au cours des séances. Nous modifions les traitements médicaux et physiothérapiques en l'absence d'efficacité. De plus, des nouvelles techniques sont employées comme le renforcement isocinétique sur Biodex, ou la plate-forme d'équilibre Bio-rescue.

5. DESCRIPTION DE LA PRISE EN CHARGE MASSO-KINESITHERAPIQUE

5. 1. Le massage

- Il est réalisé pendant 10 minutes une fois par jour au niveau de la cicatrice, afin de lever l'adhérence et libérer les espaces de glissement entre le tendon, la bourse et l'os, en réalisant des frictions et du palper-rouler.

- Au niveau des fibulaires nous réalisons un massage transversal profond. IL s'agit une technique très largement appliquée dans le cadre des tendinopathies. Le massage a trois effets : une augmentation de la chaleur locale entraînant également une analgésie, une diminution des adhérences en mobilisant les fibres ligamentaires et musculaires les unes par rapport aux autres et un effet antalgique en actionnant le « gate control ». Il est effectué pendant sept minutes selon le protocole de Cyriax, trois fois par semaine, en alternance avec les ultra-sons. (5)

5. 2. L'électrothérapie

5. 2. 1. Le courant antalgique

La patiente se plaignant de douleurs au niveau de la cheville et au niveau du genou, nous traitons la douleur par du courant antalgique descendant (burst). Cela permet un traitement plus global de la douleur par une libération d'endorphines. La fréquence est réglée à 5Hz et la largeur d'impulsion à 200 µs. Ce traitement est effectué pendant la mobilisation de l'avant pied et de la patella, à raison de trois fois par semaine.

5. 2. 2. Le courant excito-moteur (3)

Il est également intéressant d'utiliser ce mode d'électrothérapie pour le cas de cette patiente, cela permettant d'éviter la mise en charge pour la cheville et de réveiller par

conséquent les douleurs. Ce moyen de traitement est utilisé de prime abord pour éviter tout déconditionnement musculaire des fibulaires et les préparer à la remise en charge. C'est un adjuvant au renforcement musculaire. Concernant les paramètres, la fréquence est réglée de 10 à 20 Hz, la largeur d'impulsion de 200 à 400 µs. Cela permet de stimuler plus particulièrement les fibres lentes ou fibres de type I, qui sont peu fatigables et permettent un travail en endurance.

Une électrode est placée au niveau de la partie proximale de l'insertion des fibulaires et une autre quelques centimètres en dessous, pour rester sur la partie charnue des msucles.
Ce montage est réalisé trois fois par semaine pendant 20 minutes.

5. 3. Physiothérapie (14)

- Le glaçage, est utilisé pour ses priorités analgésiques après la séance de l'après midi. Nous laissons la glace sur le genou pendant une vingtaine de minutes afin de soulager les douleurs et diminuer le caractère inflammatoire. Parallèlement, nous effectuons un massage au glaçon pour soulager la douleur au niveau de la zone douloureuse des fibulaires pendant une dizaine de minutes ;

- Les ultra-sons, couramment utilisés dans le cas des tendinopathies, n'ont eu aucune efficacité chez notre patiente. Nous abandonnons donc ce traitement après 3 semaines.

5. 4. Ondes de choc (5) (14)

Nous commençons les ondes de choc à partir de la 3ème semaine de prise en charge. Le but est de créer une analgésie avec une probable libération d'endorphines du fait de la percussion. Cela créé également une hyper-vascularisation et une destruction de la fibrose (réf biblio). La patiente est allongée, les tendons des fibulaires sont mis en tension et par

l'intermédiaire du stylet, nous allons envoyer 2000 percussions. Nous commençons avec une fréquence de 14Hz sous un mode continu et à une pression de 2,5 bars. Il est important d'évaluer par EVA la douleur de la patiente, avant et après le traitement par onde de choc de la zone traitée. Cela nous permet de savoir si le traitemente est efficace et, dans ce cas, de diminuer la fréquence à la prochaine séance, chacune étant espacée de trois jours.

5. 5. Mobilisations articulaires

5. 5. 1. Les articulations du pied

En début de séance, nous mobilisons les articulations de Chopart et de Lisfranc, ainsi que les articulations tarso-métatarsiennes du pied droit nécessaires pour améliorer la mobilité de l'avant-pied et favoriser un meilleur appui à la marche.

5. 5. 2. La mobilisation de la patella (1)

La rétraction du quadriceps et la raideur du tendon rotulien limitent considérablement la course de la patella par rapport à la trochlée fémorale et ne lui permettent pas d'assurer correctement ses fonctions. Quotidiennement, il est indispensable de mobiliser passivement la patella vers le bas, en amenant en même temps, le genou en flexion, afin de reproduire le mouvement physiologique de la patella.

5. 6. Les étirements (5) (11)

5. 6. 1. Le quadriceps

Nous commençons les étirements du quadriceps après un échauffement par un travail statique de 10 à 15 contractions, permettant de diminuer la résistance visco-élastique du muscle. La patiente est placée en décubitus bout de table. Nous amenons le genou en flexion

maximale et en infra-douloureux. Nous ajoutons ensuite une composante à l'étirement en jouant également sur l'extension de hanche. Le protocole d'étirement par pallier est utilisé. Il est maintenu environ 5 minutes, en y associant des levers de tension.

5. 6. 2. Le TFL

Compte tenu de son effet valgisant au niveau du genou, il est important de prendre en charge cette hypo-extensibilité qui tente à maintenir ce défaut de statique chez la patiente.

La patiente est en procubitus. Afin de faciliter l'étirement un coussin triangulaire est placé sous la cuisse permettant de maintenir la hanche en extension. Nous jouons alors sur l'adduction et la rotation latérale de hanche. Au préalable, elle réalise quelques contractions statiques afin d'échauffer le muscle. Le protocole utilisé est le même que pour l'étirement du quadriceps. L'étirement est maintenu cinq minutes et est répété 2 fois par jour.

5. 6. 3. Le triceps sural

En l'absence de muscles antagonistes assez forts pour contrer son action de fléchisseur plantaire, le triceps se rétracte facilement et limite par la suite la flexion dorsale. Son étirement est nécessaire pour gagner de l'amplitude en flexion dorsale de la cheville.
La patiente le réalise seule en fente arrière, genou tendu, pied placé sur une planche oblique.

5. 6. 4. Education de la patiente aux étirements

Nous lui apprenons comment réaliser des auto-étirements afin qu'elle puisse les réaliser chez elle, et favoriser l'avancée de la récupération articulaire.

5. 7. Le renforcement musculaire

5. 7. 1. Objectifs et justifications physiopathologiques

5. 7. 1. 1. Les conséquences de l'amyotrophie (3) (annexe VI)

Le muscle subit plusieurs modifications en réponse à une immobilisation : morphologiques, mécaniques et biochimiques. Tous ces changements non physiologiques perturbent totalement le rôle des muscles dans la stabilité des articulations.

Il est important de souligner également qu'un équilibre musculaire entre agoniste/antagoniste, autour d'une articulation, garantit son bon fonctionnement et évite tout processus dégénératif prématuré des cartilages et des structures myo-tendineuses. Le renforcement du quadriceps mais aussi de l'intégralité de la musculature du membre inférieur est donc nécessaire pour assurer à nouveau une bonne stabilité du genou et de la cheville chez notre patiente. En outre, il permet également l'éviction d'une des causes des tendinopathies.

