

Préambule

Insaissable syndrome rotulien !

Professeur Olivier GAGEY,
Université Paris-Sud-11, Hôpital Universitaire de Bicêtre

L'absence de physiopathologie claire est la caractéristique du syndrome rotulien. Ce n'est pas en soi une situation d'exception tant il nous faut reconnaître nos ignorances en matière de physiopathologie douloureuse de l'appareil locomoteur. Le problème tient surtout à la grande fréquence des syndromes douloureux antérieurs du genou. L'échec de l'application de la théorie biomécanique de Maquet comme déterminant majeur du syndrome rotulien reste dans tous les esprits et doit nous conduire à prêter attention à d'autres pistes.

Le monde médical s'est bien converti à la devise « le syndrome rotulien se guérit sur le terrain de sport » acceptant ainsi l'idée que le mouvement en soi avait des vertus thérapeutiques en application du principe fondamental d'autonomie d'une structure biologique qui nous dit que « la fonction entretient le fonctionnaire ».

D'autres théories, d'autres propositions d'explication, sont apparues. Certaines semblent établir la possibilité de résultats beaucoup plus rapides si ce n'est spectaculaires. C'est tout l'intérêt de cette revue bibliographique importante : changer notre regard et accepter d'autres pistes explicatives. Il faudra peut-être apprendre à voir, devant la divergence des résultats cliniques publiés, la possibilité d'un dédoublement de ces douleurs avec la perspective d'un diagnostic plus précis.

Avertissement :

Si vous utilisez tout ou partie de cette revue, reconnaissez qu'elle vous a été utile en citant ses auteurs qui ont consacré beaucoup de temps à sa réalisation. Je l'ai mise sur ce site en comptant sur votre honnêteté intellectuelle. Pierre-Marie Gagey

Le syndrome fémoro-patellaire *

Revue thématique de données bibliographiques

B. WEBER & O. BOURDEAUX

Introduction

Olivier Gagey, orthopédiste, intéressé par les travaux des posturologues sur les dysfonctions posturales, a proposé à un groupe de travail de rédiger un protocole qui permette de comparer le traitement chirurgical (décevant) du syndrome fémoro-patellaire (SFP) à la prescription d'orthèses, alternative crédible mais peu ou mal référencée. La première approche informelle soulevait plus de questions, théoriques et pratiques, qu'elle ne permettait d'en résoudre.

Pour éclairer ce débat, Olivier Bourdeaux, secrétaire spontané de ce groupe, a entrepris une revue bibliographique du sujet.

Matériel et méthode

Il a systématiquement, à partir du mot-clé "Syndrome fémoro-patellaire" et de proche en proche, rassemblé les références, articles et résumés, sur le sujet de 1976 à 2011 accessibles par Internet ou en bibliothèque. Aucune n'a été écartée a priori, avec ce préjugé que toute information, même discutable, peut ouvrir une piste intéressante.

La plupart de ces publications rapportent des protocoles dont les caractères à la fois théoriques, physiologiques, thérapeutiques et pratiques, peuvent les placer sous plusieurs rubriques. Le résumé de chaque référence, interprété au plus près de sa traduction littérale, est ici arbitrairement placé là où son sujet nous a semblé le mieux adapté à l'objet de ce travail. Chaque rubrique est précédée d'un court commentaire qui tente de l'insérer dans une cohérence d'ensemble ; les résumés y sont rangés en fonction de leur proximité et, en deuxième intention, de la date de leur publication. Cette présentation nous a paru la plus propre à, d'une part faciliter les recherches d'un thème ou d'une donnée et, d'autre part, à attirer l'attention sur des résultats qui ne seraient pas nécessairement inclus dans les catégories que définit le vocabulaire du titre original. Le rang chronologique témoigne, rubrique par rubrique, de la focalisation des approches : certaines intuitions cliniques anciennes ont été négligées, les règles actuelles de publication privilégiant la validation d'hypothèses ponctuelles. Une vision d'ensemble passe aujourd'hui par la proposition d'un modèle (Cf. cette rubrique).

Ce mode de classement fait de l'ensemble, en accord avec les appréciations de Chester et al. (2008) et Mills et al., (2010), une revue et non la méta-analyse qu'il était possible d'espérer.

Résultats

Au total, 203 résumés ou articles ont été repérés dans la littérature entre 1976 et 2011. Le tableau I résume ces résultats.

| CHAPITRES | | Nombre | Dates |
|--|--|-------------|-------------|
| Paragraphes | Alinéa | Des résumés | |
| DIAGNOSTIC | | 14 | 1976 - 2003 |
| CRITÈRES DE JUGEMENT | | 9 | 1989 - 2009 |
| | <i>Questionnaires 8</i> | | 1993 - 2009 |
| PHYSIOPATHOLOGIE | | 116 | 1983 - 2010 |
| <i>biomécanique</i> | | 62 | 1983 - 2010 |
| Sans SFP | <i>sur cadavre 6, 1984- 2009 fonctionnelle 29,1983-2009</i> | 37 | |
| et arthrose du genou | | 3 | 2008 -2009 |
| Avec SFP | <i>Critères 4, 1993 - 2010 Rapports segmentaires 18, 1994 - 2010</i> | 22 | 1993 -2010 |
| <i>fonctionnelle</i> | | 54 | |
| Proprioception | | 7 | 1997 - 2008 |
| Dysfonctions musculaires | <i>Hanche 3, 2001 – 2009 Implication du quadriceps 10, 1991-2009</i> | 15 | 1991 - 2009 |
| Modification des tissus péri-articulaires | | 11 | 1985 - 2002 |
| Autres facteurs | <i>Long fléchisseur de l'hallux, 6</i> | 12 | 1996-2008 |
| Bilans et indices prédictifs | | 9 | 1999- 2010 |
| MODÉLISATION | | 4 | 1987 - 2009 |
| THÉRAPEUTIQUE | | 59 | 1982 - 2009 |
| Interventions locales | | 5 | 2000 - 2005 |
| Rééducation | | 20 | 1982 - 2009 |
| Orthèses | <i>Essais 15, 1986 - 2011 Évaluation 13, 1991 -2010</i> | 28 | 1986 - 2011 |
| Ostéopathie | | 6 | 1999 - 2008 |

Tableau I. Classement arbitraire de proximité par sujet et date de publication de 202¹ résumés retrouvés dans la littérature sous la dénomination *Syndrome fémoro-patellaire*. Le classement des colonnes *Chapitres*, *Paragraphes* et alinéa traduit le plan de ce travail. Le nombre d'articles par thème et les dates de publication donnent une indication sur la permanence et l'intérêt de certains aspects de ce syndrome en fonction de nombreux facteurs, dont l'évolution des techniques d'évaluation et les exigences éditoriales semblent les plus décisifs.

En 35 ans, hypothèses physiopathologiques et méthodes d'évaluation diagnostique et thérapeutique autour de ce diagnostic, ont moins évolué que l'on aurait pu s'y attendre. Les publications s'inscrivent dans la tendance générale d'une exigence de rigueur pour les pratiques cliniques ("Evidence based medicine") dont elles révèlent aussi les limites et les contradictions. Les limites : presque aucune de ces références ne prend en compte les modifications biomécaniques au-delà du membre inférieur, donc n'envisage les implications du tonus venant de et allant vers la gestion de la stabilité (Willson et al., 2008 ; Mascal et al., 2003), la régulation de l'aplomb. Les contradictions : objectiver "scientifiquement" diagnostic et traitement permet soit de valider soit d'infirmer ce qu'a établi l'expérience des cliniciens mais les conditions qu'impose cette objectivation ignorent et éliminent les particularités individuelles de la symptomatologie. Si le protocole permet de justifier une attitude thérapeutique lorsque l'enchaînement étiologique (biomécanique en particulier) est bien établi, il devient un handicap pour la recherche de perturbations "fonctionnelles". Les symptômes manifestent des dérèglements dont les multiples facteurs (Cf. Piva et al., 2009) pèsent probablement d'un poids variable dans l'histoire particulière de chaque patient : le système en cause se présente comme de type dynamique non linéaire (Cf. Bennell et al.,

¹ Étant donné sa position très particulière, la thèse de *Stensdotter* ne figure pas dans ce tableau.

2000 ; Kujala *et al.*, 1993). Si la recherche clinique publiée sur le SFP s'inscrit majoritairement dans la première option d'objectivité, la méthode de travail n'a aucune raison d'ignorer que certains des traitements proposés, les orthèses et les thérapies manuelles, se situent dans la logique de la seconde. Très schématiquement, le modèle des travaux les plus récents -qui recherchent une objectivation statistiquement validée- demandent des capacités importantes de recrutement des sujets (Cf. par exemple, Vicenzino *et al.*, 2010). Les plus anciens -dont les données sont souvent intéressantes- prennent appui sur des notions discutées sinon controuvées depuis.

DIAGNOSTIC

Position du problème à partir de revues qui, malgré leur intérêt rétrospectif, ne prennent consistance qu'en fin de siècle : de publication en publication, la définition du SFP se précise. Mais il faut attendre les années 1987/88 qui marquent un tournant pour la voir se préciser : purement clinique, elle est centrée sur la douleur faute d'autres critères indiscutables. Les travaux cherchent alors, à partir des lésions rotuliennes, une justification physiopathologique qui devient majoritairement biomécanique, centrée sur le membre inférieur y compris, parfois, la hanche et le bassin jusqu'à impliquer la gestion de la stabilité (Powers, 2003).

-Goodfellow J., Hungerford D.S., Woods C.—**Patello-femoral joint mechanics and pathology. 2. Chondromalacia patellae.** *J. Bone Joint Surg. Br.*, **58**, 3, 291-299, 1976.

Deux processus distincts altèrent le cartilage de la rotule. La dégénérescence de sa surface prédomine sur la facette latérale et dépend de l'âge. Souvent présente chez certains jeunes, elle n'est probablement pas en cause dans le SFP (Cf. Johnston *et Grass*, 2004 ; Wojtys *et al.*, 1990 ; Witonski *et al.*, 1999). mais peut prédisposer ultérieurement aux arthrites dégénératives Par contre, une modification du collagène (fasciculation) dans les zones moyenne et profonde du cartilage sans modification de sa surface a été retrouvée sur le sillon séparant les facettes latérale et médiane chez 23 adolescents se plaignant d'une douleur SFP prolongée. L'excision du disque du cartilage atteint a supprimé la douleur dans la majorité des cas.

-Hungerford D.S., Barry M.—**Biomechanics of the Patellofemoral Joint** *Clin. Orthop. Related Res.*, 144, 9-15, 1979.

Revue qui pose bien le problème d'ensemble malgré son ancienneté.

-Grana, W.A., Kriegshauser, L.A.—**Scientific basis of extensor mechanism disorders.** *Clin. Sports Med.* **4**, 247, 1985.

Revue générale ancienne des mécanismes physiopathologiques du SFP.

-Wilk K.E., Davies G.J., Mangine R.E., Malone T.R.—**Patellofemoral disorders: a classification system and clinical guidelines for nonoperative rehabilitation.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **28**, 5, 307-322, 1988.

Essai de systématisation des situations cliniques : 1) syndromes de compression patellaire ; 2) instabilité patellaire ; 3) dysfonction biomécanique ; 4) traumatismes patellaires directs ; 5) lésions des tissus mous ; 6) syndromes de suremploi ; 7) ostéochondrites ; 8) troubles neurologiques. Chaque catégorie suppose un traitement approprié.

-Callag M. J., Baltzopoulos V.—**Anterior knee pain : the need for objective measurement** (Review) *Clin. Biomech.*, **7**, 67-74, 1992.

Revue ancienne (Cf. ci-dessous Grabiner *et al.*, 1994, Cutbill *et al.*, 1997)

-Molnar T.J., James F. — **Clinical evaluation : history and physical examination.** *Sports Med. Arthro. Rev.*, **2**, 3, 1994.

Revue datée des signes et symptômes du SFP.

-Grabiner M.D., Koh T.J., Draganich L.F.—**Neuromechanics of the patellofemoral joint.** *Med. Sci. Sports Exerc.*, **26**, 1, 10-21, 1994.

Revue des connaissances sur trois des mécanismes probables du SFP lorsque sont exclues les causes anatomiques et traumatiques de la déviance du trajet de la rotule sur la trochlée fémorale (surfaces patellaires) et de leurs conséquences sur les lésions du cartilage par défaut soit du contrôle nerveux central soit des capacités des muscles extenseurs : trajet de la rotule, pression de son contact et contrôle moteur des agonistes de son trajet.

-Cutbill J.W., Ladly K.O., Bray R.C., Thorne P., Verhoef M.—**Anterior knee pain : a review.** *Clin. J. Sport Med.*, **7**, 1, 40-45, 1997.

Revue de 77 publications sur les douleurs antérieures du genou et leurs références de 1988 à 1995. Les définitions sont majoritairement subjectives et sans accord général. L'accord est plus fréquent sur les évaluations, les tests et la gestion, mais sans contrôle objectif.

-Holmes S.W. Jr, Clancy W.G. Jr.—**Clinical classification of patellofemoral pain and dysfunction.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **28**, 5, 299-306, 1998.

Mise au point des classifications, "rotule chondromalacique" étant désormais réservé aux atteintes du cartilage vérifiées par arthroscopie : 1) instabilité fémoro-patellaire (soit subluxation ou dislocation) ; 2) douleur fémoro-patellaire avec désalignement sans épisode d'instabilité ; 3) douleur fémoro-patellaire sans désalignement. L'infinie variété des tableaux cliniques et leurs traitements spécifiques entre dans les sous-catégories de ces trois classes.

-Grelsamer R.P., Klein J.R.—**The biomechanics of the patellofemoral joint.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **28**, 5, 286-298, 1998.

Les traitements des désalignements de la rotule diffèrent de ceux des autres atteintes du genou qui peuvent même leur être néfastes. Discussion et défense de l'hypothèse de l'atteinte du cartilage en fonction des forces mises en jeu dans l'articulation et des contractions du quadriceps.

-Hofmann G.O., Hagen, F.W.—**Pathomechanics of the femoropatellar joint following total knee arthroplasty** *Clin. Orthop. Relat. Res.*, **224**, 251-259, 1987.

Analyse de 157 arthroplasties totales du genou par une technique sans resurfaçage de la rotule. La malposition verticale post-opératoire de la rotule apparaît comme la cause principale des dysfonctions aboutissant à une destruction de la rotule et finalement une douleur rétropatellaire opiniâtre.

-Thomé R., Augustsson J., Karlsson J.—**Patellofemoral pain syndrome: a review of current issues.** *Sports Med.*, **28**, 4, 245-262, 1999.

Définition du SFP par une douleur antérieure du genou en excluant les pathologies intra-articulaires, les tendinites ou bursites péri rotuliennes, les syndromes de plicature, les maladies de Sinding Larsen, et Osgood Schlatter, les névromes et autres pathologies rares. Discussion des trois facteurs étiologiques principaux : 1) décalage entre l'extrémité inférieure du membre et la rotule, 2) déséquilibre musculaire du membre inférieur, 3) hyperactivité du sujet. Pour 1) les critères de normalité sont difficiles à établir et demandent de sérieuses études. Pour 2) les déficiences musculaires n'apparaissent pas comme facteurs nettement identifiés (Cf. *Chester et al.*, 2008 ; *Murley et al.*, 2010) ; les anomalies de la contraction du quadriceps ne sont pas clairement définies comme soit isolées soit participant à des chaînes et peuvent être cause comme conséquence du SFP (Cf. *Physiopathologie fonctionnelle*).

Dysfonctions musculaires ; Implication du quadriceps). Le symptôme le plus fréquent, la douleur, apparaît après une activité physique, montée/descente d'escalier, accroupissement ou position assise genou fléchi, mais le rôle de ces facteurs n'est pas clairement défini, en particulier en fonction de leur intensité, et/ou de la personnalité du patient. L'évaluation des traitements récents, en progrès -la chirurgie est rarement indiquée (Cf. *Kasim et Fulkerson, 2000*)- demande une meilleure systématisation des sujets inclus et exclus des études, une méthodologie bien définie et des conclusions comparables et comparées à celles d'études déjà publiées, ce qui est trop rarement le cas.

-Fulkerson J.P.—**Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain.** *Am. J. Sports Med.*, **30**, 3, 447-456, 2002.

Revue de l'examen clinique et des possibilités de traitement des "patients athlètes" présentant une douleur fémoro-patellaire. Aucun des éléments physiopathologiques possibles ne doit être négligé, en particulier ceux impliquant les ligaments péri rotuliens (Cf. *Physiopathologie fonctionnelle ; Modifications des tissus péri-articulaires*) ; les incidences des radiographies nécessitent, de face des angulations de 30° et 45° et un profil strict. La plupart des traitements évitent la chirurgie : étirements et contractions contrôlés du quadriceps ; entraînement proprioceptif ; étirement des rotateurs externes de la hanche ; contention de la rotule ; orthèses ; ancrage effectif de la rotule. Lorsqu'elle devient nécessaire, les indications de la chirurgie doivent être spécifiques : décharge latérale en cas de rotation anormale ; résections pour les cicatrices et les ligaments douloureux, les névromes, les replis pathologiques. Le repositionnement proximal de la rotule se suffit d'une arthroscopie ou de son association à une ouverture minimale. Les lésions articulaires et les désaxations plus importantes peuvent nécessiter une transposition de la tubérosité tibiale (Cf. *Lee et al., 2003*). Les cliniciens doivent faire particulièrement attention aux signes d'une luxation médiane post-opératoire et la préciser par un test de subluxation provoquée, en particulier après une ténodèse latérale. En résumé, ces traitements demandent un diagnostic précis, un réentraînement impliquant l'ensemble de la chaîne musculaire, un retour à une homéostasie rotulienne et le minimum de gestes chirurgicaux lesquels nécessitent des indications précises pour des interventions correctrices.

-Powers C.M.—**The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction : a theoretical perspective.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **33**, 11, 639-646, 2003.

Bien que le SFP soit reconnu comme l'une des perturbations les plus communes du membre inférieur, les indications de traitement et la rationalité de leur justification sont vagues et controversées : la plupart impliquent un trajet et/ou une position de la rotule anormaux. Outre l'articulation elle-même, se trouvent suspectés la tension du vaste médial, l'ancrage et les chocs de l'articulation, les tissus mous qui l'entourent et, plus récemment, les interactions de segments articulés du membre inférieur ; en particulier, leurs mouvements antéro-postérieurs et transversaux affecteraient la biomécanique des rapports fémur-rotule. Toute intervention qui vise à modifier les mouvements de la hanche et du bassin (stabilité) et ceux de l'ensemble cheville-pied (stabilité distale) semble justifiée et devrait être prise en considération. (Cf. *Physiopathologie, Biomécanique avec SFP*).

CRITÈRES DE JUGEMENT

Les promoteurs d'hypothèses physiopathologiques ont rarement précisé leur fiabilité et leur utilité en pratique clinique. Les validations de critères de jugement qui prennent en compte plusieurs facteurs sont plus rares et généralement plus récentes (Cf., par exemple, Piva et al.,

2009 : Lai et al., 2009 ; Collins et al., 2010). Critères “subjectifs”, les questionnaires, qu’ils soient, ou non, confrontés à des critères supposés “objectifs”, présentent l’avantage de valider les perceptions par les sujets de leur propre état. Ils représentent donc en théorie un instrument d’“objectivation” cohérent avec la définition clinique du SFP centrée sur la douleur (subjective, même si l’échelle analogique visuelle permet de l’objectiver) et, en pratique, acceptable par l’“Evidence based medicine”. Ils devraient en conséquence, constituer le pivot des suivis cliniques, aussi bien pour les praticiens que pour les chercheurs.

-Chesworth B.M., Culham E., Tata G.E., Peat M.—**Validation of outcome measures in patients with patellofemoral syndrome.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **10**, 8, 302-308, 1989

Examen de la fiabilité et de la validité de critères chez 18 SFP : EVA, Index fonctionnel d’un questionnaire (FIQ), éléments d’une séquence de marche et de montée de marches, angle du genou à la descente d’une pente, activité électromyographique du quadriceps pendant la montée d’une marche. Ces critères sont recueillis en témoin (T0), après 24 h (T1), et après une amélioration cliniquement significative due au traitement (T2). Le coefficient de corrélation intraclasse révèle une fiabilité faible d’un jour à l’autre pour l’EVA ($r=0,603$) et FIQ ($r=0,483$). Mais une ANOVA entre T0 et T2 montre que ces critères sont valides pour détecter les modifications cliniques ($p<0,01$). Aucune différence des variables liées à la marche n’est observée entre T0 et T1 ou T2 : l’analyse de la marche ne semble pas assez sensible pour ce suivi.

Questionnaires

-Kujala U.M., Jaakkola L.H., Koskinen S.K., Taimela S., Hurme M., Nelimarkka O.—**Scoring of patellofemoral disorders.** *Arthroscopy*, **9**, 2, 159-163, 1993.

Examen d’un questionnaire à deux items a) des symptômes subjectifs b) des limitations fonctionnelles chez quatre groupes de femmes : contrôles ($n=17$), douleur antérieure du genou ($n=16$), subluxation ($n=16$) et luxation de la rotule ($n=19$). Scores moyens du questionnaire : contrôles 100, douleur antérieure 83, subluxation 68, luxation 62 : les différences sont significatives ($p<0,0001$) ; elles le sont aussi ($p<0,0001$) pour chacun des items relatif à la situation dans laquelle apparaît la douleur : subluxation, claudication, douleur, course, montée d’escalier, station assise prolongée genoux fléchis. Un tel questionnaire systématisé qui définit clairement ces quatre groupes devrait être utilisé pour toute anamnèse de douleur antérieure du genou. Le score moyen est bien corrélé à l’importance de la luxation-subluxation provoquée par la contraction du quadriceps sur la jambe étendue et mesurée sur image en résonance magnétique. Elle correspondrait à l’absence de plein support de la rotule par les condyles fémoraux (Cf. infra *Physiopathologie ; Biomécanique sans SFP ; sur cadavres*).

-Wilk K.E., Romaniello W.T., Soscia S.M., Arrigo C.A., Andrews J.R.— **The Relationship Between Subjective Knee Isokinetic Testing, and Functional Testing in the ACL-Reconstructed Knee.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **20**, 2, 60-73, 1994.

Cinquante sujets opérés, 29 garçons, 21 filles, de 15 à 52 ans (moyenne : 23,78 ans) ont rempli un auto- questionnaire axé sur leurs symptômes (douleur, gonflement et flexion du genou) et la fonction particulière du genou dans leur sport, complété par une évaluation codifiée de la fonction de l’articulation. Ils ont alors subi trois épreuves à cloche-pied : saut en longueur, saut chronométré et triple saut de franchissement. Un test de flexion- extension iso cinétique du genou a été pratiqué à 180, 300 et 450 degrés/s. La valeur moyenne de l’échelle de l’auto- questionnaire est de 86 points ; il existe une symétrie ($\geq 85\%$) des deux jambes aux trois épreuves de saut à cloche-pied chez 64% des sujets ; une force de contraction isométrique du genou $\geq 90\%$ du genou controlatéral existe chez 60% des sujets. Il existe une corrélation positive entre le pic du couple de torsion de l’extension du genou à 180 et 300°/s,

le score de l'auto-questionnaire et les résultats des trois sauts à cloche-pied ($p < 0,001$). Aucune corrélation n'a été observée entre les résultats des tests de contraction iso cinétique des fléchisseurs du genou.

–Brinkley J.M., Stratford P.W., Lott S. A., Riddle D. L.—**The Lower Extremity Functional Scale (LEFS) : scale development, measurement properties, and clinical application.** *Phys. Ther.*, 79, 371–383, 1999.

Recherche de la validité du LEFS (Lower Extremity Functional Scale) chez 107 patients en physiothérapie pour une dysfonction musculo-squelettique du membre inférieur face à 12 patients traités pour une pathologie différente. Le LEFS est rempli à la première séance, 24 ou 48 h plus tard et ensuite de 8 jours en 8 jours pendant 4 semaines. Sa fiabilité est mesurée par un coefficient de corrélation intra-classe, sa validité par une corrélation de Pearson et analyse de variance à une voie. Enfin une échelle de prédiction indépendante (établie sur l'examen physique), le SF-36 a été corrélée (test de rang de Spearman) au LEFS. La fiabilité test-retest $r=0,94$; la corrélation $r=0,80$ et $r=0,64$ pour les deux sous échelles du SF-36. La corrélation du score de prédiction d'évolution est meilleure avec le LEFS qu'avec le SF-36. Le risque d'erreur du LEFS à un moment précis de l'évolution vaut 5,3 points du score (soit un index de confiance de 90%) et la plus petite différence clinique de 9 points (soit un IC également de 90%). Le questionnaire apparaît ainsi plus fiable et plus fidèle pour apprécier l'évolution que l'examen codifié du SF-36.

–Bennell K., Bartam S., Crossley K., Green S.—**Outcome measures in patellofemoral pain syndrome : test retest reliability and inter-relationships.** *Phys. Ther. Sport*, 1, 2, 32-41, 2000.

Comparaison de cinq auto-questionnaires chez 50 sujets jeunes ($23,8 \pm 8,9$ ans) dont 2/3 de femmes et re-test chez 24 d'entre eux 48 h plus tard. La répétabilité de ces tests se situe entre 0,77 et 0,95. La concordance entre eux est faible, de $-0,34$ à $-0,66$: ils explorent sans doute différents aspects du SFP.

–Crossley K., Bennell K.L., Cowan S.M., Green S.M.—**Analysis of outcome measures for persons with patellofemoral pain: which are reliable and valid ?** *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 85, 5, 815-822, 2004.

Evaluation rétrospective de mesures utilisées dans l'appréciation des traitements du SFP sur une cohorte de 71 sujets dont 20 pour une appréciation de la fiabilité : Echelle analogique visuelle (VAS) pour la douleur, VAS-U pour la douleur habituelle, VAS-W pour la douleur la pire, VAS-Activité pour celle correspondant à 6 activités aggravantes (marcher, courir, s'accroupir, s'asseoir, monter et descendre un escalier) ; FIQ, Index du questionnaire fonctionnel ; AKPS échelle de douleur antérieure du genou ; et le score global des modifications. La fiabilité coefficient intraclasse du test-retest est cotée de *pauvre* ($r=0,49$) à *bon*, ($r=0,83$).

La médiane du score global du changement différencie significativement les sujets améliorés des non améliorés pour chacun des items. Les effets "dimension" pour VAS-U ($r=0,79$), VAS-W ($r=0,88$), AKPS ($r=0,98$) indiquent une meilleure réponse que pour FIQ ($r=0,37$) et VAS-A ($r=0,66$). AKPS et VAS-W apparaissent comme les meilleures mesures de l'efficacité du traitement lorsqu'on les compare avec une mesure de référence, VAS-U, à qui est attribuée la valeur 1. La différence minimale que patients et cliniciens considèrent comme importante pour AKP-S est 10 (pour 100 graduations) et pour VAS 2 cm (pour une échelle de 10cm).

AKPS et VAS sont à recommander pour les études cliniques de SFP.

–Watson C.J., Propps M., Ratner J., Zeigler D.L., Horton P., Smith S.S.—**Reliability and responsiveness of the lower extremity functional scale and the anterior knee pain scale in patients with anterior knee pain.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 35, 3, 136-46, 2005.

Comparaison de deux questionnaires [AKPS et LEFS], d'une part en test- re-test chez des adultes se plaignant d'une douleur antérieure du genou avant traitement et 2 ou 3 jours plus tard, d'autre part dans leur concordance avec les appréciations d'une cotation globale effectuée par leur thérapeute après traitement. 30 sujets consultant dans 4 cliniques de traitements physiques. La reproductibilité est excellente pour les deux questionnaires [0,95 pour AKPS, 0,98 pour LEFS] ce dernier semblant aussi plus représentatif [0,77 contre 0,69] de l'opinion du thérapeute.

-Ornetti P., Perruccio A.V., Roos E.M., Lohmander L.S., Davis A.M., Maillefert J.F.—**Psychometric properties of the French translation of the reduced KOOS and HOOS (KOOS-PS and HOOS-PS).** *Osteoarthr. Cart.*, **17**, 12, 1604-1608, 2009

Pour évaluer les propriétés psychométriques (PS), en particulier la crédibilité, la fidélité, la validité de structure et la sensibilité de la version française des questionnaires KOOS et HOOS, tous les patients consultant en externe pour la première fois un département de rhumatologie ont, dans un premier temps, été priés de compléter un questionnaire du *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)* ou du *Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS)* et du *OsteoArthritis Knee and Hip Quality of Life Questionnaire (OAKHQOL)*. Il leur a été remis un second questionnaire à compléter et à retourner par la poste deux semaines plus tard. La crédibilité a été établie en calculant le pourcentage d'items omis et les effets plancher et plafond. La fidélité test/retest a été évaluée par le coefficient de corrélation intra classes (ICC). La validité de structure convergente/divergente a été déterminée en comparant les résultats des trois questionnaires par le test de rang de Spearman. La sensibilité a été évaluée en utilisant les données obtenues dans d'autres ostéoarthrites avant et un mois après une injection intra-articulaire d'acide hyaluronique en utilisant la réponse moyenne standardisée (SRM) et l'effet taille (ES).

Ont été inclus 87 patients "genou" et 50 "hanche". Les scores KOOS et HOOS ont été obtenus pour tous sans omission d'item et sans aucun effet plafond ni plancher. Le coefficient ICC du KOOS-PS est à 0,861 (de 0,763 à 0,921) et celui du HOOS-PS à 0,859 (de 0,725 à 0,929). Une corrélation forte ou modérée a été observée, comme attendu, entre KOOS-PS, HOOS-PS et les domaines d'activité physique, de douleur et de santé mentale d'OAKHQOL. Une corrélation faible, comme attendu, est observée entre KOOS-PS, HOOS-PS et les autres domaines d'OAKHQOL sauf une modeste corrélation entre KOOS-PS et la fonction sociale. La sensibilité se situe pour SRM à 0,80 et pour ES à 1,10 pour KOOS-PS et 0,51 et 0,62 pour HOOS-PS. La version française du KOOS-PS, HOOS-PS est crédible, fidèle et sensible pour dépister les incapacités fonctionnelles des sujets avec ostéoarthrite du genou et de la hanche.

-Yeung T., Wessel J., Stratford P.W., MacDermid J.C.—**Reliability, Validity and Responsiveness of the Lower Extremity Fonctionnal Scale for Impatients of an Orthopædic Rehabilitation Ward.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **39**, 6, 468-477, 2009

Suivi longitudinal pour évaluer la fiabilité, la validité et la sensibilité de l'auto-questionnaire, LEFS par 142 pensionnaires hospitalisés pour réhabilitation orthopédique. Sa validité, acceptable pour estimer la mobilité de patients non hospitalisés, n'avait pas été testée à l'hôpital. Le LEFS comporte 20 items ; il a été rempli à l'admission, 7 et 10 jours plus tard et à la sortie. Sa fiabilité a été appréciée chez 24 sujets en répétant le test le lendemain de l'admission : corrélation intra-classe (ICC) et erreur standard de la mesure (SEM). Les variations du LEFS (y compris sa moyenne standard, SRM) ont été comparées aux appréciations d'amélioration par les sujets et les soignants et celles de scores incluant douleur, performances fonctionnelles et index composites créés pour ces comparaisons.

La corrélation intra-classe s'établit à 0,88 ; l'erreur standard SEM à 4 points de l'échelle (0-80). Les modifications du LEFS sont corrélées à celles des mesures comparatives et vont dans le même sens. Le LEFS des sujets considérés comme améliorés par eux-mêmes et par leurs soignants varie plus que celui des sujets qui ne sont pas améliorés. La variation moyenne

(SRM) du LEFS de l'admission à la sortie est de 1,76 chez les sujets considérés comme améliorés. Le LEFS peut être considéré comme fiable et valide pour évaluer l'évolution des groupes et des individus.

PHYSIOPATHOLOGIE

PHYSIOPATHOLOGIE BIOMÉCANIQUE

La dénomination même du syndrome fémoro-patellaire a naturellement focalisé la plupart des recherches sur les facteurs qui le conditionnent autour de l'articulation du genou. Nombre d'entre elles ont précisé les rapports existant entre les deux surfaces articulaires condyle fémoral et rotule chez les sujets supposés normaux. Les premières ont abordé la mécanique articulaire proprement dite qui, sur cadavre, permet des examens et des manipulations sans restriction. Les techniques récentes d'imagerie médicale ont renouvelé l'intérêt de ces recherches : répartition physiologique du cartilage rotulien et ses déformations en fonction de l'angle de flexion du genou et de la charge qu'il supporte (Gorniak, 2009 ; Guterl et al., 2009).