5. 7. 1. 2. La spécificité du travail excentrique dans les tendinopathies (4) (6) (15)

Selon plusieurs études il semble que le renforcement musculaire, en privilégiant les contractions excentriques, augmente la résistance tendineuse en stimulant les mécanorécepteurs situés dans les ténocytes.

Une étude menée par Stanish et Curwin en 1984 montre ainsi que les personnes soumises à un programme dit concentrique présentent de moins bons résultats pour un même temps de traitement. Les douleurs persistent et la force musculaire développée après 4 semaines est moins importante. Stanish propose alors un protocole de travail que nous utilisons au niveau de la tendinopathie des fibulaires.

5. 7. 1. 3. Rôle du renforcement des muscles anti-valgisant

Nous ne pouvons rééduquer efficacement un patient qui poursuit son activité nocive sans corriger les facteurs extrinsèques et / ou intrinsèques à l'origine de sa tendinopathie. C'est la raison pour laquelle nous prenons en compte, dans les exercices de renforcement, les problèmes de valgus de genou pouvant être à l'origine de l'usure prématuré du tendon rotulien. Il sera impossible de corriger ces valgus en 6 semaines de traitement, mais il est important de ne pas aggraver la déformation. Le renforcement des muscles de la patte d'oie et du vaste interne, notamment, est donc indispensable.

5. 7. 2. Le renforcement analytique

5. 7. 2. 1. Spécificité du renforcement du quadriceps

Nous mettons en place un programme de renforcement rigoureux pour le quadriceps. Nous choisissons celui de Delormes et Watkins, afin d'inclure un renforcement excentrique et d'éviter le travail statique qui provoque des douleurs au niveau du tendon rotulien chez la patiente. La 10 RM est la charge maximale que le sujet peut mobiliser dans l'amplitude complète du mouvement articulaire 10 fois de suite.

Nous recherchons cette charge maximale, la 10 RM=1Kg.

Le protocole de Delormes et Watkins :

La patiente doit réaliser 3 séries de 10 mouvements :

- 10 mouvements avec ½ de la 10 RM = 500 grammes ;
- 10 mouvements avec ¾ de la 10 RM = 750 grammes ;
- 10 mouvements avec la 10 RM = 1 kg.

Un rythme de travail lui est imposé, elle réalise 3 secondes de travail concentrique puis 3 secondes de travail excentrique. Entre chaque mouvement elle effectue 6 secondes de pause et 2 minutes entre chaque série.

Ces séances de renforcement sont réalisées 1 fois par jour et 4 fois par semaine.

Toutes les semaines nous déterminons la nouvelle 10 RM, l'objectif étant de faire progresser la patiente dans cet exercice.

5. 7. 2. 2. Les autres muscles du membre inférieur

Pour les autres muscles de la hanche et du genou, nous utilisons le protocole de Dotte. En effet, il met en jeu tous les types de travaux musculaires et il est démontré qu'un entraînement plurimodal développe les possibilités de coordination intra et intermusculaires et favorise le recrutement spatial et temporel des unités motrices. (16)

La recherche de la 1 RM se fait comme précédemment. Nous commençons globalement par 1 kg pour chaque muscle.

Le protocole suivi:

- 1 série de 10 mouvements avec 2/5 de la RM= 200g ;
- 1 série de 10 mouvements avec 3/5 de la RM= 600g ;
- 1 série de 10 mouvements avec 4/5 de la RM= 800g ;

Avec 1 seconde de travail concentrique, une demi-seconde de travail statique et 1,5 secondes de travail excentrique. Ce protocole est réalisé pour tous les muscles déficitaires, à raison de 4 séances par semaine et une fois par jour. Chaque semaine, cette charge est réévaluée. Nous privilégions les muscles côtés à 3 comme les ischio-jambiers, le moyen fessier, le grand fessier… La charge est placée selon un montage de poulie comme pour les ischio-jambiers ou par charge directe.

Les séries sont modulées selon les capacités et les douleurs de la patiente. Le travail analytique reste indispensable, compte tenu des différentes cotations rencontrées. Nous accentuons le travail des muscles de la patte d'oie par une série supplémentaire chaque jour. Pour les muscles de la jambe et des orteils: triceps, tibial antérieur, tibial postérieur… nous effectuons du renforcement manuel en augmentant chaque semaine la résistance.

Figure 1 et 2 : montage pour les ischios-jambiers

5. 7. 2. 3. Le protocole de Stanish (6)

Beaucoup d'études montrent un retour plus rapide à une fonction normale, une réduction du volume du tendon ainsi qu'une diminution de la douleur. Nous l'utilisons au niveau de la tendinopathie des fibulaires. Nous débutons tout d'abord, par un massage du pied au niveau des fibulaires et quelques contractions statiques pour créer un échauffement. Nous réalisons ensuite un étirement en amenant le pied en adduction, flexion plantaire et supination sans créer de douleur. A cela, suivant 3 séries de 10 contractions excentriques, avec une progression des contraintes mécaniques, par augmentation de la vitesse d'exécution au cours de la semaine.

5. 7. 3. Renforcement isocinétique du quadriceps et des ischio-jambiers

5. 7. 3. 1. Description de l'appareil

Le matériel utilisé est le biodex. La patiente est en position assise, nous réglons l'avancée et la hauteur du siège pour aligner le centre articulaire du genou (considéré au niveau du condyle

fémoral externe) avec le centre de rotation du système. Un réglage des amplitudes est nécessaire ; la flexion est réglée à 90° et l'extension à 0°.

Figure 3 et 4 : installation de la patiente

5. 7. 3. 2. Protocole de rééducation (20)

L'isocinétisme est débutée à J+70, au début de la 2ème séance de rééducation, à raison de 3 fois par semaine, en alternance avec le renforcement musculaire analytique. Nous utilisons le protocole de type pyramidal, c'est-à-dire en diminuant au fur et à mesure la vitesse d'exécution en fonction des possibilités de la patiente.

Chaque séance est précédée d'un échauffement de 10 minutes sur vélo, nécessaire pour provoquer une élévation de la température musculaire totale et obtenir une force et une puissance maximale. Les première séries comportent 5 mouvements allers-retours de flexion/extension du genou droit, en utilisant l'amplitude complète et sans temps d'arrêt entre les mouvements. La semaine suivante nous passons à 10 mouvements. Nous travaillons en mode concentrique/concentrique au cours des deux premières semaines. La patiente travaillera ensuite sous un mode excentrique. Elle réalise 10 séries, entrecoupées d'une minute de pause. La vitesse du mouvement, réglée à 240° (car le tendon est encore fragile). Une cryothérapie est réalisée après la séance par application de glace pendant 15 minutes.

5. 7. 3. 3. Avantages et résultats

- **Avantages au niveau du traitement (7) (20)**

- Les mouvements sur l'appareil isocinétique se font à vitesse constante sur l'amplitude totale du mouvement, grâce à une résistance adaptée à la force développée par le sujet. Les limites de la force du muscle ne sont jamais dépassées, cela permettant d'éviter toute blessure en utilisant un poids trop lourd pour la patiente.

- Les valeurs chiffrées nous assurent un meilleur contrôle de l'efficacité du protocole de rééducation et constituent une stimulation psychologique pour la patiente.

- Bonne reproductibilité, par des paramètres très précis fixés en début de traitement.

- Feed back visuel par l'intermédiaire de l'écran d'ordinateur tourné vers la patiente, elle peut y voir les courbes d'action.

- Respect du temps de travail et du temps de repos.