BIOMÉCANIQUE SANS SFP

Biomécanique sans SFP

-Sur cadavres

-Huberti H.H., Hayes W.C.—**Patellofemoral contact pressures. The influence of Q-angle and tendofemoral contact.** *J. Bone Joint Surg. Am.*, **66**, 5, 715-24, 1984.

Mesure sur 12 cadavres par un film sensible de la pression fémoro-patellaire en fonction de quatre moments de flexion (correspondant à 1/3 des valeurs publiées de la contraction isométrique volontaire du quadriceps) obtenus par un dispositif fixe pour trois angulations latérales (angle Q² physiologique, +10° et -10°) et cinq angles de flexion. Répartition remarquablement uniforme des pressions ($\pm 0,25$ MPa), comparables sur les faces latérales et médiales de la rotule, maximales pour une angulation de 90°, ce qui équivaldrait sur le sujet vivant à 6,5 fois le poids du corps (Cf. infra *Besier et al.*, 2005). À 120° de flexion, le tendon fémoral supporte un tiers des pressions sur la rotule.

-Lee T.Q., Anzel S.H., Bennett K.A., Pang D., Kim W.C.—**The influence of fixed rotational deformities of the femur on the patellofemoral contact pressures in human cadaver knees.** *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 302, 69-74, 1994.

Étude sur cadavre des pressions de contact fémoro-patellaire en fonction de torsions fixes du fémur. L'augmentation de la pression de contact n'est pas proportionnelle à l'importance de la rotation : la rotation externe augmente la pression de la facette médiale, l'interne de la facette latérale. Pour une tension isométrique initiale du tendon du quadriceps de 200 N, le pic de tension des facettes médiale et latérale est comparable pour des flexions du genou de 30°, 60° 90° et 120°. Une augmentation minime de la tension du quadriceps et de la pression de contact de la facette controlatérale est notée pour une flexion de 20°. Cependant à 30° une rotation interne ou externe du fémur augmente la tension du quadriceps et de la facette latérale controlatérale. Les plus grandes augmentations de pression pour des rotations externes ou internes du fémur ont été observées pour des flexions de genou de 30° et 60°. La rotation externe du fémur s'accompagne d'une augmentation de pression de contact fémoro-patellaire de la facette médiale significativement supérieure à celle de la rotation interne pour tous les angles de flexion du genou.

² Angle formé par l'axe du fémur et celui du tibia

-Hintermann B., Nigg B.M, Cole G.K—**Influence of selective arthrodesis on the movement transfer between calcaneus and tibia in vitro.** *Clin. Biomech.*, 9, 356-361, 1994

Essai de quantifier les modifications de transfert de mouvement du calcanéum au tibia et vice-versa après blocage sélectif (arthrodèses) des articulations cheville, subtalaire et talo-calcaneéo-naviculaire sous différentes conditions de flexion et de charge. Sur six ensembles pied-jambe de cadavres frais le transfert des mouvements de rotation entre calcanéum et tibia existe dans toutes ces arthrodèses. Celui de l'articulation subtalaire, réputée cruciale pour le transfert des mouvements de rotation de la cheville, diminue le transfert de mouvement de l'inversion calcanéenne à la rotation externe du tibia d'environ 71,8% et, vice-versa, de celui de la rotation externe du tibia à l'inversion calcanéenne d'environ 35,8%. Cependant le transfert de mouvement n'est pas modifié pour éversion calcanéenne et rotation tibiale interne. La cheville, en tant qu'articulation talo-crurale, possède plus d'un degré de liberté puisque des transferts de mouvement existent lorsque l'articulation subtalaire est bloquée. D'autres structures, les ligaments en particulier, jouent un rôle dans le transfert de mouvement. (Cf. Eslami *et al.*, 2007 ; Cornwall & McPoil, 2009, *Biomécanique avec SFP*).

-Powers C.M., Lilley J.C., Lee T.Q.—**The effects of axial and multi-plane loading of the extensor mechanism on the patellofemoral joint.** *Clin. Biomech.* (Bristol, Avon)., 13, 8, 616-624, 1998.

Comparaison sur cadavre de l'effet d'une charge soit axiale, soit multi-plans. Mouvements (mesure du déplacement d'un aimant) pression et surfaces d'appui (film sensible) de la rotule sur les genoux de 6 cadavres sous deux conditions de charge : 1) axiale, le muscle droit antérieur chargé dans l'axe, 2) multi-plans, les faisceaux du quadriceps chargés chacun dans l'axe de ses fibres dans les plans à la fois frontal et sagittal. Le genou est installé dans le gabarit habituel, les forces des muscles étant simulées par un système de poids et de poulies. Les données ont été recueillies en flexion du genou de 0,1, 5, 30, 60,75 et 90 degrés. La charge multi-plan des Vastes entraîne une pression de contact significativement supérieure à la charge axiale à 0° et significativement moindre à 90° de flexion. De plus, la charge multi-plan provoque une rotation latérale de la rotule de 0 à 75° de flexion et un glissement latéral plus important à 30°. La flexion la plus importante de la rotule s'observe en charge axiale. Ces données remettent en question, avec leurs conséquences théoriques, physiopathologiques et thérapeutiques, les conclusions traditionnelles en charge axiale qui, par rapport à la charge multi plan, sous-estiment la pression de contact à 0°, surestiment celle à 90° et négligent les effets cinétiques de la charge des vastes.

-Gorniak G.C.—**Patterns of patellofemoral articular cartilage wear in cadavers.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 39, 9, 675-683, 2009

Examen de 50 cartilages de rotules et des condyles fémoraux correspondant de 26 cadavres. Les localisations des cartilages sont répertoriées sur un gabarit en grille. Trois conformations de rotule et deux de fémur traduisent la disposition de 12 zones sur la rotule et de trois sur le fémur. Le cartilage rotulien se situe horizontalement sur son milieu avec une facette médiale et une excentrée. Le cartilage fémoral se situe sur les faces antérieure et postérieure du condyle médial et sur la face postérieure du condyle latéral. Les fréquences du cartilage rotulien et fémoral sont identiques des deux côtés, mais le cartilage rotulien peut être différent suivant le sexe. La zone cartilagineuse de la rotule répartit normalement ses contacts avec celle du fémur entre 45° et 90° de flexion du genou. La répartition et le traitement fémoro-patellaire peuvent varier avec l'âge à cause des modifications mécaniques du cartilage.

-Guterl C.C., Gardner T.R., Rajan V., Ahmad C.S., Hung C.T., Ateshian G.A.—**Two dimensional strain fields on the cross sections of the human patellofemoral joint under physiological loading.** *J. Biom.*, 42, 9, 1275-1281, 2009

Évaluation expérimentale de la distribution en deux dimensions des déformations du cartilage sur une section transversale de l'articulation fémoro-patellaire soumise à une charge de forme et d'amplitude physiologiques. Les parts médiales de six articulations humaines sectionnées le long de leur plan sagittal médian ont été soumises à une charge équivalente à deux poids du corps sur l'articulation entière ; les mesures des déformations sont réalisées sur les corrélations des images numérisées toutes les 0,5 secondes. Les structures des déformations perpendiculaires tangentes à la surface articulaire et des cisaillements dans le plan de la section transversale de l'articulation sont cohérentes alors que la variabilité des déformations perpendiculaires à la surface articulaire peut être attribuée aux particularités individuelles du matériau des couches en profondeur de l'articulation. Les principales élévations de tension et de compression de ces déformations sont observées près de la surface articulaire vers le centre de la région de contact avec des zones de compression augmentée à l'interface os/cartilage. Avec une charge de contact de l'ordre de 3,3 MPa, le pic de compression perpendiculaire pour la rotule et le fémur se situe respectivement à $-0,158 \pm -0,072$ mm et $-0,118 \pm -0,051$ mm, valeurs significativement supérieures à celles des modifications de l'épaisseur du cartilage, $-0,090 \pm -0,030$ et $-0,072 \pm 0,038$ mm ($p < 0,005$).

Biomécanique sans SFP

-fonctionnelle

Les recherches sur cadavre permettent de montrer directement que certaines contraintes sur l'articulation entraînent des modifications des cartilages articulaires. Rien, dans cette approche, ne permet de dire si elles en sont exclusives, transitoires, réversibles à la disparition des contraintes ou non. En conditions cliniques, évaluer les conséquences du jeu des pressions doit faire appel à des témoins indirects dont le choix résulte d'hypothèses biomécaniques (Cf. Lefebvre et al., 2006). Les déterminer chez des volontaires sains établit, de fait, une référence physiologique qui permettra les comparaisons avec les sujets en SFP. Les critères pris en compte vont d'images radiologiques ou de scanner à des marqueurs anatomiques (angle Q) en passant par des appréciations de la stabilité de positions références du genou. On peut en rapprocher les conséquences observées après chirurgie du genou ou arthroscopie et dans l'arthrose (Wilson et al., 2009).

Cette approche concerne au premier chef les forces résultant du jeu des rapports des segments du membre inférieur, jambe, arrière-pied dans leurs différentes situations de flexion-extension, rotation (par exemple, Bellchamber & Van den Bogert, 2000), conditions anatomiques (hauteur de l'arc longitudinal du pied – Mc Poil et al., 2009) au repos, à la marche (Cornwall & Mc Poil, 2009) et à la course (Stacoff et al., 2000) que mettent aussi en jeu les contractions du quadriceps. Les difficultés de ce type de recherche sont mises en évidence par les remarques critiques de Tiberio (2000) qui semblent avoir obtenu une large audience. Mason et al. (2008) proposent de résumer ces facteurs à deux types des forces mises en jeu : cinématique in vivo et forces de réaction au sol.

-Van Kampen A., Huiskes R. — The three-dimensional tracking pattern of the human patella. *J. Orthop. Res.*, 8, 3, 372-382, 1990.

Étude 3D stéréo radiologique de la situation de la rotule et du tibia (en translation et rotation) par rapport au fémur dans trois situations du genou humain en décharge : en position neutre, en rotation spontanée, en rotation imposée. La course de la rotule est complexe mais cohérente avec le schéma des déplacements relatifs pendant la flexion, flexion rotation, rotation médiale, translations. Ces schémas sont particulièrement modifiés par la rotation tibiale accompagnant la flexion.

-Lee T.Q., Morris G., Csintalan R.P. — The influence of tibial and femoral rotation on patellofemoral contact area and pressure. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 33, 11, 686-693,

2003. —Revue. —

L'anatomie et la biomécanique expliquent l'influence que manifeste la rotation imposée du fémur ou du tibia sur les zones de contact et les pressions de l'articulation fémoro-patellaire : la rotation fémorale augmente les pressions sur les facettes controlatérales de la rotule, la rotation tibiale sur ses facettes ipsilatérales. Dans les deux cas, l'insertion distale de la rotule sur la tubérosité tibiale influence la direction du mouvement de la rotule. Cette revue d'évidences biomécaniques conclut que les facteurs du SFP tiennent à des anomalies de l'articulation qui, à partir de multiples données expérimentales, ont donné lieu à de nombreuses théories. Aucun facteur ne peut, à lui seul, induire cette pathologie.

-Besier T.F., Draper C.E., Gold G.E., Beaupre G.S., Delp L.S.—**Patellofemoral joint contact area increases with knee flexion and weight-bearing.** *J. Orthopaed. Res.*, 23, 345-350, 2005.

Recherche de la surface de contact du cartilage de l'articulation chez des sujets sains pour obtenir une référence en vue d'éventuelles études chez les SFP. Seize sujets, 8 hommes et 8 femmes sans douleur, genou en charge, debout ou accroupi, penchés en arrière de 25°, genou à l'aplomb (0°) ou fléchi à 30° ou 60°. Un support arrière spécialement construit permet de faire un examen scanner sans artefact de mouvement en condition de charge (0,45 du poids corporel sur chaque jambe) ou réduite (moins 0,15% du poids corporel) dans les trois positions du genou. En situation de moindre charge, la surface moyenne de contact du cartilage est, pour les hommes respectivement de 210, 414 et 520 mm² pour une flexion de 0°, 30°, 60° et pour les femmes identique à celle des hommes à 0° mais significativement (p<0,01) réduite : 269 et 396 mm² à 30° et 60°. Lorsque ces valeurs sont normalisées en fonction de la taille de la rotule (hauteur et largeur) ces différences en fonction du sexe disparaissent. En condition de charge du poids corporel les surfaces de contact augmentent de 24% (p<0,05).

-Mason J.J., Leszko F., Johnson T., Komistek R.D.—**Patellofemoral joint forces.** *J. Biom.*, 41, 11, 2337-2348, 2008

Revue des données de la littérature sur les forces mises en jeu dans l'articulation rotule/fémur dans la perspective d'implants. Il existe deux méthodes d'étude des charges articulaires à partir desquelles sont faites les analyses : la première mesure la cinématique in vivo; la seconde mesure les forces de réaction au sol. Les analyses des deux méthodes utilisent des suppositions dont le degré d'incertitude est variable ; elles sont ici examinées avec les données disponibles dans la littérature. Les thèmes retenus concernent : les relations entre les forces du quadriceps, de l'articulation fémoro-patellaire et du ligament patellaire, les moments de l'articulation (genou) et les forces mises en jeu par le quadriceps, les moments de l'articulation dans différentes formes de marche, les relations entre les forces fémoro-patellaires et les force de subluxation et les relations entre les forces rotuliennes et les forces ascendantes-descendantes. Les données sur les forces mises en jeu sur la rotule sont souvent pauvres en activité normale et divergentes dans l'accroupissement.

-Gregersen C.S., Hull M.L., Hakansson N.A.—**How changing the inversion/eversion foot angle affects the nondriving intersegmental knee moments and the relative activation of the vastii muscles in cycling.** *J. Biomech. Eng.*, 128, 3, 391-398, 2006.

Les composants du moment du genou, varus/valgus, position interne/externe de l'axe, sont tenus pour responsables des atteintes du genou du cycliste, telles que le SFP, dépendant des déséquilibres musculaires Cette étude vise, en manipulant la situation inversée/éversée du pied, d'en examiner les conséquences sur 1) le rapport varus/valgus du genou, 2) le moment axial du genou, 3) la modification des rapports temporels de contraction des muscles Vaste médian (VMO) et Vaste latéral (VL) [Cf. le paragraphe *Physiopathologie fonctionnelle, Dysfonctions musculaires, Implication du quadriceps*] et du Fascia Lata (TFL) que

provoquent ces deux facteurs (1 et 2) conséquents. Le protocole mesure la charge sur les pédales de cycle et filme le membre inférieur chez 15 cyclistes qui pédalent avec, dans un ordre tiré au sort, une de cinq positions du pied : soit neutre (0°), soit inversée ou éversée de 5° et 10°. Un modèle mathématique préalablement établi permet de calculer les moments spontanés inter- segmentaires du genou au cours du cycle de pédalage ; les cycles des contractions musculaires sont mesurés par électromyographie à partir d'électrodes de surface et les activations calculées. En moyenne, une position éversée de 10° diminue le moment du pic de varus de 55% et le pic du moment axial interne de 53% pendant le «coup de pédale», moment du cycle où le genou est en extension. Le rapport d'activation VMO/VL augmente significativement, et l'activation de TFL diminue significativement, à l'instant où le moment du varus diminue (analyse de corrélation). Aussi bien pour le rapport d'activation VMO/VL que pour l'activation de TFL, le moment varus/valgus est très significativement corrélé au moment axial ; la corrélation entre les activations musculaires et le moment varus dépend initialement plus du moment du varus/valgus du genou que de son moment axial. Placer le pied en éversion semble ainsi devoir permettre aux cyclistes de prévenir ou d'améliorer leurs douleurs antérieures de genou.

-Farrokhi S., Pollard C.D., Souza R., Chen Y.J., Reischl S., Powers C.M.—**Trunk position influences the kinematics, kinetics and muscle activity of the lead lower extremity during the forward lung exercise.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **38**, 7, 403-409, 2008

Observation de l'influence des mouvements du tronc sur la cinétique et l'activité des muscles de l'aplomb du membre inférieur au cours d'un exercice de chute en avant. Cinq hommes et cinq femmes (26,7 ± 3,2 ans) exécutent chacun trois exercices de chute avec le tronc vertical, penché en avant ou en arrière. Une analyse de variance à une voie compare la cinématique du membre inférieur, l'impulsion articulaire (la surface sous la courbe, moment/temps) et l'EMG normalisé (fenêtre d'une seconde de l'activité maximale pour les muscles sélectionnés du membre inférieur) dans les trois conditions de position de tronc.

Le tronc en rétroposition et, par rapport à la position verticale, le pic de flexion de la hanche augmentent significativement de même que l'impulsion des extenseurs de la hanche et celle des fléchisseurs du pied sur la cheville, ainsi que les EMG du grand fessier et du biceps fémoral (p<0,015). Le tronc penché en avant, le pic de dorsiflexion de la cheville augmente significativement comme diminue le pic de flexion de la hanche (p<0,015).

-Oshimo T.A., Greene T.A., Jensen G.M., Lopopolo R.B.—**The effect of varied hip angles on the generation of internal tibial rotary torque.** *Med. Sci. Sports Exerc.*, **15**, 6, 529-534, 1983.

Puisque la majorité des muscles rotateurs internes du tibia franchissent deux articulations, genou et hanche, et que la flexion du genou à 90° est la meilleure pour obtenir cette rotation, ce travail a recherché l'influence de quatre flexions de hanche, 120°, 90°, 45° et 10°, imposées, genou fléchi à 90°, à 20 hommes et 20 femmes. La torsion interne maximale moyenne a été enregistrée par un dynamomètre isocinétique (Cybex II) modifié. Les sujets utilisent une chaussure orthopédique sur mesure pour limiter les mouvements de l'articulation subtalienne. 60% des hommes et 65% des femmes manifestent une valeur absolue de torsion maximale pour une flexion de hanche de 120°. La différence la plus importante entre les valeurs moyennes des flexions de hanche qui provoquent cette torsion maximale, se situe entre 120° et 10° (p<0,001) pour les hommes comme pour les femmes ; les hommes révèlent aussi une différence significative (p<0,05) entre les flexions de hanche d'une part de 120 et 45° et, d'autre part, de 90° et 10°. Il semble intéressant de pratiquer les exercices de rééducation qui recherchent une torsion maximale du tibia, hanche fléchie à 120°. (Cf. Bullock-Saxton et al., 2001 et Pickard et al., 2003).

-Coplan J.A.—**Rotational motion of the knee : a comparison of normal and pronating**

subjects. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **10**, 9, 366-369, 1989.

Une pronation excessive de l'articulation subtaliennne est fréquente dans la population américaine ; elle entraîne une rotation interne du tibia créant une tension sur l'articulation du genou. Le mouvement de rotation passive du tibia sur toute son étendue a été mesuré avec un dynamomètre y (Cybex II R), genou fléchi à 90°, 15° et 5°, chez 15 sujets normaux et 15 en pronation subtaliennne excessive. La rotation tibiale est significativement plus importante chez les sujets pronateurs excessifs que chez les témoins, en flexion du genou à 5°.

-Novick A., Kelley D.L.—**Position and Movement Changes of the Foot with Orthotic Intervention during the Loading Response of Gait.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **11**, 7, 301-312, 1990.

Analyse des modifications par des orthèses des paramètres de la cinématique du pied à la position quasi statique de charge de la marche, lorsque les mouvements angulaires et la position du calcanéum atteignent leur valeur de pointe (pic). Vingt volontaires chez lesquels sont apparus au moins 5 éversons calcanéennes en position statique ont subi un examen musculo-squelettique du membre inférieur à partir duquel ont été fabriquées leurs orthèses. Données avec et sans orthèse obtenues par un système Vicon et une plate-forme de force, analysées par MANOVA. Apparaissent comme modifiés significativement : 1) les angles maximum et d'éversion maximale du calcanéum ; 2) le mouvement global de l'arrière pied ; 3) la hauteur du point central de la cheville au pic des deux angles calcanéens ; 4) la hauteur minimale du centre de la cheville ; 5) le bras de levier médio-latéral du point d'application de la force de réaction au sol au pic des angles du calcanéum ; 6) le moment d'éversion maximale due à la réaction au sol ; 7) la rapidité de l'éversion angulaire du calcanéum ; 8) l'accélération du pic d'éversion calcanéen et du varus du tibia.

-Nachbauer W., Nigg B.M.—**Effects of arch height of the foot on ground reaction forces in running.** *Med. Sci. Sports Exerc.*, **24**, 11, 1264-1269, 1992.

Recherche d'une relation entre la hauteur de l'arc longitudinal du pied et les forces de réaction au sol pendant une course. Mesure de la hauteur statique de l'arc médial par un compas, de son affaissement pendant la course par l'analyse d'une vidéo et des forces de réaction au sol par une plateforme de force (Kistler). Les 34 sujets de l'étude ont été divisés en trois groupes de hauteur d'arche et trois d'affaissement ; comparaison des groupes par une analyse de variance à un facteur. Il n'apparaît pas de relation significative entre hauteur d'arc et affaissement. Cependant le pic initial de force médiale se situe significativement plus tard dans le groupe d'arcs bas que dans ceux d'arcs normaux et hauts ; le pic de force antérieur est plus bas dans le groupe d'affaissement faible que dans ceux d'affaissement moyen et important ($p < 0,05$). Aucune des hauteurs de l'arc ne rend compte de la variabilité observée dans les forces de réaction au sol pendant la course : plus précisément la force du choc ne diffère d'un groupe à l'autre ni pour les hauteurs d'arc ni pour leur affaissement.

-Nigg B.M., Cole G.K., Nachbauer W.—**Effects of arch height of the foot on angular motion of the lower extremities in running.** *J. Biomech.*, **26**, 8, 909-916, 1993.

Recherche d'une possible relation entre la hauteur de l'arc longitudinal médial du pied et les désordres de l'extrémité inférieure des sportifs. Mesure chez 30 sujets de la cinématique de l'extrémité inférieure pendant une course, par une caméra vidéo à grande vitesse. Un système de coordonnées articulaires permet de calculer l'orientation en 3D des éléments articulaires de la cheville pour une seule étape du mouvement. L'analyse en régression linéaire simple montre que la hauteur de l'arc médial n'influence ni le pic de valgus ni la rotation interne de la jambe pendant la course. Cependant, en estimant que la douleur du genou peut dépendre d'un transfert du valgus du pied à la rotation interne du tibia, une relation fonctionnelle entre la hauteur de l'arc médial et les désordres de l'extrémité inférieure peut exister en ceci qu'on observe un transfert significativement plus important du valgus du pied à la rotation interne

du tibia lorsque la hauteur de l'arc médial augmente. Un taux conséquent (27%) mais partiel entre sujets de cette variation du transfert de mouvement peut être rapporté à la hauteur de l'arc médial ; il indique qu'elle ne constitue que l'un des facteurs contribuant au couplage cinématique de l'articulation de la cheville ; ce transfert ne représente que l'un des nombreux facteurs participant à l'étiologie des douleurs de genou des coureurs.

-Mc Poil T.G., Cornwall M.W., Medoff L., Vicenzino B., Forsberg K., Hilz D.—**Arch height change during sit-to-stand: an alternative for the navicular drop test.** *J. Foot Ankle Res.*, **2**, 28, 1-9, 2009.

Recherche de la fiabilité et de la validité d'une nouvelle méthode d'évaluation de la mobilité du pied à partir, sur image numérique, de la différence de hauteur de l'arc longitudinal du pied à mi-pied (50% de sa longueur) au passage assis à debout : 275 sujets, photographie numérique de chaque individu debout, son poids également réparti sur chaque pied, et assis pour une image sans charge. La différence moyenne de la hauteur de l'arc est de 10mm ; fiabilité et validité inter et intra mesures numériques vont de bonne à haute, à la différence du test clinique de la chute du scaphoïde (*Navicular drop test*) dont la fidélité inter-mesures est faible.

-Lafortune M.A., Cavanagh P.R., Sommer H.J. 3rd, Kalenak A.—**Foot inversion-eversion and knee kinematics during walking.** *J. Orthop. Res.*, **12**, 3, 412-420, 1994.

Des broches de traction de Steinman ont été fixées dans le tibia et le fémur droits de 5 hommes apparemment normaux. Des cibles à leurs extrémités ont été filmées par quatre caméras à 4 images/s. Deux enregistrements par sujet avec chaussure de course qui créent trois conditions : soit normale, soit avec valgus de 10°, soit avec varus de 10°. Peu de changements de la cinétique du genou pendant la phase d'appui de la marche (moins de 1° pour l'angle tibio-fémoral ; 2 mm de translation). Juste après l'appui du talon, le tibia se positionne de 4° plus internes avec les chaussures en valgus qu'avec celles en varus mais sans que l'angulation tibio-fémorale soit modifiée. Chez un sujet sain la rotation externe ou interne, du tibia serait compensée au niveau de la hanche avec des modifications au niveau du genou tout juste détectables par les techniques ici utilisées.

-McPoil T.G., Cornwall M.W.—**Relationship between three static angles of the rearfoot and the pattern of rearfoot motion during walking.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **23**, 6, 370-375, 1996

Examen des rapports entre d'une part l'angle de l'arrière pied en station monopodale, en station debout détendu et la position neutre de l'articulation subtalienne et de l'autre l'organisation du mouvement de l'arrière pied pendant la marche. Ce mouvement est examiné par un enregistrement vidéo en deux dimensions de l'extrémité inférieure de 31 sujets en bonne santé (âge moyen 25,2 ans). Pendant la marche, le mouvement moyen de l'arrière pied croise la position du pied en posture détendue mais non celle de la station monopodale ni celle de la position neutre subtalienne. La position moyenne de l'arrière pied pendant les premiers 60% du cycle de marche se déroulerait entre l'angle de station debout détendu et celui de la station monopodale. Cette dernière peut servir au clinicien comme indicateur du valgus maximum de l'arrière pied au cours du cycle de la marche.

-Cavanagh P.R., Morag E., Boulton A.J., Young M.J., Deffner K.T., Pammer S.E.—**The relationship of static foot structure to dynamic foot function.** *J. Biom.* **30**, 3, 243-250, 1997

Objectivation de la structure du pied par des radiographies (face et profil, en charge, 27 critères) en vue d'établir une relation entre cette structure et la fonction de marche. Etude par régression multiple de la distribution régionale des pressions du même pied chez 50 adultes sains pour voir 1) quelle fraction de leur variance pendant la marche peut être expliquée par

ces mesures radiographiques ; 2) identifier les caractères structuraux du pied prédisent significativement le pic de pression sous le talon et la tête du premier métacarpien. Bien que la plupart des radiographies soient certainement fiables, les mesures radiographiques traitées en variables indépendantes n'expliquent que 31% et 38% de la variance du pic de pression plantaire sous le talon et la première tête. Les meilleurs prédicteurs identifiés de ces critères sont l'épaisseur des tissus mous (soit la hauteur du calcanéum et du sésamoïde) et les mesures relatives à l'arche. En conclusion les pressions plantaires constituent la plus grande part la dynamique de la marche, les structures mises en évidence par la radiographie n'en représentant qu'environ 35%.

-Nawoczenski D.A., Saltzman C.L., Cook T.M.—**The effect of foot structure on the three-dimensional kinematic coupling behavior of the leg and rearfoot.** *Phys. Ther.*, **78**, 4, 404-416, 1998.

Examen radiologique de la structure du pied à la recherche des effets de semelles semi-rigides sur la cinématique du membre inférieur correspondant. Coureurs amateurs sélectionnés en fonction de la situation radiologique de leur arrière pied : 10 basses et 10 hautes. Données des rotations des segments du membre inférieur obtenues par un système de mesure des angles "à la Cardan" et analyse de leur rapport avec la structure de l'arrière pied après une importante course d'entraînement. Dans le groupe arrière pied bas, les rotations dominantes suggèrent que la combinaison des axes des articulations subtalaire et calcanéenne favorise un valgus et un varus du calcanéum et pour le groupe arrière pied haut, une rotation médiale et latérale du tibia. Ces différences entre les deux groupes se manifestent aussi pour leur degré de couplage, proportion du valgus et de varus transmis (ou couplé à) la rotation axiale du tibia. L'effet maximum des orthèses se manifeste dans la première moitié de l'appui et concerne les modifications de la rotation axiale du tibia.

-Reischl S.F., Powers C.M., Rao S., Perry J.—**Relationship between foot pronation and rotation of the tibia and femur during walking.** *Foot Ankle Int.*, **20**, 8, 513-520, 1999.

Analyse de la position du tibia et du fémur (6 caméras vidéo) en fonction du *timing* et de l'amplitude de la pronation maximale du pied au cours la marche à vitesse préférentielle de 30 sujets. *Timing* et amplitude de la pronation maximale du pied ne sont pas prédictifs du *timing* et de l'amplitude de la pronation maximale du tibia ni du fémur, ce qui contredit certaines hypothèses cliniques du SFP bien que méritant d'être examinés sujet par sujet. (Cf., ci-après le commentaire de David Tiberio, 2000 ; Voir aussi *Thijs*, 2008).

-Tiberio D.—**Letter to the Editor.** *Foot Ankle Int.*, **21**, 12, 1057-1060, 2000.

Discussion de l'interprétation des résultats. La méthode d'analyse de régression n'est pas utilisable dans la mesure où d'une part, la succession des étapes des articulations du pied et leur valeur angulaire dépendent des modèles de rigidité entre avant-, medio- et arrière pied et de la mesure des angles de ces mouvements en deux ou trois dimensions, d'autre part de la prise en compte des mouvements transverses de la cheville et plus généralement de la succession des ajustements des rotations du tibia et du fémur à ceux du pied. L'ensemble de ces ajustements justifie la variabilité des comportements individuels (que tout le monde reconnaît mais contre-indique l'utilisation de la régression multiple) et les possibilités d'interprétation différente d'un cas particulier.

Powers et al. répondent sur les différences entre l'approche clinique par observation externe du pied et les analyses biomécaniques techniquement plus complexes et leur accord sur les variabilités individuelles, ajoutant aux complexités des interprétations les ajustements de la rotation du bassin à celle du fémur.

-Bellchamber T.L., van den Bogert A.J.—**Contributions of proximal and distal moments to axial tibial rotation during walking and running.** *J. Biomech.*, **33**, 11, 1397-1403, 2000.

Enregistrement cinématique et sur plate-forme de force de vingt sujets, dix courant et dix marchant. Calcul de la position de chaque segment et de la vitesse angulaire du tibia. À la marche la répartition des forces va, chez tous les sujets, du tibia au pied pendant la plus grande partie de la phase d'appui signifiant que le pied suit le corps ; l'usage d'orthèses pour limiter la douleur du genou associée à la rotation tibiale ne semble pas justifié. Pendant la course, la répartition des forces est aussi en majorité de proximale à distale mais avec un court instant de flux inverse. La variabilité entre les sujets est plus importante pendant la course, cinq des dix sujets manifestant un flux de distal à proximal, ce qui expliquerait les effets cliniques variables observés avec les orthèses.

-Perry S.D., Lafortune M.A.—**Influences of inversion/eversion of the foot upon impact loading during locomotion.** *Clin. Biomech.* (Bristol, Avon), **10**, 5, 253-257, 1995.

Empêcher (chez 10 sujets) la pronation normale du pied (avec une orthèse) augmente la charge supportée par le corps à la prise de contact avec le sol pendant la course, mais non la marche, charge mesurée par la force de réaction au sol et l'accélération tibiale ; l'exagérer ne la diminue pas.

-Cornwall M.W., McPoil T.G.—**The effect of foot orthotics on the initiation of plantar surface loading.** *Clin. Biomech.* **12**, 3, S4, 1997

Essai de classification des mouvements de l'arrière pied pour les comprendre chez le sujet normal et faciliter leur identification en cas d'anomalies. Enregistrement frontal par un système d'analyse électromagnétique chez 279 sujets asymptomatiques pendant une marche pieds nus. Identification de schèmes identiques par analyse visuelle et coefficient de corrélation multiple.

Quatre schémas distincts sont identifiés : 1) "éversion typique" chez 176 sujets (63,1%) ; 2) "éversion prolongée" chez 87 sujets (31,2%) ; 3) "éversion différée" chez neuf sujets (3,2%) et 4) "éversion tardive" chez quatre sujets (2,5%). Les schémas 1 et 2 représentent donc 94,3% des sujets asymptomatiques.

-Stacoff A., Reinschmidt C., Nigg B.M., van den Bogert A.J., Lundberg A., Denoth J., Stüssi E.—**Effects of foot orthoses on skeletal motion during running.** *Clin. Biomech.* (Bristol, Avon), **15**, 1, 54-64, 2000.