- **Résultats et intérêts (19) (12) (annexe VII)**

Le but est de retrouver un ratio supérieur à 0,7 entre ces deux groupes musculaires pour rétablir un équilibre au niveau des forces exercées sur le genou. De plus, l'ajout d'un travail isocinétique excentrique démontre, selon une étude, une meilleure cicatrisation, une reprise des activités sportives plus précoce et une diminution des récidives.

5. 7. 4. En chaîne

Aucun geste de la vie quotidienne ne se fait dans un plan unique et aucun muscle ne travaille seul. C'est la raison pour laquelle le renforcement analytique n'est pas assez complet dans le cadre d'une rééducation. Le travail en chaîne est intéressant, dans la mesure où il remet en synergie tous les groupes musculaires et facilite le travail des muscles faibles.

La faiblesse musculaire de la patiente s'étendant à tout son membre inférieur, nous cherchons par le Kabat à créer un débordement d'énergie en utilisant une contraction plutôt distale, dans le but d'obtenir une contraction proximale. Cette méthode de facilitation neuromusculaire par la proprioception, permet au masseur-kinésithérapeute de doser les résistances appliquées en s'adaptant à la force de la patiente et à ses douleurs. Cela permet, en outre, de varier les types d'exercices de renforcement pour la patiente par ces larges choix de diagonales et de pouvoir cibler les chaînes musculaires qui nous intéressent. (voir annexe)
Les diagonales sont effectuées en inversion lente principalement et les chaînes en pivot de genou sont favorisées afin de faire participer davantage le quadriceps et les ischios-jambiers.

D'autres exercices, comme le quadriceps Charleston ou l'éventail fessier, présentent aussi des intérêts dans la rééducation de notre patiente. Nous les associons au Kabat.

5. 7. 5. Renforcement en chaîne fermée (8)

Ce renforcement est principalement à visée fonctionnelle, puisque le membre inférieur travaille surtout en chaîne fermée. Il est possible d'ajouter, en même temps, un travail proprioceptif. Nous le débutons seulement à J+60 post-opératoire, en raison des troubles algiques et du manque de force de la patiente auparavant. Ils sont réalisés avec l'attelle.

Les premiers exercices exécutés sont des accroupissements : 3 séries de 10 mouvements à raison de 5 fois par semaine. Entre chaque série la patiente effectue une pause d'1 minute. La progression se fait par l'ajout de poids au niveau des épaules. Nous ajoutons, également, sous les pieds de la patiente une mousse qui la déstabilise lors de l'exercice, afin d'inclure une composante proprioceptive.
Un autre exercice possible: en fente avant droite, la patiente réalise des génuflexions.
Pour plus de sécurité, ces exercices sont réalisés dans les barres parallèles.

A J+70 post-opératoire, nous pouvons travailler en unipodal. La patiente se place sur une marche d'escalier et doit descendre la marche doucement. Le membre inférieur droit reste sur la marche, pendant qu'elle descend le membre inférieur gauche. Le genou doit contrôler la descente. Cela permet de renforcer le quadriceps sous un mode excentrique et d'apprendre à la patiente à contrôler son genou.

Figure 5 et 6 : renforcement excentrique du quadriceps

Figure 7: attelle aircast

5. 7. 6. Travail de l'endurance (16)

Le tissu musculaire est très modulable. Les variations d'activités permettent de faire passer le muscle d'un état de déconditionnement à celui d'entraîné. L'adaptation est totalement différente selon que l'entraînement soit en force ou en endurance. Le travail en endurance entraîne une augmentation des capacités oxydatives musculaires, ainsi qu'une augmentation du nombre de capillaires autour de chaque fibre. (réf biblio principes, mésusages et risque du renforcement musculaire)

A J+70, la patiente débute le vélo à fréquence rapide (et donc faible résistance) pour minimiser les contraintes sur le genou. Elle en fait une fois par jour pendant 15 minutes, encadrée par un professeur de sport qui lui fait suivre un programme défini.

5. 8. La reprogrammation neuro-musculaire (2) (10) (13) (17)

Nous débutons les exercices de proprioception en décharge dès la première semaine, par des déstabilisations rythmées. Les exercices s'effectuent dans les divers secteurs articulaires du genou, de la cheville et de l'avant-pied, afin de créer un « réveil musculaire » des différents muscles péri-articulaires et les solliciter dans toutes leurs composantes. La progression est basée sur l'augmentation de la rapidité et de l'intensité des déstabilisations, avec, puis sans contrôle de la vue.

Nous poursuivons les exercices en charge selon la méthode de Freeman, « ces exercices amélioreraient les possibilités de réafférentation proprioceptive par le système fusorial. Les fuseaux neuro-musculaires prendraient ainsi le relais des mécanorécepteurs ».
La patiente est d'abord en charge partielle, assise, un plateau carré de Freeman est placé sous son pied. Les méthodes de progression sont les mêmes que précédemment, et nous accentuons également la difficulté en utilisant une planche circulaire.
Cet exercice est ensuite réalisé en charge totale bipodale sur une même planche, puis avec une planche sous chaque pied (la patiente n'est pas en mesure de se mettre en unipodal). Nous demandons un verrouillage en extension du genou pour concentrer le travail proprioceptif, au niveau de la cheville tout d'abord. Lorsque l'exercice est maîtrisé, la patiente plie le genou.
En fin de progression, la patiente doit contrôler la planche pendant que nous lui lançons un ballon puis un medecine ball…

Afin de compléter notre rééducation neuro-musculaire, nous la faisons travailler sur d'autres plans instables tels que des tapis, des coussins et des mousses que nous ajoutons lors du renforcement en chaîne fermée, par exemple.

La prise de conscience reste indispensable dans le cas de notre patiente. Son attitude en varus de cheville et valgus de genoux partiellement réductibles l'entraîne dans un mauvais

schéma corporel. Sur la plate-forme bio-rescue, des jeux sont proposés, pendant lesquels la patiente doit faire varier son centre de gravité et l'oblige, à venir prendre appui sur le bord interne du pied.

5. 9. La balnéothérapie

La piscine lui permet de travailler la marche sans douleur et de réaliser du renforcement musculaire.

6. BILAN DE FIN DE PRISE EN CHARGE (annexe 9)

6. 1. Objectifs de la patiente

Les objectifs de la patiente ne sont pas encore atteints après les 6 semaines de prise en charge. Elle ne peut pas encore courrir et pratiquer à nouveau du sport. Elle est consciente qu'il faudra plus de temps pour pouvoir pratiquer à nouveau une activité physique importante. Cela lui permet de rester motivée dans la poursuite de sa rééducation.

6. 2. Bilan de la douleur

Sa douleur a diminué de façon significative au terme de la prise en charge. Elle la côte à 1 au repos et à l'activité au niveau du genou alors qu'elle la côté respectivement à 3 et 4 lors du bilan d'entrée.

De plus, elle ne ressent plus cette sensation d'instabilité à la montée ou à la descente des escaliers et côte désormais la douleur à 2 (au bilan d'entrée : 4).

La douleur au niveau de la tendinite des fibulaires est à ce jour la plus gênante, même si elle a diminué notamment à la marche grâce à l'attelle. Lors du bilan, elle la côte à 2 à l'activité.

6. 3. Bilan inspection/palpation

- Centimétrie : (**tableau VI**)

- La cicatrice n'est plus adhérente à cette date, cependant elle reste douloureuse lors de la palpation. L'anesthésie persiste et son étendue reste la même.

6. 4. Bilan articulaire (**tableaux VII et VIII**)

La mobilité patellaire est nettement améliorée vers le bas, l'engagement dans la trochlée fémorale est meilleur et moins douloureux.