Broches (de Hofman) avec extrémité réfléchissante (comme *Lafortune et al., 1994*) insérées sous anesthésie locale dans le calcanéum et le tibia de cinq hommes en bonne santé. Analyse en trois dimension des rotations du tibia et des valgus du tibia, du calcanéum et des chaussures, en fonction de trois positions de l'orthèse, médiane, antérieure et postérieure. Les variations d'un individu à l'autre sont largement plus importantes ($p < 0,01$ et jusqu'à 10°) que celles observées en fonction de l'orthèse ($1-4^\circ$). Un effet n'apparaît pour l'ensemble des sujets ($p < 0,05$) que pour une rotation interne totale du tibia (Cf. *Nawoczinski et al., 1995*). Les effets des orthèses en phase d'appui pourraient être aussi bien mécaniques que proprioceptifs.

-Kernozek T.W., Greer N.L.—**Quadriceps angle and rearfoot motion: relationships in walking.** *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, **74**, 4, 407-410, 1993.

Recherche d'une relation entre l'angle Q et le mouvement de l'arrière pied droit sur les enregistrements frontaux par deux caméras vidéo, l'une derrière et l'autre devant 20 femmes marchant, pieds nus, 5 pas consécutifs sur un tapis déroulant au pas (1,5 mph). Critères de jugement : angle Q et angles de l'arrière pied calculés par le *Peak Performance Motion Measurement System* et moyennés sur les 5 pas de chaque sujet ; longueur de la jambe, largeur des hanches, arc longitudinal du pied (index). Valeurs moyenne obtenues : Pronation maximale (MPRO) $-7,88^\circ$; mouvement total de l'arrière pied (TRFM) $8,20^\circ$; angle statique de l'arrière pied en posture choisie (SRFCHOS) $-3,45^\circ$; angle statique de l'arrière pied en

posture calibrée (SRFCAL) $-2,40^\circ$; angle Q dynamique à la pose du talon (DQHS) $16,13^\circ$; angle Q dynamique à mi-pas ((DQMS) $16,00^\circ$; angle Q statique en position choisie (SQCHOS) $18,32^\circ$; angle Q statique en position calibrée (SQCAL) $17,42^\circ$; largeur des hanches (HWIDTH) 25,66 cm ; longueur des jambes (LLENGTH) 85,76 cm ; index de l'arc longitudinal du pied, $0,23 \text{ cm}^2$. Des corrélations ont été recherchées entre toutes ces variables (Pearson) ; celles entre l'angle Q, statique aussi bien que dynamique, avec les mouvements de l'arrière pied sont faibles.

-Khamis S., Yizhar Z.—**Effect of hyperpronation on pelvic alignment in a standing position** *Gait Posture*, **25**, 1, 127-134, 2007

Trente-cinq sujets en bonne santé sont restés debout 20 s, pieds sur le sol dans chacune des quatre situations podales : directement à plat ou sur des cales, inclinées de 10, 15 et 20 degrés, conçues de telle sorte qu'elles provoquent une hyperpronation. L'ordre de passage de ces situations est tiré au sort et la séquence est répétée quatre fois.

L'hyperpronation augmente significativement ($p < 0,001$ au test de Student apparié) la rotation interne de la jambe, la rotation interne de la hanche et l'antéversion pelvienne.

- Eslami M., Begon M., Farahpour N., Allad P.—**Forefoot-rearfoot coupling patterns and tibial internal rotation during stance phase of barefoot versus shod running.** *Clin. Biom.*, **22**, 1, 74-80, 2007

Analyse du couplage avant/arrière pied et de la rotation interne extrême du tibia pendant la course soit pieds nus soit chaussés pour explorer le modèle de la participation du pied à la rotation interne du tibia postulant une torsion de plaque et celui proposant un couplage en ongle. Seize garçons ont couru dix fois à 170 pas par minute pieds nus ou chaussés. Le couplage avant/arrière pied est évalué en mesurant la moyenne relative d'angle dans la durée de chacune des cinq phases de position de pieds par rapport à l'effet moyen de l'ensemble de ces cinq phases. Une ANOVA (seuil = $p < 0,05$) analyse ces données dans les deux conditions pieds nus et chaussés. La rotation interne du tibia est comparée (seuil $p < 0,05$ apparié) entre ces deux conditions au-delà des premiers 50% de la phase d'ensemble.

Le couplage adduction/abduction de l'avant pied et éversion/inversion de l'arrière pied diffèrent significativement entre les deux conditions et selon les intervalles. L'angle relatif moyen est significativement modifié à 37° dans la phase du choc du talon, pieds chaussés. Aucune différence n'est observée dans la rotation tibiale entre pieds chaussés et pieds nus. Aucune incidence significative du couplage avant/arrière pied n'apparaît sur la rotation du tibia; reste à étudier **The effect of foot structure on the three-dimensional kinematic coupling behavior of the leg and rearfoot** l'influence possible du type de chaussage et des orthèses.

-Cornwall M.W., McPoil T.G.—**Classification of frontal plane rearfoot motion pattern during the stance phase of walking.** *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.*, **99**, 5, 399-405, 2009

Recherche de l'influence de la densité des orthèses sur le début de l'appui de l'avant pied. Cinq hommes et cinq femmes volontaires (de 23 à 43 ans, moyenne 30,3 ans) sans aucun antécédent de déformation congénitale, hallux valgus, entorse, traumatisme ou douleur de l'extrémité inférieure au cours des 12 mois précédents. Deux paires d'orthose pour chacun. L'une de largeur moyenne, de shore 55-60, dite rigide, l'autre, de shore 30-35, dite molle ; elles sont placées sous l'avant et/ou l'arrière pied en fonction de l'examen clinique. Tous les sujets sont équipés des mêmes chaussures. Après une période d'adaptation, chaque sujet marche sur une piste de 12 m avec un capteur (Emed Pedar) embarqué ; chaque sujet effectue 10 trajets à sa propre vitesse. Un programme divise la surface antérieure du pied en trois zones, latérale, centrale et médiale pour laquelle et déterminé son temps de mise en charge par un coefficient de corrélation intraclasse de type 2,1. Les différences entre les trois zones

sont déterminées par une ANOVA répétitive à une voie et, si nécessaire, une analyse de Tukey. La signification est fixée à $p < 0,05$.

Les coefficients de corrélation de mise en charge de l'avant-pied dépassent 0,93. L'ANOVA montre que l'avant pied médial est mis en charge avec l'orthèse rigide significativement plus tard qu'avec la molle ou la chaussure seule ; ce retard entraîne une inversion de la séquence habituelle de mise en charge de l'avant pied pendant la marche. Des études antérieures avaient rapporté que 10 degrés environ du mouvement de l'avant pied apparaît indépendamment de la partie postérieure en réponse à la mise en charge au cours de la marche, Trois degrés supplémentaires apparaissent depuis la fin de la mise en charge jusqu'à mi-pas. Les données de ce travail montrent qu'une orthèse rigide empêche ce mouvement indépendant, normal, entre l'avant-pied et sa partie postérieure, retardant la mise en charge de l'avant pied médial. L'orthèse molle autorise le même schème de mise en charge de zone latérale à médiale que celui observé dans la marche en chaussure.

-Suter E., Lindsay D.—**Back muscle fatigability is associated with knee extensor inhibition in subjects with low back pain.** *Spine*, **26**, 16, E361-6, 2001

Recherche chez 25 golfeurs lombalgiques et 16 témoins d'une relation entre les capacités fonctionnelles des *erector spinae* (T12 et L4-L5) et du quadriceps. Les lombalgiques, dont l'endurance est diminuée, manifestent une plus forte inhibition musculaire du quadriceps indiquant que les extenseurs du genou ne peuvent arriver à leur pleine extension.

-Tracy B.L., Enoka R.M.—**Older adults are less steady during submaximal isometric contraction with the knee extensor muscles.** *J. Appl. Physiol.* **92**, 3, 1004-1012, 2002

Comparaison de la stabilité de contractions submaximales des muscles extenseurs du genou chez 20 sujets jeunes et 20 âgés : évaluation d'une contraction isométrique volontaire maximale (MVC), force maximale d'une répétition (I-RM) et stabilité au cours de contractions isométriques, centrant et excentrant, des muscles extenseurs du genou. La MCV des adultes âgés est plus faible de 33% et leur charge I-RM de 41% que celle des jeunes. Le coefficient de variation pour la force est significativement plus grand pour les âgés au cours de la contraction isométrique à 2%, 5% et 10% mais non à 50% de la MVC. La diminution de stabilité observée chez les hommes est, à la marge, plus importante que celle des femmes. La stabilité des contractions concentriques et excentriques est comparable chez les jeunes et les âgés pour 5%, 10% et 50% de la charge I-RM. Les sujets âgés coactivent plus que les jeunes leurs muscles antagonistes pendant les contractions submaximales isométriques et anisométriques. Ainsi, bien que la capacité à maintenir une force submaximale stable soit diminuée chez les sujets âgés, les variations angulaires du genou pendant les mouvements lents sont comparables pour les sujets âgés à celles des jeunes.

-Lefebvre R., Leroux A., Poumarat G., Galtier B., Guillot M., Vanneville G, Boucher J.P.—**Vastus medialis : anatomical and functional considerations and implications based upon human and cadaveric studies.** *J. Manipulative Physiol. Ther.*, **29**, 2, 139-144, 2006.

Les points moteurs superficiels du quadriceps de huit sujets sont repérés et stimulés électriquement pour obtenir une légère contraction. Un électromyogramme est ensuite enregistré sur deux de ces points au cours d'une extension maximale du genou isométrique et d'une isocinétique. Ces données cherchent à définir et à mesurer l'orientation des fibres qui le composent. Un laboratoire indépendant a disséqué sur cadavre 39 spécimens de quadriceps en s'attachant à définir l'orientation de ses fibres et leurs insertions distales.

Les stimulations ont mis en évidence 5 points moteurs : un pour le vaste latéral, un pour le droit de la cuisse (RF), et trois pour le vaste médial (VM) ; ces trois points suggèrent que VM comporte trois groupes de fibres : proximal (pf), médian (mf) et distal (df). L'orientation des fibres s'étage de 45° pour celles de pf à 55° pour celles de df. Les points moteurs aussi bien

que la dissection montrent nettement que les fibres de pf et de mf s'insèrent sur un tendon commun du droit de la cuisse alors que df s'attache directement à la partie médiale de la rotule. En outre, les fibres de pf sont plus actives ($p < 0,05$) que celles de df pendant les extensions maximales du genou.

Il est donc important de noter que le rôle de pf et de df ne sont pas équivalents : la contraction de pf pourrait compléter celle du droit alors que df pourrait tirer la rotule dans l'axe sans participer à la contraction. Ces deux faisceaux devraient être entraînés différemment dans les exercices de récupération des SFP.

Biomécanique sans SFP

- Après chirurgie

-Hofmann G.O., Hagena F.W.—**Pathomechanics of the femoropatellar joint following total knee arthroplasty.** *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 224, 251-259, 1987.

Discussion des conséquences sur la symptomatologie SFP des arthroplasties du genou.

-Suter E., Herzog W., Bray R.C.—**Quadriceps inhibition following arthroscopy in patients with anterior knee pain.** *Clin. Biomech.* (Bristol, Avon), 13, 4-5, 314-319, 1998

Effet d'une chirurgie par arthroscopie pour traumatisme du genou avec inhibition musculaire associée, qui compromet la rééducation. Mesure de l'inhibition musculaire en contraction isométrique par dynamomètre et par la réponse à une stimulation électrique du nerf fémoral (*twitch*) ; mesure de la douleur par une échelle analogique visuelle. Douleur et inhibition musculaire sont observées avant l'intervention sur la jambe concernée par rapport à la jambe opposée ; à 6 mois, la douleur est diminuée, mais la diminution de l'inhibition n'est pas significative. La force musculaire, est diminuée 6 semaines après versus ce qu'elle était avant l'intervention ; elle lui devient supérieure après 6 mois bien que moindre que celle des témoins.

Biomécanique sans SFP

-Dans l'arthrose du genou

Cf. Bennell et al., 2008, *Physiopathologie fonctionnelle, Dysfonctions musculaires.*

-Lynn S.K., Costigan P.A.—**Effect of foot rotation on knee kinetics and hamstring activation in older adults with and without signs of oosteoarthritis.** *Clin. Biom.*, 23, 6, 779-786, 2008

Analyse du rapport de la rotation externe/interne du pied au cours du déroulement du pas au comportement du genou dans l'arthrose. Comparaison, pendant la marche, chez 12 sujets avec arthrose du genou et 12 témoins appariés, par un système d'analyse en 3D, de la position normale des pieds et de leur rotation provoquée externe et interne. EMG des muscles axiaux et latéraux postérieurs de la cuisse; calcul à partir de ces données du taux médial/latéral de mise en jeu de ces muscles pendant la phase statique du pas. Des ANOVA répétitives ont comparé les conditions de rotation des pieds pour chaque groupe alors que la comparaison entre les deux groupes n'a fait appel qu'à la position normale du pied (test t).

Par rapport aux témoins, les arthrosiques présentent une augmentation d'adduction du genou de la phase statique tardive du pas et un moindre taux d'activation médial/latéral des muscles postérieurs de la cuisse. Une rotation externe du pied diminue l'adduction du genou de la phase statique tardive du pas, le cisaillement latéral/médial et le taux d'activation médial/latéral des muscles postérieurs de la cuisse, alors que la rotation interne du pied n'a pas ces conséquences. Ces données sont utilisables pour diminuer la charge sur le cartilage articulaire du genou.

-Lim B.W., Kemp G., Metcalf B., Wrigley T.V., Bennell K.L., Crossley K.M., Hinman R.S.—**The association of quadriceps strength with knee adduction moment in medial knee osteoarthritis.** *Arthr. Rheum. Arthr. C. Res.* **61**, 4, 451-458, 2009

Recherche d'une éventuelle relation entre la tension du quadriceps et le pic d'adduction de la rotule pendant la marche dans l'arthrose du genou et dans quelle mesure un varus influence cette relation. Données : force de contraction isométrique maximale du quadriceps, genou fléchi à 60°, rapportée à la masse corporelle ; moment du pic d'adduction pendant la marche ; 184 volontaires avec arthrose médiale du genou. L'alignement du genou est déterminé soit directement sur une radio de la jambe entière, soit extrapolée par une équation de régression à partir d'une radio du genou. Calcul par coefficient de corrélation de Pearson et analyse de régression multiple avec et sans ajustement de covariance.

La tension du quadriceps n'est pas significativement associée à l'adduction maximale de la rotule ($r=0,14$, $p=0,059$) : ni la tension du quadriceps ($b=0,25$ $p=0,142$), ni l'interaction tension du quadriceps et varus ($b=-0,01$, $p=0,693$) ne contribuent significativement à la variance du moment du pic d'adduction de la rotule.

Wilson D.R., Mc Walter E.J., Johnston J.D.—**The measurement of joint mechanics and their role in osteoarthritis genesis and progression.** *Med. Clin. Nor. Am.*, 93, 1, 67-82, 2009

La biomécanique articulaire joue un rôle dans l'initiation, la progression et l'efficacité du traitement des arthroses pour lesquels ses paramètres spécifiques ne sont pas assez pris en compte. Revue pour résumer ses méthodes, ses mérites relatifs et ses limites ; pour décrire les preuves acceptées de son rôle dans l'apparition et la progression des arthroses et quelques approches de traitements reconnus centrées sur la modification des articulations.

BIOMÉCANIQUE AVEC SFP³

Biomécanique avec SFP

-Critères

Lorsque les critères retenus sont des mesures, même réputées fiables (Sheehan et al., 2010), aucun des travaux récents ne confirme la responsabilité d'une malposition de la rotule (Wilson et al., 2007 ; Cf. aussi Ota et al., 2008).

-Caylor D., Fites R., Worrel T.W.—**The relationship between quadriceps angle and anterior knee pain syndrome.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **17**, 1, 11-16, 1993.

Comparaison de l'angle Q en extension et en flexion chez 52 SFP et 50 témoins. En extension le coefficient de corrélation (ICC) intra classe, de l'angle Q se situe intra examinateurs de 0,84 à 0,90 et l'erreur standard (SEM) entre 2,01 et 2,23 degrés. Entre examinateurs ICC se situe à 0,83 et SEM à 2,49°. Genou fléchi, ICC intra examinateurs est à 0,83 pour les deux examinateurs et SEM varie de 0,65° à 2,45° ; inter examinateurs, ICC et SEM sont à 0,68 et 2,45°. Aucune différence significative de l'angle Q ($p>0,05$) n'est observée entre extension et flexion, non plus qu'entre sujets asymptotiques ($11,1^\circ \pm 5,5^\circ$) et SFP ($12,4^\circ \pm 5,1^\circ$) ($p=0,07$). Un angle Q augmenté n'est pas responsable du SFP pour ce groupe de patients ; d'autres facteurs sont à rechercher.

-Herrington L.—**The Difference in a Clinical Measure of Patella Lateral Position Between Individuals With Patellofemoral Pain and Matched Controls.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **38**, 2, 9-62, 2008.

³ Cf. W. Schamberger. *The malaligned syndrome. Implication for medicine and sport.* Churchill Livingstone/ Elsevier, 2007

Comparaison clinique de la position de la rotule chez 12 jeunes femmes ($21,9 \pm 2,6$ ans), avec SFP appariées à 12 sans SFP, en position jambe fléchie à 20° . La rotule est toujours en position latérale, mais il existe une différence significative ($p \neq 0,02$) entre témoins ($3,8 \pm 2,4$ mm) et SFP ($7,5 \pm 2,6$ mm). La fiabilité de cette mesure, estimée par corrélation intra- classes, se situe à 0,86.

-Wilson T.—**The measurement of patellar alignment in patellofemoral pain syndrome : are we confusing assumption with evidence ?** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **37**, 6, 330-341, 2007

Analyse critique de l'omniprésence dans la littérature du SFP de la notion que son existence est liée à une course latérale de la de la rotule désaxée. Cette opinion entraîne une prédominance de recherches cliniques et radiologiques destinées à démontrer et traiter cette malposition. Une revue de la littérature montre cependant que la plupart de ces recherches ne répondent pas à la rigueur scientifique que nécessite une démonstration : elles s'appuient sur des présomptions et non une preuve.

-Sheehan F.T., Derasari A., Fine K.M., Brindle T.J., Alter K.E.— **Q angle and J sign : indicative of maltracking Subgroups in patellofemoral pain.** *Clin. Orthop. Relat. Res.*, **468**, 1, 266-275, 2010

L'angle Q et le signe J étant habituellement utilisés pour évaluer la malposition de la rotule, vérification de l'hypothèse que l'augmentation de l'angle Q, une hypermobilité latérale et le signe J sont corrélés aux déplacements de la rotule dans les trois plans et à ses rotations et évaluer aussi dans quelle mesure ils permettent de différencier les différents modèles des déplacements de la rotule. Examen des déplacements en 3D de la rotule (par MRI dynamique [?]) dans une flexion-extension active du genou chez 30 SFP avec au moins un signe de malposition rotulienne (angle Q, hypermobilité latérale ou signe J) et 37 genoux asymptomatiques. Bien que l'angle Q soit réputé indiquer une subluxation latérale de la rotule, les résultats montrent une corrélation avec un déplacement médial mais non latéral ; ils permettent de différencier deux groupes de malposition en fonction du déplacement médial ou latéral de la rotule, mais ces deux groupes ne sont pas différenciables sur les mesures cliniques habituelles : angle Q, hypermobilité latérale ou signe J.

Biomécanique avec SFP

-Rapports segmentaires

Plus de la moitié des recherches cliniques visant les facteurs biomécaniques comparant SFP et témoins concernent des femmes (10 sur 18), deux des groupes appariés pour le sexe et l'âge ; deux comparent le genou douloureux au genou indemne chez le même sujet ; la plupart datent des années 2007-2008. Lorsque existe une différence significative entre témoins et SFP, elle est généralement faible ; elle ne semble pas dépendre de l'activité du membre inférieur (Wilson & Davis, 2008) mais peut être du mode de vie (Callaghan & Baltzopoulos, 1994) et de la vitesse de marche dont le ralentissement serait une adaptation soulageant l'articulation (Powers et al., 1999).

-Ota S., Nakashima T., Morisaka A., Ida K., Kawamura M.—**Comparison of patellar mobility in female adults with and without patellofemoral pain.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **38**, 7, 369-402, 2008.

Comparaison de la mobilité de la rotule, par un appareil original chez 22 femmes avec SFP et 22 témoins appariées pour l'âge, la taille et l'indice de masse corporelle. Critères : a) amplitude du déplacement médian (du milieu de la rotule) et b) latéral (de ses bords), bilan de mobilité (b-a), index de mobilité latérale (b/largeur de la rotule) et index de mobilité médiale (a/largeur de la rotule). On n'observe de différence entre les deux groupes ni de la mobilité médiale ni de la latérale. Défini par la moyenne ± 2 SD du groupe témoin, le déplacement

latéral normal va de 7,2 à 17,6 mm et le déplacement médian de 6,8 à 14,0 mm. Le coefficient de corrélation interclasses intra-test et inter-test des mesures de déplacement latéral et médial varie de 0,80 à 0,97. Cette absence de différence entre SFP et témoins ne diminue pas l'intérêt de disposer de ces valeurs normales.

-Powers C.M., Maffucci R., Hampton S.—**Rearfoot posture in subjects with patellofemoral pain.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **22**, 4, 155-160, 1995.

Comparaison de la position de l'arrière pied, mesurée au goniomètre chez 30 femmes, 15 SFP et 15 témoins : sujets couchés sur le ventre et articulation subtalienne en position neutre. Chez 21 témoins, la corrélation intraclasse entre mesures droites et gauches est bonne ($r=0,87$ et $0,86$). Les SFP manifestent une faible mais significative augmentation du varus de l'arrière pied par rapport aux témoins ($8,9^\circ$ vs $6,8^\circ$, $p<0,0002$).

-Salsich G.B., Perman W.H.—**Patellofemoral joint contact area is influenced by tibiofemoral rotation alignment in individuals who have patellofemoral pain.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **37**, 9, 521-528, 2007.

L'alignement de la rotule et la rotation de l'alignement tibio-fémoral expliqueraient la diminution de la surface de contact patello-fémoral chez les SFP, responsable de la douleur, et seraient absents chez les témoins non douloureux. L'IRM, genou en hyperextension, quadriceps contracté, a permis de déterminer chez 21 SFP (16 femmes et 5 hommes) et 21 témoins (14 femmes et 7 hommes) la surface de contact patello-fémorale, le déplacement latéral de la rotule, l'angle de mobilité de la rotule, la rotation de l'angle tibio-fémoral et la largeur de la rotule. Les données ont été traitées en analyse en composantes principales avec l'aire de contact patello-fémoral comme variable dépendante, le déplacement latéral de la rotule étant éliminé des variables dépendantes pour éliminer le risque d'une colinéarité. Dans le groupe SFP, la largeur de la rotule et la rotation de l'angle tibio-fémoral expliquent 46% de la variance de l'aire de contact ; chez les témoins non douloureux, la largeur de la rotule en est le seul prédicteur, expliquant 31% de la variance. L'angle de mobilité de la rotule ne prédit l'aire de contact ni dans un groupe ni dans l'autre. Gérer les facteurs qui contrôlent la rotation de l'angle tibio-fémoral serait indiqué chez les SFP pour augmenter l'aire de contact patellaire et diminuer la douleur.

-Ireland M.L., Willson J.D., Ballantyne B.T., McClay D.I.—**Hip Strength in Females With and Without Patellofemoral Pain.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **33**, 11, 671-676, 2003.

Recherche des capacités d'abduction et de rotation externe de la hanche en contraction isométrique, contrôlées au dynamomètre de 15 jeunes femmes ($15,7 \pm 2,7$ ans) avec SFP, face à 15 autres contrôles, appariées en âge ($15,7 \pm 2,7$). En SFP, la capacité d'abduction est diminuée de 26% ($p<0,001$) et celle de rotation de 36% ($p<0,001$).

-Callaghan M. J., Baltzopoulos V.—**Gait analysis in patients with anterior knee pain** *Clin. Biomech.*, **9**, 2, 79-84, 1994.

Analyse cinématique (analyse vidéo des mouvements de l'arrière pied) et cinétique de la marche (10 m sur une plate-forme de force) de 30 femmes nus pieds, 15 avec douleur antérieure du genou comparées à 15 témoins. Les forces latérales des témoins sont supérieures à celles des SFP. Les temps nécessaires à atteindre la force latérale maximale et l'angle maximum entre l'axe du calcaneum et l'axe du tendon d'Achille sont significativement plus longs chez les SFP que chez les témoins. Ces résultats indiquent que ce temps d'obtention de la force latérale constitue, plus que l'augmentation de la force latérale un facteur distinctif de la marche de ces femmes non-randonneuses avec douleur antérieure du genou. Ces constatations différentes de celles publiées chez des athlètes incitent à la prudence dans les comparaisons entre groupes à activités différentes.

-Robinson R.L., Nee R.J.— **Analysis of hip strength in females seeking physical therapy treatment for unilateral patellofemoral pain syndrome.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **37**, 5, 232-238, 2007

Recherche des capacités d'abduction, d'extension et de rotation externe de la hanche de 10 femmes avec un SFP, comparées à celles de 10 femmes indemnes à l'aide d'un dynamomètre manuel ; les résultats sont exprimés par un index de symétrie des membres inférieurs (LSI). Cet index est significativement inférieur ($p < 0,007$) chez les SFP (71-79%) à celui des témoins (93-101%). Une analyse secondaire de ces valeurs normalisées par rapport à la masse corporelle montre que la capacité d'extension des membres inférieurs des SFP est diminuée de 52% ($p < 0,001$), d'abduction de 27% ($p < 0,007$) de rotation externe de 30% ($p < 0,004$) par rapport aux témoins.

-Powers C.M., Heino J.G., Rao S., Perry J.— **The influence of patellofemoral pain on lower limb loading during gait.** *Clin. Biom.*, **14**, 10, 722-728, 1999

Un niveau de charge du membre inférieur augmenté est présenté comme contribuant à l'arthrose du genou et pourrait être le résultat d'une flexion diminuée du genou pendant la phase de charge du poids corporel. On dit que les SFP limitent leur flexion de genou à la marche ce qui peut constituer un risque. Les paramètres d'une plate-forme de force, la cinématique de l'extrémité inférieure et les caractéristiques du pas ont été enregistrés chez 15 femmes SFP et 10 témoins sans douleurs au cours d'une marche à vitesse soit choisie par le sujet soit rapide.

Les SFP marchent significativement moins vite que les témoins aux deux vitesses de marche et leur phase de flexion du genou est diminuée. La valeur du pic de charge des SFP est significativement inférieure à celle des témoins à la fois pour la vitesse personnelle ($p < 0,004$) et pour la vitesse rapide ($p < 0,03$). La valeur du pic de charge des SFP n'est pas augmenté malgré le raccourcissement de la phase de flexion du genou ; la force de réaction au sol des SFP est minimisée parce qu'ils adoptent une vitesse de marche plus lente.

-Duffey M.J., Martin D.F., Cannon D.W., Craven T., Messier S.P.— **Etiologic factors associated with anterior knee pain in distance runners.** *Med. Sci. Sports Exerc.*, **32**, 11, 1825-1832, 2000.

Comparaison de 570 coureurs affectés ou non d'une douleur antérieure du genou ; instruments : vidéo à grande vitesse, plate-forme de force, dynamomètre isocinétique ; critères de jugement : mouvements de l'arrière-pied, force de réaction au sol, force musculaire et résistance du genou. Analyse linéaire de chacune des cinq catégories de variables : 19 items prédictifs significatifs ($p \neq 0,05$) dont les plus marquants sont : la pronation des premiers 10% de la posture (du mouvement de l'arrière-pied ?), l'*Arch index*, la distance parcourue et le pic du couple de torsion. Le groupe « douloureux » révèle en moyenne les plus petites valeurs de ces quatre items.

-Levinger P., Gilleard W.— **An evaluation of the rearfoot posture in individuals with patello-femoral pain syndrome.** *J. Sports Sci. Med.*, **3**, 8-14, 2004.

Comparaison (ANOVA) chez des femmes, 14 témoins et 13 SFP, de deux grilles de mesure de la position de l'arrière-pied : STNJ, *Subtalar Joint Neutral Position*, et RSC, *Relaxed Calcaneal Standing*, ce dernier transcrit en 2D par un goniomètre et en 3D par le traitement des images de 4 caméras. Ces deux expressions de RSC diffèrent significativement ($p \geq 0,001$) d'un groupe à l'autre. STNJ révèle un faible mais significatif ($p = 0,04$) varus des SFP. Ces grilles sont proposées comme mesure complémentaire d'autres examens (Cf. *Klingman, 1997*).

-Levinger P., Gilleard W.L., Sprogis K.— **Frontal plane motion of the rearfoot during a one-leg squat in individuals with patellofemoral pain syndrome.** *J. Am. Podiatr. Med.*

Assoc., **96**, 2, 96-101, 2006.

Il a été suggéré qu'un déplacement anormal du pied contribue à l'affaissement médian du genou en situation à cloche-pied. Chez des sujets SFP, le valgus maximal du pied est significativement ($p=0,02$) augmenté par rapport à celui des témoins.

-Levinger P., Gilleard W.—**Relationship between static posture and rearfoot motion during walking in patellofemoral pain syndrome: effect of a reference posture for gait analysis.** *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.*, **96**, 4, 323-329, 2006

Analyse critique de la position de référence dans la détermination des déplacements de l'arrière pied dans le plan frontal pour l'analyse des situations de SFP : soit alignement vertical de l'arrière pied sur le membre inférieur, soit position de relaxation calcanéenne chez des femmes de plus de 18 ans, SFP ou témoins dans l'examen du valgus ou du varus de l'arrière pied au cours de la phase d'appui de la marche (Cf. *Hung & Gros*, 1999). En position de relaxation calcanéenne, il existe une corrélation significative entre cette situation et le valgus maximal uniquement chez les témoins. En alignement vertical sur la jambe, il existe une corrélation significative entre le varus maximal et le valgus maximal. La relation positive trouvée à partir d'une référence posturale neutre chez les SFP entre les mesures angulaires et la posture statique relâchée indique que, chez les SFP, la mesure clinique de l'arrière pied dans cette posture permet d'expliquer le déroulement des mouvements de l'arrière-pied pendant la marche.

-Levinger P., Gilleard W.—**Tibia and rearfoot motion and ground reaction forces in subjects with patellofemoral pain syndrome during walking.** *Gait Posture*, **25**, 1, 2-8, 2007.

Un dysfonctionnement de l'articulation subtalienne pendant la marche et la rotation du tibia qui en découle contribuerait au SFP. Les mouvements de l'arrière pied et du tibia et la force de réaction au sol (GRF) au cours de la phase d'appui de la marche ont été enregistrés chez 13 femmes avec SFP et 14 témoins (système d'analyse du mouvement à 4 caméras et plate-forme de force). Il existe chez les SFP un retard significatif ($p=0,02$) au renversement de l'arrière pied et ($p=0,02$) de la dorsiflexion ; pour la GRF, sont significativement plus bas le pic médian ($p=0,03$), le point minimum vertical ($p=0,02$) et le second pic vertical ($p=0,01$). Il n'apparaît pas de différence entre les deux groupes pour la rotation du tibia malgré la prolongation du renversement de l'arrière pied. La survenue tardive de la dorsiflexion aussi bien que les valeurs basses de la GRF conditionnent un défaut de la fonction propulsive du pied pendant la supination.

-Dierks T.A., Manal K.T., Hamill J., Davis I.S.—**Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **38**, 8, 448-456, 2008.

Etude de l'implication des extrémités du membre inférieur dans les manifestations du SFP en comparant 5 garçons et 15 filles avec SFP et 20 témoins, tous coureurs réguliers. La capacité isométrique d'abduction et de rotation externe de la hanche, l'index de hauteur de l'arc longitudinal du pied et les données de la cinématique de l'extrémité inférieure de la jambe sont mesurés avant et après une course prolongée. Les données sont traitées en analyse de variance à deux voies.

Les deux groupes manifestent une diminution significative de la force d'abduction et de rotation externe de la hanche ; celle des SFP (de $15,3 \text{ kg.cm}^{-1}$ /masse corporelle avant à $13,5$ après) est significativement plus marquée que celle des témoins (de $17,3$ avant à $15,4$ après). Il existe à la fin de la course une corrélation significative ($r=0,74$) chez les SFP entre la force d'abduction de la hanche et son angle maximal ; aucune autre corrélation avec la force de la hanche n'est observée dans aucun des deux groupes. La hauteur de l'arc est comparable dans

les deux groupes et aucune corrélation n'a été trouvée entre cette hauteur et l'angle maximal d'abduction du genou pendant la course.