6. 5. Bilan musculaire (**tableau IX**)

6. 6. Bilan des extensibilités

Le test d'extensibilité du quadriceps montre la progression et l'utilité des étirements. La patiente atteint, en effet, la norme des 90° de flexion de genou lors du test.

Le TFL est aussi plus extensible mais il est à ce stade encore impossible d'atteindre la cotation 0 au test de Duval-Beaupère.

6. 7. Bilan fonctionnel

Un nouveau test de marche est réalisé au locomètre afin d'en examiner l'évolution. (annexe)

Nous notons une augmentation de la vitesse de marche, ainsi que du temps d'appui sur la jambe droite. La patiente présente une marche plus physiologique et la boiterie est nettement diminuée.

L'équilibre en unipodal droit est encore instable et douloureux pour la patiente, en raison de sa tendinopathie des fibulaires.

7. DISCUSSION

Nous ne pouvions pas débuter le renforcement isocinétique qu'à J+70, le temps était assez restreint (14 jours) pour apprécier les bénéfices de ce type de travail. De plus, la poursuite du protocole implique un travail isocinétique excentrique, pour bénéficier des avantages de ce mode dans le cas des tendinopathies. Nous souhaitons réaliser ce type de renforcement pour offrir les meilleures possibilités de récupération à notre patiente et lui faire bénéficier d'une technique de rééducation efficace dans le cas de cette pathologie, selon certaines études .

Nous notons un intérêt particulier pour le massage au glacon et les ondes de choc couplés à l'électrothérapie. La mise en place d'une attelle aircast a également contribué à une baisse significative de la douleur dès les premières séances.

8. CONCLUSION

Au vu du bilan final, le traitement effectué au cours de ces 6 semaines de prise en charge a été efficace, les objectifs à court et moyen terme étant atteints.

La suite de sa prise en charge au centre de Forbach était basée essentiellement sur le renforcement musculaire. Après sa sortie du centre, elle a poursuivi un traitement chez un masseur-kinésithérapeute libéral pour continuer le traitement concernant sa tendinopathie des fibulaires.

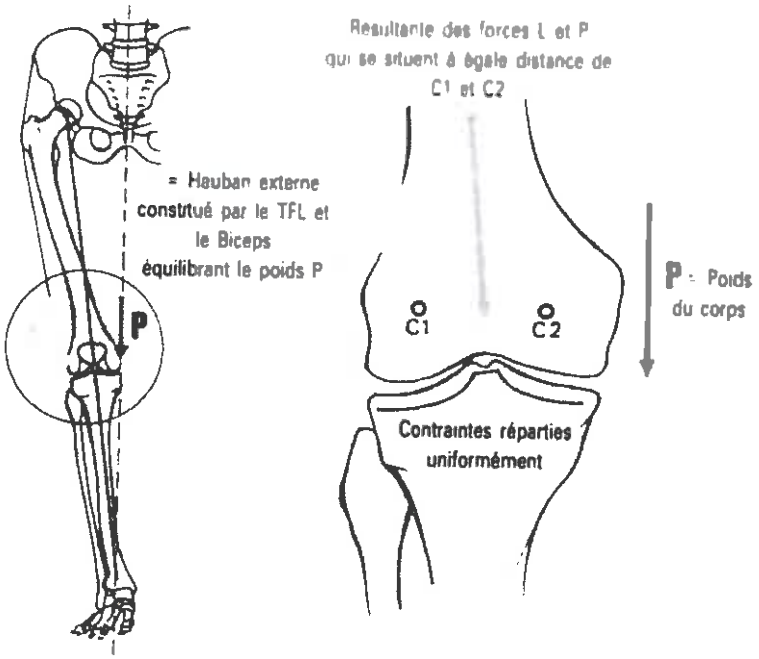
Deux mois après la fin de la prise en charge, la patiente n'a plus de douleur au niveau du genou, celle au niveau de la cheville persiste, mais est négligeable. Mme Y. a encore gagnée de la force musculaire et marche sans boiterie. Elle a repris le sport (vélo et fitness) à raison de 2h par semaine pour le moment, elle réalise ses étirements et un échauffement avant de débuter la séance.

ANNEXE I : CLASSIFICATION DE LEADBETTER (15)

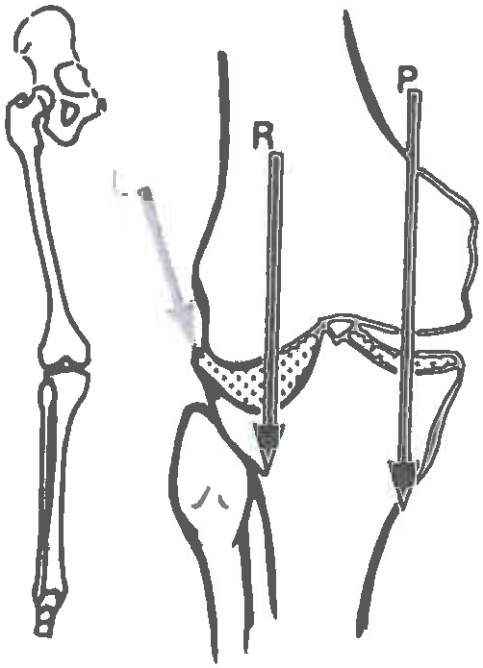
STADE 1	douleur réapparaissant rapidement après l'activité et régressant spontanément en quelques heures, évoluant depuis moins de 2 semaines avec maintien de la capacité fonctionnelle et examen clinique normale.
STADE 2	douleur pendant et après l'activité sans réduction notable de celle-ci, évoluant depuis 2 à 6 semaines, avec douleurs localisées à l'examen mais pas de signes inflammatoires.
STADE 3	douleur persistant plusieurs jours après l'arrêt de l'activité, répparaissant rapidement à la reprise, limitant nettement les capacités fonctionnelles et évoluant depuis plus de 6 semaines avec signes nets à l'examen.
STADE 4	douleur permanente gênant les activités quotidiennes courantes et empêchant toute activité sportive.

ANNEXE II : BIOMECANIQUE (6)
Le genou

Représentation de la balance de Moquet sur un genou équilibré

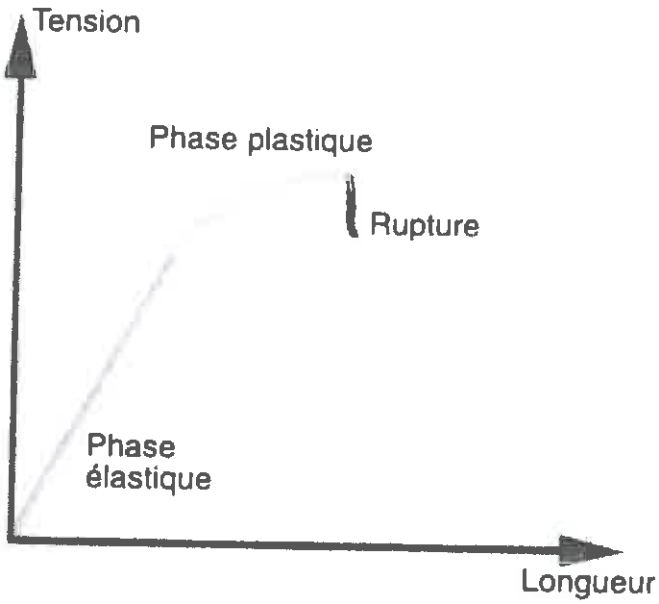


Influence du genu valgum sur l'articulation fémoro-tibiale

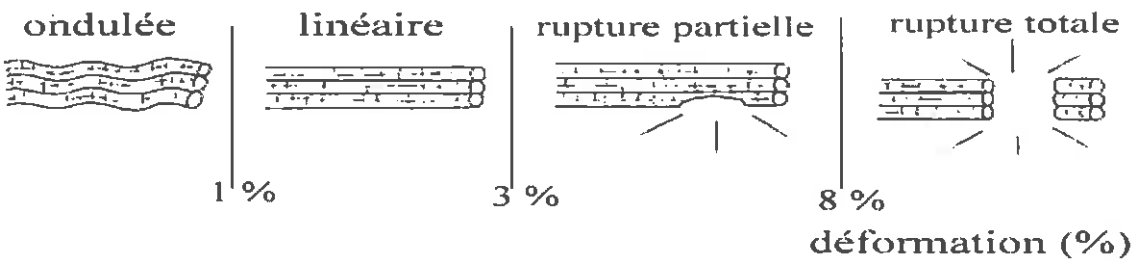


ANNEXE II (suite)
Le tendon

Courbe de tension-déformation du tendon



Schématisation de la tension au niveau des fibres de collagène lors de l'étirement du tendon



ANNEXE III : Compte rendu opératoire

SCP des Docteurs Jacques DELFOSSE, Emmanuel BRAUN
et Régis TRAVERSARI

Docteur Jacques DELFOSSE
Ancien Interne des Hôpitaux de NANCY
Ancien Assistant des Hôpitaux de NANCY
Chef de Clinique Orthopédique à la Faculté
Membre du Collège Français des Chirurgiens
Orthopédistes et Traumatologues
Membre de l'Association Internationale
D'Arthroscopie (I.A.A)
* * *
CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE et
TRAUMATOLOGIQUE
CHIRURGIE ARTHROSCOPIQUE
* * *

[redacted]

Anesthésiste : Docteur GODFRIN

Aide opératoire : M. CHARAF

Patiente présentant une tendinopathie chronique de la ponte de la rotule.
Réalisation d'une patellectomie partielle de la pointe de la rotule associée à une tendinoplastie avec peignage du tendon rotulien.

Décubitus dorsal - garrot pneumatique
Durée de l'intervention : 30 mn

On réalisation une incision centrée sur la pointe de la rotule. On pratique une synovectomie antérieure du genou relativement totale car cette synovite participe à la douleur antérieure.
On pratique ensuite une incision longitudinale du tendon rotulien prolongée sur le périoste rotulien. Dépériostage de la rotule et excision des parties douteuses du tendon. Réalisation d'un peignage.
On se porte ensuite sur la pointe de la rotule qui a été dégagée et à l'aide d'un ciseau on pratique l'ablation de la pointe extra-articulaire de la rotule, réalisant une patellectomie partielle.

Fermeture progressive de l'incision à l'aide de points de vicryl n° 5.
Fermeture plan par plan sur redon aspiratif

Mise en place d'une attelle en extension

ANNEXE IV : BILAN DE DEBUT DE PRISE EN CHARGE

Tableau I : PERIMETRIE

	DROITE	*GAUCHE*	**DIFFERENCE Par rapport au côté gauche**
15 cm au dessus du bord supérieur de la patella	59 cm	60 cm	-1 cm
10 cm au dessus du bord supérieur de la patella	54 cm	58 cm	-4 cm
5 cm au dessus du bord supérieur de la patella	49 cm	54 cm	-5 cm
Bord supérieur de la patella	45 cm	48 cm	-3 cm
Pointe de la patella	41 cm	40 cm	-1 cm
5 cm en dessous de la pointe de la patella	41 cm	41 cm	0 cm
10 cm en dessous de la pointe de la patella	42 cm	41 cm	-1 cm

Tableau II : BILAN ARTICULAIRE DU GENOU

GENOU		**Droit**	**Gauche**
Hanche tendue Flexion/Extension	*Passif*	110/0/0	135/0/10
	Actif	100/0/0	135/0/0
Hanche fléchie Flexion/Extension	*Passif*	120/0/0	135/0/10
	Actif	100/0/0	135/0/0
Rotation latérale/Rotation médiale	*Passif*		
	Actif	30/0/30	35/0/30

ANNEXE IV (suite 1)

Tableau III : BILAN ARTICULAIRE DE LA CHEVILLE

CHEVILLE		*Droite*	*Gauche*
Genou tendu Flexion/Extension	passif	0/0/35	10/0/35
	actif	0/10/35	10/0/35
Genou fléchi Flexion/Extension	passif	5/0/35	10/0/35
	actif	0/10/35	10/0/35

(L'amplitude 0 correspond à 90° au niveau de l'angle tibio-crural)

ANNEXE IV (suite 2)

Tableau IV : EVALUATION DE LA FORCE MUSCULAIRE

MUSCLE	COTATION	
	DROITE	*GAUCHE*
Quadriceps	3	5
Ischio-jambiers	3 avec prédominance du biceps fémoral	5
Moyen fessier	3	5
Grand fessier	3	5
Tenseur du fascia lata	4	5
Rotateurs internes de hanche	3	5
Rotateurs externes de hanche	4	5
Adducteurs	4	5
Ilio-psoas	3	5
Sartorius	3	5
Triceps sural (en charge)	4	5
Fibulaires	3	5
Tibial antérieur	3	5
Tibial postérieur	4	5
Long fléchisseur des orteils	4	4
Long fléchisseur de l'hallux	4	4
Long extenseur des orteils	3	4
Long extenseur de l'hallux	4	4

ANNEXE IV (suite 3)

Tableau V : Analyse de la marche au locomètre en début de prise en charge (1)

Analyse kymographique de la Marche

Satel Locomètre

Patient : [redacted]
Date de naissance : [redacted]
N° Sécurité Sociale : -
ID Code :
Pathologie : PEIGNAGE TENDON ROTULIEN

Prescripteur : PINEIRO RACLE Pascale
Tél :

Bilan de Marche - Examen N° 405 du 22/09/2008 à 12H 27mn

Conditions d'examen : Sans
Calculs relatifs aux cycles D3 à G24

I. Efficacité locomotrice :		Normes	Ecarts
* La vitesse de marche est de :	1.80 Km/h.	5.98	- 70 %
On relève une perte d'efficacité locomotrice de :	70 %.		
* Cette perte est due à :			
- une réduction de la longueur d'enjambée de :	44 %		
- une réduction de la cadence de marche de :	46 %.		

II. Organisation spatiale du cycle locomoteur :			
* Les pas ont une longueur de :	0.51 mètres à gauche	0.74	- 31 %
	0.32 mètres à droite.	0.74	- 57 %

Il existe donc une asymétrie spatiale, les pas droits étant plus courts que les pas gauches de 38 %.

III. Organisation temporelle du cycle locomoteur :			
* Le cycle locomoteur est organisé :			
- à gauche de :	66 % de temps d'appui	60 %	+ 10 %
	34 % de temps de balancement	40 %	- 15 %
- à droite de :	62 % de temps d'appui	60 %	+ 4 %
	38 % de temps de balancement	40 %	- 6 %

Le sujet privilégie les phases d'appui au détriment des phases de balancement par rapport à la Norme.

* L'analyse des temps de double-appui montre que :
l'appui bipodal droit est plus court que le gauche de 14 %.
Ceci traduit un retard à l'initiation des pas gauches.

* L'analyse des temps d'appui mono-podaux montre que :
l'appui mono-podal droit est plus court que le gauche de 11.3 %.