En conclusion, la force moindre des abducteurs de hanche existant chez les SFP est associée à une plus grande adduction pendant la course ; cette relation se renforce en fin de course.

-Sheehan F.T., Derasari A., Brindle T.J., Alter K.E.—**Understanding patellofemoral pain with maltracking in the presence of joint laxity : complete 3D in vivo patellofemoral and tibiofemoral kinematics.** *J. Orthop. Res.*, **27**, 5, 561-570, 2009

Il est reconnu qu'une laxité ligamentaire générale est associée au SFP mais est rarement envisagée comme source possible de la malposition⁴ de la rotule. Comparaison de six degrés de liberté des cinématiques de la rotule et tibio-fémorales chez SFP et avec malposition de la rotule, à ceux d'une population sans symptômes. Hypothèse nulle testée : les modifications du trajet rotulien sont réduites à un plan axial ; la cinématique de l'articulation du genou est la même chez les sujets en malposition qu'il existe ou non une hyperlaxité articulaire généralisée (définie par le diagnostic clinique du syndrome d'Ehlers Danlos) ; et, il n'existe pas de corrélation entre les cinématiques rotulienne et tibio-fémorale ou dans le groupe cinématique rotulienne. Les résultats montrent que les modifications de la cinématique rotulienne associées à la douleur rotulienne ne sont pas limitées au plan axial, qu'il existe une corrélation minimale entre cinématiques rotulienne et tibio-fémorale et qu'il existe probablement des sous-groupes dans la population des malpositions rotuliennes. Être capable d'identifier correctement ces sous-groupes dans le groupe passe-partout des malpositions rotuliennes devient une étape nécessaire de la physiopathologie et éventuellement du traitement de ces patients.

-Willson J.D., Davis I.S.—**Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands.** *Clin. Biomech.*, **23**, 2, 203-211, 2008.

Examen de l'hypothèse que l'apparition de SFP dépend d'une demande accrue de mobilisation du membre inférieur. Comparaison d'activités déterminées chez 20 jeunes femmes SFP et 20 témoins : enregistrement en 3D du membre inférieur au cours d'une station à cloche-pied et de course et sauts de côté répétitifs à cloche-pied. La comparaison des plans frontal et transverse de hanche montre, pour les trois conditions, une rotation externe du genou SFP supérieure de 4,3° à celle des témoins (p=0,06), une adduction de hanche supérieure de 3,5° (p=0,012), une rotation interne de hanche diminuée de 3,9° (p=0,01). Les SFP ne modifient pas leur comportement du membre inférieur en fonction de l'activité qui leur est demandée, les anomalies qu'elles présentent restent comparables dans les trois conditions.

-Desnus B.—**Etude des anomalies cinésiologiques de l'extrémité du membre inférieur dans le conflit fémoro-patellaire, basée sur les principes de la médecine expérimentale** Document INSEP, Paris. Communication personnelle.

Comparaison du SFP unilatéral avec le côté sain à la recherche d'un facteur conditionnant une modification du trajet de la rotule par rotation du tibia dans les positions qui modifient l'ouverture du pied au contact du sol : course, pente ou montée d'escalier. Le genou fléchi, les ligaments détendus permettent alors une rotation du tibia de 30° à 40°. Le facteur recherché devait répondre à trois critères : absence à l'extrémité inférieure du côté sain ; apparaître avant les signes fonctionnels ; être compatible avec les connaissances biomécaniques et les schémas

⁴ Maltracking connote à la fois une malposition et une désaxation de la rotule, suivant que l'on envisage sa position instantanée ou son trajet pendant la flexion du genou. En fonction du contexte, le mot a été traduit par l'un ou l'autre terme.

moteurs actuels. Population de SFP vue en consultation de médecine de sport. Critère de jugement : test de Romberg sensibilisé (test de Freeman) pied nu et pied chaussé pour évaluer la stabilité de la cheville. Méthode de calcul 1) calcul de la probabilité que la relation facteur décelé/conflit SFP soit due au hasard ; 2) analyse rétrospective sur dossiers informatisés de cas témoins. Facteurs pris en compte : instabilité de cheville (séquelles d'entorse, chaussure ou semelle inadaptée ou usagée), déroulé du pied modifié (plaie douloureuse, verrue, aponévrosite plantaire, hallux valgus), schéma moteur inadapté, sol instable.

Lorsque ces facteurs sont présents à 55%, 21% et 10%, la probabilité que le SFP soit dû au hasard est significative à $p < 0,05$, 0,01 et 0,002. 43 cas témoins (dont 5 SFP bilatéraux), soit 86 genoux, (14 femmes 40 ± 11 ans ; 29 hommes $40 \pm 6,3$ ans) confirme ces données malgré les nombreux biais possibles. L'âge de cette population laisse supposer que les facteurs morphologiques ne sont pas chez elle les seuls en cause mais nécessite des études comparatives.

Barton C.J., Levinger P., Menz H.B., Webster K.E.—**Kinematic gait characteristics associated with patellofemoral pain syndrome : a systematic review.** *Gait Posture*, **30**, 4, 405-416, 2009

Revue systématique et critique de la cinématique de la marche du SFP : 561 mentions dans *Medline, Embase, Cinah, Current contents*, sélectionnées sur le "Quality Index" et de nouveaux critères d'exclusion/inclusion par deux examinateurs indépendants. Au total, 24 études sont retenues. Aucune n'est prospective avec des données adéquates à la taille des échantillons ; la qualité des "case-control" varie avec plusieurs finalités méthodologiques ; l'hétérogénéité de travaux rend toute méta-analyse inappropriée. La diminution de la rapidité est notée à la marche, la montée de côtes et d'escaliers. Pendant la marche, sont cités une apparition retardée du pic d'éversion de l'arrière pied, l'augmentation de son éversion au coup de talon et un retard du pic d'éversion de l'arrière pied ; pendant la course, une éversion augmentée de l'arrière pied au coup de talon, une diminution de l'étendue de son éversion, une rotation externe du genou augmentée au pic de son extension et une adduction de la hanche augmentée.

-Barton C.J., Bonanno D., Levinger P., Menz H.B.—**Foot and ankle characteristics in patellofemoral pain syndrome : a case control and reliability study.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **40**, 5, 286-296, 2010

Comparaison de sujets avec et sans SFP pour caractériser, en vue d'études à venir, les mesures du pied en charge et de la cheville. Trois examinateurs de compétences différentes ont noté ces caractères chez 20 SFP et 20 témoins appariés pour le sexe, l'âge la taille, la masse corporelle. Les comparaisons entre les groupes ont utilisé pour chaque mesure les données d'un pédicure expérimenté inconnu des participants. La position du pied des SFP est plus en pronation que celle des témoins si l'on en croit le "foot posture index", l'angle de l'arche longitudinale et toutes les mesures relatives à l'articulation subtalienne. Le "foot posture index", la chute normalisée du naviculaire, les mesures de l'angle calcanéen par rapport à l'articulation subtalienne possèdent une haute fiabilité dans les deux groupes lorsqu'elles sont utilisées par des examinateurs compétents. La fiabilité n'est pas sensible à l'expérience des examinateurs ou l'existence d'un SFP pour les mesures de position du pied situation relâchée. Le peu d'expérience des examinateurs et l'existence d'un SFP diminuent la fiabilité de toutes les mesures de la position du pied relatives à l'articulation subtalienne et les mesures de l'angle de dorsiflexion de la cheville en charge. Le "foot posture index", la chute du naviculaire normalisée et l'angle du calcanéum par rapport à l'articulation subtalienne sont sensibles et fiables pour caractériser les SFP dont le pied est plus en pronation et la mobilité du pied plus importante que chez les témoins. Ces mesures devraient être utilisées dans les études à venir.

PHYSIOPATHOLOGIE FONCTIONNELLE

Proprioception

La mise en cause de la perception par le sujet SFP de la position angulaire du genou n'est pas démontrée mais possible (Kramer et al., 1997) ; les références physiologiques ne sont explorées qu'en fonction du vieillissement. Sur les quatre essais comparatifs recensés, deux observent une détermination à l'aveugle de la position du genou significativement moins fiable chez les SFP que chez les témoins. Cette différence ne semble pas liée à la douleur ressentie (Bennell et al., 2005), mais existerait chez les SFP sur le genou non affecté, quoique moins marquée que sur le genou douloureux (Akseki et al., 2008 ; Cf. aussi Jan et al., 2009).

-Kramer J., Handfield T., Kiefer G., Forwell L., Birmingham T.— **Comparisons of weight-bearing and non-weight-bearing tests of knee proprioception performed by patients with patello-femoral pain syndrome and asymptomatic individuals.** *Clin. J. Sport. Med.*, 7, 2, 113-118, 1997.

Comparaison de la perception de position du genou en charge (debout avec 95% du poids corporel sur la jambe testée) et sans charge (assis) entre 7 hommes et 17 femmes avec SFP et autant de sujets asymptomatiques appariés pour le sexe et l'âge. Il leur est demandé d'étendre (assis) ou de fléchir (debout) le genou, yeux fermés, à quatre angles mesurés par un électrogoniomètre : 15°, 30°, 45° et 60°. Test-retest en comparant les angles effectivement obtenus.

Le coefficient de fiabilité (de 0,17 à 0,79) et l'erreur des mesures d'une session à l'autre (de $\pm 2,0^\circ$ à $\pm 6,4^\circ$) varient largement. L'un et l'autre semblent meilleurs pour les SFP et en position assise; les différences entre SFP et témoins ne sont pourtant significatives à aucune des quatre positions de flexion.

-Bullock-Saxton J.E., Wong W.J., Hogan N.— **The influence of age on weight-bearing joint reposition sense of the knee.** *Exp. Brain Res.*, 136, 3, 400-406, 2001.

La plupart des données de la littérature concernant une diminution de la perception de la position du genou avec l'âge ne concernent que des situations sans charge. Trois groupes de 20 sujets chacun : 20-35 ans, 40-55 ans et 60-75 ans ; déplacement angulaire mesuré par un système électro-magnétique de la position reproduite en charge totale ou partielle sur la jambe droite et la jambe gauche. L'âge n'induit pas de différence de reproduction, mais le nombre d'erreurs en charge partielle augmente significativement avec l'âge, les âgés tendant à surestimer l'angle plus souvent que les jeunes et d'âge intermédiaire. Quel que soit l'âge la reproduction est meilleure en charge complète que partielle ; par contre il n'est pas observé de différence entre jambe préférentielle de repos et d'activité.

-Pickard C.M., Sullivan P.E., Allison G.T., Singer K.P.— **Is there a difference in hip joint position sense between young and older groups?** *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.*, 58, 7, 631-635, 2003.

La littérature montre que le sens de la position du genou diminue avec l'âge. Comparaison de la position de la hanche (déplacement angulaire mesuré par un système électro-magnétique) chez trente hommes jeunes (moyenne 21,7 ans) et 29 âgés (moyenne 75 ans) ; tâches de repositionnement actif et passif dans et hors du plan d'abduction de la hanche. Pas de différence significative entre jeunes et vieux ; par contre, la reproduction de la position est meilleure pour les deux groupes dans le plan d'abduction d'une part, en positionnement actif que passif de l'autre.

-Baker V., Bennell K., Stillman B., Cowan S., Crossley K.—**Abnormal knee joint position sense in individuals with patellofemoral pain syndrome.** *J. Orthop. Res.*, **20**, 2, 208-214, 2002.

Comparaison de la perception de la position du genou à l'aveugle chez 20 SFP et 20 témoins. Critère de jugement : reproduction avec le bras ipsilatéral de l'angulation imposée au genou en flexion soit à 20° et 60° soit à 40° en charge uni- ou bilatérale. L'erreur des réponses est calculée soit comme la différence entre les positions de la jambe et du bras (fidélité) soit comme la déviation standard de ces différences (fiabilité). Les réponses des SFP sont significativement moins fidèles et moins conformes que celles des témoins avec ou sans charge ; moins fidèles avec le genou atteint et le genou indemne chez les 13 SFP unilatéraux que les témoins ; et moins fidèle sur le genou indemne des SFP unilatéraux que les genoux des témoins. La douleur maximale du genou perçue pour chacune de ces épreuves chez les SFP n'est corrélée à aucune de ces conditions. Il existe donc dans le SFP une anomalie de proprioception du genou sans qu'il soit possible de dire si elle le précède ou le suit.

-Bennell K., Wee E., Crossley K., Stillman B., Hodges P.—**Effects of experimentally-induced anterior knee pain on knee joint position sense in healthy individuals.** *J. Orthop. Res.*, **23**, 1, 46-53, 2005.

La douleur induirait-elle une anomalie de perception de la position du genou comme elle existe dans certains syndromes neuro-musculaires ? Estimation de la position du genou par celle du genou symétrique adoptée à la demande ; 16 sujets sans histoire de pathologie du genou ; trois situations, flexion à 20° et 60° sans charge, 20° en charge sur la jambe testée ; trois conditions, témoin, avec une tâche amusante et avec douleur locale induite par injection de soluté salé hypertonique. La douleur ne modifie significativement la réponse dans aucune des situations examinées. La tâche augmente les erreurs en flexion à 20° sans charge et une plus grande variabilité des réponses en charge.

-Selfe J., Callaghan M., McHenry A., Richards J., Oldham J.—**An investigation into the effect of number of trials during proprioceptive testing in patients with patellofemoral pain syndrome.** *J. Orthop. Res.*, **24**, 6, 1218-1224, 2006.

Vérification de la stabilité de la perception de la position du genou chez 32 patients avec SFP. Mesure par reproduction passive (PAR) et active (AAR) ipsilatérale d'une position du genou fléchi à 20° et 60° ; l'obtenir égale à elle-même nécessite cinq répétitions pour AAR et six pour PAR. Une ANOVA à deux voies montre qu'il n'existe pas de différence significative pour la précision de reproduction entre les deux angles 20° et 60° mais que la différence entre les deux mesures, active et passive, est significative ($p < 0,001$). Les cliniciens doivent ne pas se contenter d'une mesure rapide de la perception de l'angle, qui risque d'être infidèle, et choisir entre les formes active et passive du test alors que l'angle utilisé semble indifférent.

-Akseki D., Akkaya G., Erduran M., Pinar H.—**Proprioception of the knee joint in patellofemoral pain syndrome** ["Patellofemoral agri sendromunda diz ekleminin propriyosepsiyonu" (Turc)] *Acta Orthop. Traumatol.*, **42**, 5, 316-321, 2008

Estimation de l'importance de la proprioception du genou dans le SFP. 18 femmes et 10 hommes de 16 à 48 ans (moyenne 28) avec SFP unilatéral face à 13 femmes et 14 hommes volontaires de 19 à 32 ans (moyenne 26) sans aucune plainte concernant le genou. La durée moyenne de la plainte et de 35,8 semaines (2 semaines à 3 ans). La proprioception du genou est mesurée par la perception de la position du genou à différents angles de flexion déterminés par un goniomètre manuel : 15, 30, 45 et 60 degrés.

Les erreurs d'appréciation sont plus importantes à toutes les valeurs d'angle pour les genoux avec SFP que pour les indemnes (de $1,01^\circ \pm 0,25^\circ$ à $165^\circ \pm 0,43^\circ$) et significatives pour les angles 15°, 30° et 60° : $p < 0,05$; elles le sont par comparaison du genou affecté aux deux genoux des témoins pour tous les angles et s'étagent de $2,48^\circ \pm 0,92^\circ$ à $3,87^\circ \pm 2,46^\circ$:

$p < 0,001$. Les erreurs observées sur les genoux non affectés des sujets SFP sont supérieures à celles des témoins ; elles dépassent $2,7^\circ$ pour quelques angles ciblés ($p < 0,001$).

Les traitements des genoux SFP devraient inclure des rééducations de leur proprioception.