ANNEXE IV (suite 4)

Tableau V : Analyse de la marche au locomètre en début de prise en charge (2)

Analyse kymographique de la Marche

Satel Locomètre

Patient : [redacted]
Date de naissance : [redacted]
N° Sécurité Sociale : -
ID Code :
Pathologie : PEIGNAGE TENDON ROTULIEN

Prescripteur : PINEIRO RACLE Pascale
Tél:

Résultats de l'enregistrement N° 405 du 22/09/2008 à 12H 27mn

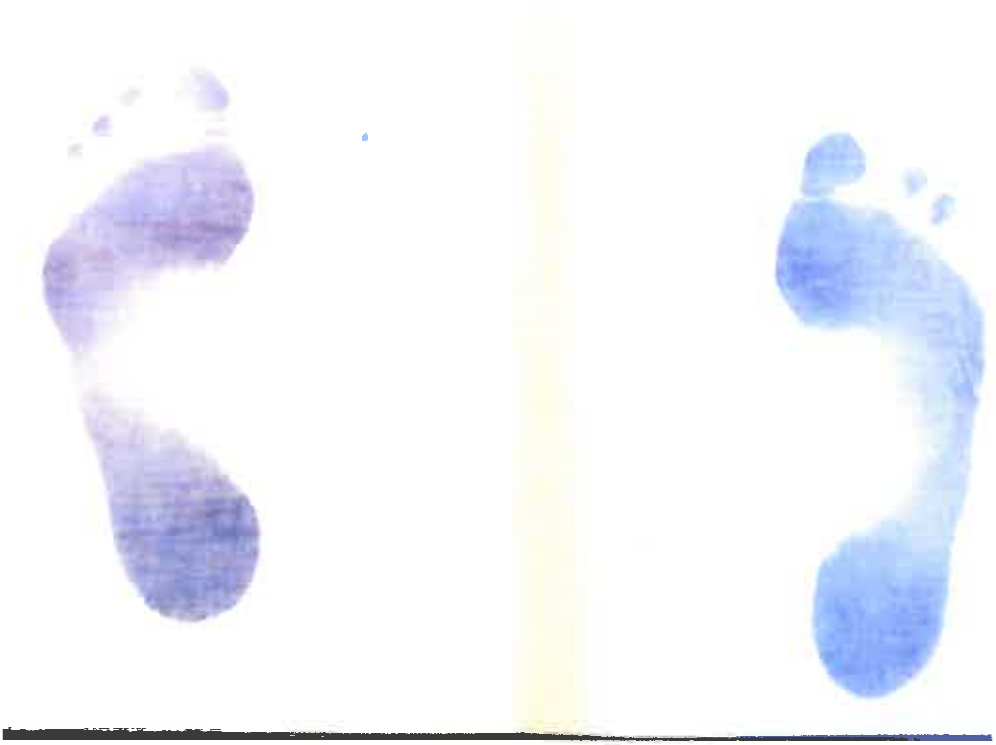
Conditions d'examen : Sans
Calculs relatifs aux cycles D3 à G24

Conditions cinétiques	Normes	Mesures	Ecarts
Vitesse de marche (m/mn)	99.60 ±8.40	30.07 ±1.78	- 70 %
Vitesse de marche (m/s)	1.66 ±0.14	0.50 ±0.03	- 70 %
Vitesse de marche (km/h)	5.98 ±0.50	1.80 ±0.11	- 70 %
Cadence de la marche (enj/mn) (enjambées/mn)	134.80 ±8.50	72.99 ±0.00	- 46 %
Longueur d'enjambée (m)	1.48 ±0.12	0.82 ±0.04	- 44 %

	Normes	Pied Gauche		Pied Droit	
Longueur					
Pas (m)	0.74 ±0.06	0.51 ±0.05	- 31 %	0.32 ±0.04	- 57 %
Durée					
Cycle (s)	0.89 ±0.06	1.64 ±0.04	+ 85 %	1.65 ±0.05	+ 85 %
Appui total (s)	0.53 ±0.04	1.08 ±0.05	+ 104 %	1.02 ±0.05	+ 93 %
% Appui total / cycle	59.60 ±1.40	65.78 ±1.63	+ 10 %	62.02 ±1.80	+ 4 %
Appui bipodal (s)	0.08 ±0.02	0.23 ±0.03	+ 192 %	0.22 ±0.03	+ 178 %
% Appui bipodal / cycle	9.00 ±1.20	14.19 ±1.64	+ 58 %	13.52 ±1.38	+ 50 %
Balancement					
Durée (s)	0.36 ±0.02	0.56 ±0.02	+ 56 %	0.62 ±0.03	+ 73 %
% Balancement / cycle	40.40 ±1.40	34.22 ±1.63	- 15 %	37.96 ±1.80	- 6 %
Ramener					
Durée (s)	0.18 ±0.01	0.25 ±0.02	+ 37 %	0.36 ±0.02	+ 101 %
% Ramener / balancement	50.00 ±1.70	44.01 ±3.86	- 12 %	57.88 ±3.30	+ 16 %
Passage					
Durée (s)	0.18 ±0.01	0.31 ±0.03	+ 75 %	0.28 ±0.03	+ 46 %
% Passage / balancement	50.00 ±1.70	55.99 ±3.86	+ 12 %	42.12 ±3.30	- 16 %
Vitesse des différentes phases du cycle					
Moy balancement (m/s)	4.05 ±0.33	1.48 ±0.12	- 63 %	1.31 ±0.06	- 68 %
Max balancement (m/s)	5.26 ±0.45	2.50 ±0.24	- 52 %	2.08 ±0.09	- 60 %
Ramener (m/s)	4.14 ±0.38	1.29 ±0.15	- 69 %	1.37 ±0.09	- 67 %
Passage (m/s)	4.03 ±0.36	1.63 ±0.12	- 60 %	1.21 ±0.06	- 70 %

ANNEXE IV (suite 5)

Empreintes plantaires en statique



Empreintes plantaires en dynamique

ANNEXE V : Bilan radiologique

Radiologies de la cheville

ANNEXE V (suite)

Radiologies de genou

ANNEXE VI : CONSEQUENCES DE L'AMYOTROPHIE (3)

Modifications morphologiques et structurelles	Perte de masse musculaire Diminution de surface du muscle Diminution de surface de toutes les fibres musculaires mais plus marquée pour les fibres I que pour les fibres II et IIa Accumulation de graisse intramusculaire Formation d'une fibrose intramusculaire : augmentation du tissu conjonctif et épaississement de l'endomysium Accumulation de graisse sous-cutanée
Modifications mécaniques	Augmentation de la fatigabilité musculaire globale mais pas des fibres lentes Augmentation du seuil de recrutement des UM lentes Augmentation de la vitesse maximale de raccourcissement des muscles ayant des UM lentes (caractéristiques de fibres rapides) Diminution globale de la force tétanique maximale (FTM) des muscles antigravitaires, mais si on rapporte la FTM à la surface des muscles on ne constate pas de variation de force spécifique Diminution de la compliance de la composante élastique parallèle entraînant une augmentation de la raideur passive Augmentation de la compliance de la composante élastique série (CES) se traduisant par une extensibilité tendineuse majorée (diminution de la synthèse collagénique du tendon) et une raideur active diminuée
Modifications EMG	Diminution de la fréquence moyenne de décharge des UM traduisant une fatigabilité musculaire globale : cette diminution de fréquence est plus importante dans les UM de seuil bas (UM lentes) que pour les UM de seuil haut (UM rapides) L'ensemble des UM est recruté plus précocement que pour un muscle sain et un plus grand nombre d'UM est nécessaire pour développer une force sous-maximale Augmentation du nombre d'UM de haut seuil recrutées pour un pourcentage donné de la FTM volontaire Diminution de l'amplitude et de la vitesse de propagation du potentiel d'action des UM Diminution de l'amplitude des EMG et augmentation des périodes de silence électrique conjointement à une diminution des bouffées de type tonique
Modifications des mouvements calciques	Augmentation du seuil de sensibilité au Ca pour les muscles posturaux Augmentation de la quantité de Ca nécessaire pour provoquer une contraction (due à une diminution de l'affinité calcique de la troponine C) Augmentation du nombre de sites calciques de la troponine C L'évolution des propriétés membranaires du réticulum sarcoplasmique, pour les mouvements calciques, s'effectue pour les muscles lents vers des caractéristiques de muscles rapides
Modifications des protéines contractiles	Diminution du pourcentage de fibres lentes par rapport aux fibres rapides ou intermédiaires Diminution de la quantité de myosines natives de type lent Augmentation de la quantité de myosines natives de type rapide Augmentation des chaînes lourdes (MHC) de type rapide Augmentation des chaînes légères (MLC) de type rapide
Modifications biochimiques	Augmentation de l'activité de la créatine kinase reflétant un dommage musculaire : le pic d'activité se situe entre 12 et 36 h après le début d'immobilisation Désorganisation des mitochondries, très importante à 36 h d'immobilisation, due à une hypoxie Désorganisation des myofilaments et diminution de la synthèse des protéines Diminution de la capacité aérobie globale du muscle due à une diminution de l'activité des enzymes oxydatives des muscles lents Augmentation de l'activité des enzymes de la glycolyse anaérobie
Modifications de la vascularisation	Diminution du nombre de capillaires par fibre musculaire dans le muscle lent Augmentation de la densité capillaire (nombre de capillaires/mm²) car le diamètre des fibres diminue (atrophie) Diminution de la distance moyenne de diffusion

ANNEXE VII : RESULTATS ISOCINETISME

RESUME DE STATISTIQUES DE REEDUCATION ISOCINETIQUE

Nom : [redacted]
code : 111
Age : 40
Poids : 76
Taille : 168

Clinicien: DR SIMON, M
Corresp. : STEPHANIE, S
Date cal.: AVR 16, 2008 ╟ 09:50
R┼glages :
Date : 16 OCT 2008

Articul. : Genou
Mouvement: Extension/Flexion
Traitemnt: PEIGNAGE TENDON ROT
L┼st : D
Contract.: Concentr./concentriqu

Fin par r┼p┼titions

Série	Mode	Vitesse (deg/s)	Temps écoulé (sec)	Répétitions complètes	Moment maximal 1 (N≥m)	Moment maximal 2 (N≥m)	Travail total 1 (N≥m)	Travail total 2 (N≥m)	Puissance 1 (watt)	Puissance 2 (watt)
1	Isocin┼tique	240/240	12	10	41.7	27.4	383.1	316.4	63.8	48.5
2	Isocin┼tique	240/240	11	10	45.0	33.1	438.0	358.0	77.0	57.6
3	Isocin┼tique	240/240	11	10	44.4	35.8	422.2	355.9	73.9	57.4
4	Isocin┼tique	240/240	11	10	43.5	35.8	357.7	351.0	60.9	57.9
5	Isocin┼tique	240/240	11	10	40.8	34.3	302.1	331.3	50.2	55.6

Pour cette séance, le ratio = 0,8.

RESUME DE STATISTIQUES DE REEDUCATION ISOCINETIQUE

Nom : [redacted]
code : 111
Age : 40
Poids : 76
Taille : 168

Clinicien: DR SIMON, M
Corresp. : STEPHANIE, S
Date cal.: AVR 16, 2008 ╟ 09:50
R┼glages :
Date : 17 OCT 2008

Articul. : Genou
Mouvement: Extension/Flexion
Traitemnt: PEIGNAGE TENDON ROT
L┼st : D
Contract.: Concentr./concentriqu

Fin par r┼p┼titions

Série	Mode	Vitesse (deg/s)	Temps écoulé (sec)	Répétitions complètes	Moment maximal 1 (N≥m)	Moment maximal 2 (N≥m)	Travail total 1 (N≥m)	Travail total 2 (N≥m)	Puissance 1 (watt)	Puissance 2 (watt)
1	Isocin┼tique	240/240	14	10	47.4	27.4	321.6	217.1	41.6	30.2
2	Isocin┼tique	240/240	11	10	57.2	34.9	441.7	314.0	81.8	50.9
3	Isocin┼tique	240/240	11	10	47.4	36.4	399.1	337.0	74.5	59.2
4	Isocin┼tique	240/240	11	10	47.7	36.6	345.0	326.8	61.8	59.4
5	Isocin┼tique	240/240	11	10	42.0	35.8	295.9	316.1	51.5	58.4

ANNEXE VII (suite)

RESUME DE STATISTIQUES DE REEDUCATION ISOCINETIQUE

Nom : [redacted]
code : 111
Age : 40
Poids : 76
Taille : 168

Clinicien: DR SIMON, M
Corresp. : STEPHANIE, S
Date cal.: AVR 16, 2008 ╟ 09:50
R┼glages :
Date : 20 OCT 2008

Articul. : Genou
Mouvement: Extension/Flexion
Traitemnt: PEIGNAGE TENDON ROT
L┼s┼ : D
Contract.: Concentr./concentriqu

Fin par r┼p┼titions

Série	Mode	Vitesse (deg/s)	Temps écoulé (sec)	Répétitions complètes	Moment maximal 1 (N≥m)	Moment maximal 2 (N≥m)	Travail total 1 (N≥m)	Travail total 2 (N≥m)	Puissance 1 (watt)	Puissance 2 (watt)
1	Isocin┼tique	240/240	11	10	52.1	34.6	487.5	348.2	91.5	58.4
2	Isocin┼tique	240/240	10	10	46.5	35.2	436.0	350.1	85.0	63.8
3	Isocin┼tique	240/240	11	10	42.9	36.9	370.3	347.4	65.4	61.9
4	Isocin┼tique	240/240	11	10	40.2	37.5	327.3	337.1	56.9	59.7
5	Isocin┼tique	240/240	11	10	37.8	36.6	284.8	330.5	48.4	58.7
6	Isocin┼tique	240/240	11	10	37.2	37.5	262.8	317.3	43.9	55.4
7	Isocin┼tique	240/240	11	10	36.1	36.4	264.6	315.0	44.5	54.5
8	Isocin┼tique	240/240	11	10	36.1	35.2	259.2	295.8	43.5	50.3
9	Isocin┼tique	240/240	12	10	36.1	32.5	252.6	275.2	42.1	45.3
10	Isocin┼tique	240/240	11	10	37.5	34.9	256.8	301.4	42.2	53.1

Pour cette séance, le ratio= 0,7.

Descriptif :

- Travail total 1 = travail total du quadriceps
- Travail total 2 = travail total des ischio-jambiers

- Calcul du ratio :
travail total maximal des ischio-jambiers / travail total maximal du quadriceps

ANNEXE VIII : BILAN DE FIN DE PRISE EN CHARGE

Tableau VI : PERIMETRIE

	DROITE Bilan d'entrée	***DROITE bilan de sortie***	***Gain***
15 cm au dessus du bord supérieur de la patella	59 cm	61 cm	2 cm
10 cm au dessus du bord supérieur de la patella	54 cm	56 cm	2 cm
5 cm au dessus du bord supérieur de la patella	49 cm	52 cm	3 cm
Bord supérieur de la patella	45 cm	47 cm	2 cm
Pointe de la patella	41 cm	41 cm	0 cm
5 cm en dessous de la pointe de la patella	41 cm	42 cm	1 cm
10 cm en dessous de la pointe de la patella	42 cm	42 cm	0 cm

Tableau VII : BILAN ARTICULAIRE DU GENOU

GENOU DROIT	**PASSIF**	*Gain*		**ACTIF**	*Gain*
F/E hanche tendue	130/0/0	+20°		115/0/0	+15°
F/E hanche fléchie	130/0/0	+20°		115/0/0	+15°
RL/RM				30/0/30	

ANNEXE VIII (suite 1)

Tableau VIII : BILAN ARTICULAIRE DE LA CHEVILLE

CHEVILLE DROITE	**PASSIF**	*Gain d'amplitude*	**ACTIF**	*Gain d'amplitude*
Flexion dorsale/plantaire genou tendu	5/0/35	+ 5° de flexion dorsale	0/0/35	+10° de flexion dorsale
Flexion dorsale/plantaire genou fléchi	5/0/35	Pas de changement	0/0/35	+ 10° de flexion dorsale

ANNEXE VIII (suite 2)

Tableau IX : EVALUATION DE LA FORCE MUSCULAIRE

MUSCLE	COTATION AU BILAN D'ENTREE	COTATION AU BILAN DE SORTIE
Quadriceps	3	4
Ischio-jambiers	3- avec une prédominance du biceps fémoral	4
Moyen fessier	3	4
Grand fessier	3	4
Tenseur du fascia lata	4	4
Rotateurs internes de hanche	3	3
Rotateurs externes de hanche	4	4
Adducteurs	4	4
Ilio-psoas	3	4
Sartorius	3	4
Triceps	4	4
Fibulaires	3	3
Tibial antérieur	3	4
Tibial postérieur	4	4
Long fléchisseur des orteils	4	4
Long fléchisseur de l'hallux	4	4
Long extenseur des orteils	3	4
Long extenseur de l'hallux	4	4

ANNEXE VIII (suite 3)
Analyse de la marche au locomètre en fin de prise en charge

Analyse kymographique de la Marche

Satel Locomètre

Patient : [redacted]
Date de naissance : [redacted]
N° Sécurité Sociale : -
ID Code :
Pathologie : PEIGNAGE TENDON ROTULIEN

Prescripteur : PINEIRO RACLE Pascale
Tél:

Bilan de Marche - Examen N° 416 du 17/10/2008 à 11H 11mn

Conditions d'examen : Sans
Calculs relatifs aux cycles D3 à D17

I. Efficacité locomotrice :		Normes	Ecarts
* La vitesse de marche est de :	3.33 Km/h.	5.98	- 44 %
On relève une perte d'efficacité locomotrice de :	44 %.		
* Cette perte est due à :			
- une réduction de la longueur d'enjambée de :	26 %		
- une réduction de la cadence de marche de :	25 %.		

II. Organisation spatiale du cycle locomoteur :			
* Les pas ont une longueur de :	0.64 mètres à gauche	0.74	- 14 %
	0.46 mètres à droite.	0.74	- 38 %

Il existe donc une asymétrie spatiale, les pas droits étant plus courts que les pas gauches de 28 %.

III. Organisation temporelle du cycle locomoteur :			
* Le cycle locomoteur est organisé :			
- à gauche de :	62 % de temps d'appui	60 %	+ 3 %
	38 % de temps de balancement	40 %	- 5 %
- à droite de :	57 % de temps d'appui	60 %	- 5 %
	43 % de temps de balancement	40 %	+ 8 %

Le sujet privilégie les phases d'appui au détriment des phases de balancement par rapport à la Norme.

* L'analyse des temps de double-appui montre que :
l'appui bipodal droit est plus court que le gauche de 38 %.
Ceci traduit un retard à l'initiation des pas gauches.

* L'analyse des temps d'appui mono-podaux montre que :
l'appui mono-podal droit est plus court que le gauche de 10.6 %.

ANNEXE VIII (suite 4)

Analyse kymographique de la Marche

Satel Locomètre

Patient : [redacted]
Date de naissance : [redacted]
N° Sécurité Sociale : -
ID Code :
Pathologie : PEIGNAGE TENDON ROTULIEN

Prescripteur : PINEIRO RACLE Pascale
Tél:

Résultats de l'enregistrement N° 416 du 17/10/2008 à 11H 11mn

Conditions d'examen : Sans
Calculs relatifs aux cycles D3 à D17

Conditions cinétiques	Normes	Mesures	Ecarts
Vitesse de marche (m/mn)	99.60 ±8.40	55.58 ±2.74	- 44 %
Vitesse de marche (m/s)	1.66 ±0.14	0.93 ±0.05	- 44 %
Vitesse de marche (km/h)	5.98 ±0.50	3.33 ±0.18	- 44 %
Cadence de la marche (enj/mn) (enjambées/mn)	134.80 ±8.50	101.03 ±0.00	- 25 %
Longueur d'enjambée (m)	1.48 ±0.12	1.10 ±0.03	- 26 %

	Normes	Pied Gauche		Pied Droit	
Longueur					
Pas (m)	0.74 ±0.06	0.64 ±0.06	- 14 %	0.48 ±0.05	- 38 %
Durée					
Cycle (s)	0.89 ±0.06	1.18 ±0.04	+ 33 %	1.19 ±0.08	+ 34 %
Appui total (s)	0.53 ±0.04	0.73 ±0.05	+ 38 %	0.67 ±0.04	+ 27 %
% Appui total / cycle	59.60 ±1.40	61.58 ±1.98	+ 3 %	56.54 ±0.85	- 5 %
Appui bipodal (s)	0.08 ±0.02	0.12 ±0.01	+ 50 %	0.09 ±0.01	+ 12 %
% Appui bipodal / cycle	9.00 ±1.20	10.11 ±0.89	+ 12 %	7.52 ±0.82	- 16 %
Balancement					
Durée (s)	0.36 ±0.02	0.45 ±0.01	+ 26 %	0.52 ±0.02	+ 44 %
% Balancement / cycle	40.40 ±1.40	38.42 ±1.98	- 5 %	43.46 ±0.83	+ 8 %
Ramener					
Durée (s)	0.18 ±0.01	0.20 ±0.01	+ 10 %	0.29 ±0.01	+ 60 %
% Ramener / balancement	50.00 ±1.70	43.77 ±3.58	- 12 %	55.58 ±2.11	+ 11 %
Passage					
Durée (s)	0.18 ±0.01	0.26 ±0.02	+ 42 %	0.23 ±0.02	+ 28 %
% Passage / balancement	50.00 ±1.70	56.23 ±3.58	+ 12 %	44.42 ±2.11	- 11 %
Vitesse des différentes phases du cycle					
Moy balancement (m/s)	4.05 ±0.33	2.44 ±0.05	- 40 %	2.10 ±0.09	- 48 %
Max balancement (m/s)	5.26 ±0.45	3.76 ±0.12	- 29 %	3.25 ±0.18	- 38 %
Ramener (m/s)	4.14 ±0.38	2.37 ±0.18	- 43 %	2.18 ±0.19	- 47 %
Passage (m/s)	4.03 ±0.36	2.49 ±0.06	- 38 %	2.00 ±0.12	- 50 %