Dysfonctions musculaires

L'implication des rotateurs de la hanche en mouvement est démontrée par l'équipe de Souza & Powers, (2008, 2009) alors que la plupart des travaux se focalisent sur les chefs du quadriceps qui conditionnent en partie le trajet de la rotule. Aucun de ces travaux n'apporte de certitude : il est vraisemblable que, dans certaines conditions posturales et en particulier du pied, les contractions du vaste latéral et du vaste médial répondent à vitesses différentes à une stimulation (Cf. Lefebvre et al., 2006, Biomécanique sans SFP, fonctionnelle). Mais si, au vu de ces données, cette différence est probable, elle n'est pas démontrée (Chester et al., 2008) ; elle pourrait induire à terme une lésion du quadriceps (Ferry, 1996) ; elle ne constitue, de toute façon, dans les déterminants du SFP qu'un facteur qui peut désaxer la rotule et, en cas d'atteinte unilatérale, comparable sur ce genou et sur l'autre (Jan et al., 2009).

-Solomonow M., Krogsgaard M.— **Sensorimotor control of knee stability : a review.** *Scand. J. Med. Sci. Sports*, **11**, 2, 64-80, 2001

S'il est clair que les ligaments maintiennent les rapports des os de part et d'autre d'une articulation (Cf. *Hintermanne et al.*, 1994, *Physiopathologie, biomécanique sans SFP, sur cadavre*), le rôle des muscles est souvent sous-estimé. Ils cumulent la viscosité passive qui régit la fonction des ligaments et la réactivité dynamique qui permet l'adaptation des articulations aux nécessités des mouvements. La stabilité de l'articulation dépend de la synergie os capsule articulaire, ligament muscles tendons, récepteurs sensoriels et leurs relais spinaux et corticaux. Revue anatomique et physiologique des mécanorécepteurs articulaires et leurs connections neurales et des conceptions habituelles des arcs réflexes qu'ils mettent en jeu, en insistant sur les conséquences biomécaniques relatives à la stabilité. Le rôle de la musculature dans le maintien de la stabilité à travers celui des articulations est précisé à partir d'expérimentations animales et humaines aboutissant aux données cliniques de sujets présentant un déficit des ligaments croisés antérieurs compensé par une prothèse.

-Bennell K., Hunt M.A., Wrigley T.V., Lim B.W., Hinman R.S.—**Role of muscle in the genesis and management of knee osteoarthritis.** *Rheum. Dis. Clin. North Am.*, **34**, 3, 731-754, 2008

Esquisse du rôle des muscles dans la genèse et la gestion des arthroses du genou en particulier des surcharges de l'articulation, de l'activité et des déficits des muscles clairement retrouvés chez les sujets qui en sont porteurs. Discussion des possibilités de modifier ces déficits et de l'amélioration qui en résulte de la symptomatologie et de l'articulation elle-même. Conclusion sur le choix des exercices de renforcement des capacités musculaires.

Dysfonctions musculaires

Muscles de la hanche

-Willson J.D., Binder-Macleod S., Davis I.S.—**Lower extremity jumping mechanics of female athletes with and without patellofemoral pain before and after exertion.** *Br. J. Sports Med.*, **36**, 8, 1587-1596, 2008.

Comparaison, chez 20 SFP et 20 témoins féminins, de la douleur, de la force du tronc et de la hanche et de la mécanique articulaire en 3D du membre inférieur avant et après saut à cloche-pied, considéré comme un effort caractéristique.

Après cet effort, tous les sujets se plaignent de fatigue, mais la douleur est augmentée chez

les SFP. La valeur moyenne de la force de flexion des SFP est inférieure à celle des témoins de 24% pour la flexion latérale du tronc ($p=0,06$), de 13% pour l'abduction de la hanche ($p=0,09$) et de 14% pour la rotation externe de la hanche ($p=0,06$) ; la chute controlatérale de leur bassin est plus marquée ($p=0,003$). Chez elles, la mécanique articulaire du membre inférieur est affectée par cet exercice plus que chez les témoins : augmentation de l'angle d'adduction, de l'angle de flexion et de la poussée d'abduction de la hanche et diminution de son angle de rotation interne (Cf. *Souza et al., 2008, 2009, Physiopathologie fonctionnelle, Dysfonctions musculaires*).

Ces différences entre les deux groupes sont cohérentes, malgré la douleur des SFP, alors même que les deux groupes manifestent en fin d'exercice une diminution de la hauteur du saut, de la flexion, de la rotation interne de la hanche, de la flexion du genou et de la poussée d'extension de la hanche. Au total, la mécanique articulaire du membre inférieur, en particulier de la hanche, est plus affectée par le saut à cloche-pied chez les SFP que chez les témoins ; ces différences ne sont pas modifiées chez les SFP par l'intensité de l'exercice ni le niveau de douleur. Ces données sont en faveur des traitements préventifs et curatifs de kinésithérapie : rééducation, renforcement de la force de la hanche et du tronc (Cf. *Ireland et al., 2003, Biomécanique avec SFP, rapports segmentaires*).

-Souza R.B., Powers C.M.—Predictors of Hip Internal Rotation During Running : An Evaluation of Hip Strength and Femoral Structure in Women With and Without Patellofemoral Pain. *Amer. J. Sport Med.*, 37, 3, 579-587, 2008.

Recherche d'une diminution de la force musculaire des muscles de la hanche et des anomalies de la position du fémur qui participeraient au mécanisme du SFP. Cinématique du membre inférieur pendant la course, performances des muscles de la hanche et anomalies de la position du fémur (IRM) sont recherchées chez 19 femmes avec SFP et 19 indemnes. Analyses par t tests indépendants et régression linéaire pas à pas pour déterminer, pendant la course, les valeurs prédictives respectivement de la force musculaire et de la rotation interne anatomique de la hanche. Chez les SFP, la rotation interne de la hanche pendant la course est significativement supérieure à celle des témoins ($8,2^{\circ} \pm 6,6^{\circ}$ vs $0,3 \pm 3,6^{\circ}$, $p < 0,001$), la force des muscles de la hanche de 8 sur 10 des mesures et une inclinaison du fémur supérieure ($132,8 \pm 5,2^{\circ}$ vs $128,4 \pm 5,0^{\circ}$, $p < 0,01$). La fatigabilité isotonique des muscles extenseurs de la hanche se révèle le seul critère prédictif de sa rotation interne moyenne. (Cf. résumé suivant)

-Souza R.B., Powers C.M.—Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle activation between subjects with and without patellofemoral pain. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 39, 1, 12-19, 2009.

Recherche de différences entre femmes avec et sans SFP, de la cinématique de la hanche, de la force musculaire et des séquences d'activation des muscles qui la mobilisent. La cinématique de la hanche est obtenue chez 21 SFP et 20 témoins dans trois situations, course, saut sur place, descente d'une marche. Le couple de torsion isométrique des muscles de la hanche est quantifié grâce à un dynamomètre multimodal. Différences entre les deux groupes établies par une analyse de variance à deux voies et des tests t indépendants. En moyennant les trois activités, le pic de rotation des muscles de la hanche est plus important chez les SFP que chez les témoins ($7,6 \pm 7,0^{\circ}$ vs $1,2 \pm 3,8^{\circ}$, $p < 0,05$). Le couple de torsion des muscles de la hanche est moindre chez les SFP que chez les témoins (de 14% pour la force des abducteurs, 17% pour celle des extenseurs). La mise en jeu du grand fessier est plus importante chez les SFP que chez les témoins pendant la course et la descente d'une marche.

Dysfonctions musculaires

-Implication du quadriceps

Pour l'ensemble de ce paragraphe Cf. Lefebvre et al. 2006 Biomécanique sans SFP, fonctionnelle.

-Souza D.R., Gross M.L.—**Comparison of vastus medialis obliquus: vastus lateralis muscle integrated electromyographic ratios between healthy subjects and patients with patellofemoral pain.** *Phys. Ther.*, **71**, 4, 310-316 (discussion 317-320) 1991

Comparaison de la réponse électro-myographique des vastes médial (VMO) et latéral (VL) à la contraction volontaire isométrique du quadriceps, de sujets jeunes (18-35 soit 28 ± 6 ans) indemnes de ou présentant un SPF unilatéral. Trois sous-groupes : 7 contrôles dont les deux genoux sont testés ; 9 SFP unilatéral dont le seul genou malade est testé et 9 dont seul le genou sain est testé. Calcul informatisé du rapport VMO/VL normalisé et non normalisé à la montée et la descente d'un escalier, à la contraction isométrique sub-maximale et à la contraction isométrique maximale (rapport normalisé seulement). Une analyse de variance à deux voies sur des mesures itératives montre : 1) ce rapport est significativement plus grand pour les activités isotoniques en escalier que pour les contractions isométriques ; 2) les rapports non normalisés du groupe témoin sont supérieurs à ceux des deux sous-groupes SFP. Les séquences d'activation du quadriceps des SFP pourraient donc être anormales ; dans le traitement du SFP, les exercices de contraction du quadriceps devraient être plus favorable en isotonie qu'en isométrie.

-Voight M.L., Wieder D.L.—**Comparative reflex response times of vastus medialis obliquus and vastus lateralis in normal subjects and subjects with extensor mechanism dysfunction. An electromyographic study.** *Am. J. Sports Med.*, **19**, 2, 131-137, 1991.

Comparaison électromyographique du temps de réponse des vastes médial (VMO) et latéral (VL) à la percussion du ligament patellaire chez 41 sujets sans et 16 avec une dysfonction de l'extension. Chez les témoins, le VMO répond significativement ($p < 0,001$) plus vite que le VL. Au contraire, chez les SFP le VL répond significativement ($p < 0,001$) plus vite que le VMO, ce que confirme une comparaison par le χ^2 . La réponse du VL des SFP est significativement (Student, $p < 0,001$) plus rapide que celle des témoins alors que celle de VMO est comparable.

-Boucher J.P., King M.A., Lefebvre R., Pépin A.—**Quadriceps femoris muscle activity in patellofemoral pain syndrome.** *Am. J. Sports Med.*, **20**, 5, 527-532, 1992.

Comparaison de la contraction du quadriceps pour tenter de dissocier les deux facteurs du SFP, neuromusculaire et mécanique. Deux groupes de 9 sujets, l'un en SFP avec un angle Q subnormal ($21,05^\circ$ en moyenne), l'autre asymptomatique à angle Q normal ($8,25^\circ$ en moyenne). Contraction isométrique maximale d'extension du genou à 90° , 30° et 15° des sujets immobilisés sur un siège adapté ; enregistrement de l'électromyogramme (EMG) de surface des fibres longues et obliques du vaste médial et du vaste latéral parallèlement au moment de la force du genou. Le signal EMG intégré associé au torque du pic de contraction pour les vastes selon le rapport activité des vaste médial fibres obliques/vaste latéral et vaste médial fibres longues/ vaste latéral ne montre aucune différence ni entre les groupes ni entre les trois angles de flexion laissant entendre que les trois faisceaux des vastes sont également actifs pour ces mouvements et donc que la commande motrice n'est pas en cause dans le SFP. Cependant, le quotient vaste médial fibres obliques/vaste latéral des cinq patients dont l'angle Q est le plus large est significativement plus faible que celui des autres groupes ; il est aussi plus faible à 15° qu'à 90° .

-Hung Y.J., Gross M.L.—**Effect of Foot Position on Electromyographic Activity of the Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis During Lower-Extremity Weight-Bearing activities.** *J. Orthopaed. Sports Phys. Therap.*, **29**, 2, 93-105, 1999.

Recherche d'une relation entre la position du pied et la contraction des muscles vastes, sur genou en charge, pour tester certaines hypothèses sur le mode d'action des orthèses. Soixante volontaires en bonne santé exécutent soit une contraction isométrique maximale du quadriceps soit un court accroupissement avec flexion du genou de 0 à 50° ; trois positions des pieds, à plat, relevé à 10° centré, relevé à 10° latéralement ; critère de jugement, électromyogramme du Vaste médial (VMO) et du Vaste latéral (VL). Le quotient normalisé VMO/VL est significativement plus grand pendant un court accroupissement que lors de la contraction isométrique maximale, mais il n'existe aucune différence entre les trois positions du pied. L'action des orthèses ne passe donc pas par une modification de l'activation des Vastes (Cf. Gregersen et al., 2006, *Biomécanique sans SFP, fonctionnelle*).

-Ferry B.—**Electrical stimulation of medial plantar eminence : role and influence on quadriceps muscle tonus.** Thèse Sciences, Clermont-Ferrand 1996

Hypothèse : une pronation marquée du pied induirait la dysplasie des fibres distales du vaste médial (VMO) observée dans certaines SFP. Projet : vérifier que la stimulation électrique de l'éminence plantaire médiale induit un ajustement postural du membre inférieur, puis, deuxième temps, évaluer l'influence de cet ajustement sur l'excitabilité des motoneurones α . La contraction induite par la stimulation est maximale pour des fréquences entre 60 et 100 Hz. Une stimulation de l'éminence plantaire à 60 Hz modifie la posture du membre inférieur et augmente l'amplitude du réflexe H, témoin de la relation entre composantes mécanique et neuromusculaire du VMO. Une attitude posturale modifiée constitue potentiellement une cause de l'apparition d'une dysplasie du quadriceps.

-Lam P.L., Ng G.Y.—**Activation of the quadriceps muscle during semisquatting with different hip and knee positions in patients with anterior knee pain.** *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, **80**, 11, 804-808, 2001.

Électromyographie de surface du Vaste médial (VMO) et du Vaste latéral (VL) chez 16 SFP debout au repos jambes à 60° de leur extension maximale volontaire, en rotation de hanche à 30° interne, neutre et 45° externe et en flexion du genou à 20° et 40°. Le rapport VMO/VL a été calculé pour chacune de ces six situations. Genou en flexion à 20°, les rotations de hanche ne modifient pas ce rapport ; à 40°, par contre, l'activité du VMO est significativement ($p < 0,05$) plus forte que celle du VL en rotation interne de hanche qu'en rotation externe ce qui devrait intéresser les rééducateurs.

-Stensdotter A-K., Hodges P. W., Mellor R., Sundelin G., Häger-Ross C. —**Quadriceps activation in closed and open kinetic chain exercise.** *Med. Sci. Sport Exerc.*, **35**, 12, 2043-2047, 2003

Comparaison de l'efficacité d'une rééducation musculaire par des exercices modérés en chaîne ouverte ou fermée. Enregistrement EMG de surface de la contraction du quadriceps. À première vue, la contraction de ses quatre constituants est moins échelonnée en chaîne fermée qu'ouverte. En chaîne ouverte, l'activation EMG du rectus femoris est la première, celle du vaste médial la dernière (7 ± 13 ms plus tard) et d'amplitude inférieure ($40 \pm 30\%$ de la contraction volontaire maximum -MCV) à celle en chaîne fermée ($46 \pm 43\%$ MCV).

-Chester R., Smith T.O., Sweeting D., Dixon J., Wood S., Song F.—**The relative timing of VMO and VL in the aetiology of anterior knee pain: a systematic review and meta-analysis.** *BMC Musculoskelet. Disord.*, **9**, 64, 1-14, 2008.

La responsabilité d'un décalage de réponse du Vaste médial (VMO) à celle du Vaste latéral (VL) dans la douleur antérieure du genou (AKP) ne fait pas l'unanimité. Recherche

systématique dans huit des grandes bases de données de publications indexées sur cette thématique avec comparaison de sujets avec et sans AKP ; regroupement en fonction des critères d'inclusion ; mesure de leur hétérogénéité : méta-analyse des résultats pour des publications comparables. Quatorze publications répondent aux critères d'inclusion, une prospective, treize de cas cliniques ; 11 comparent les temps de réponse EMG des VMO et VL pour une contraction volontaire, quatre des réponses réflexes ; toutes utilisent un échantillonnage de commodité et aucune à l'insu de l'examineur. Les méthodes et les essais sont variables et les cas individuels très hétérogènes. Bien qu'une tendance se dégage qu'il existe une différence du délai de réponse entre VL et VMO dans la population AKP lors des contractions aussi bien volontaires que réflexes, elle est peu consistante : l'hétérogénéité entre les études regroupées s'étend de 69,9% à 93,4% ($p < 0,01$). Il semble qu'il existe une différence entre AKP et témoins pour ce critère ; cependant elle n'apparaît pas chez tous les sujets AKP, ce qui doit amener à tenir compte de la variabilité physiologique normale dans une population saine. La signification clinique et thérapeutique de cette tendance est difficile à établir.

-Koskinen S.K., Kujala U.M.—**Patellofemoral Relationships and Distal Insertion of the Vastus Medialis Muscle : A Magnetic Resonance Imaging Study in Nonsymptomatic Subjects and in Patients with Patellar Dislocation Arthroscopy.** *J. Arthroscopic Relat. Surg.*, **8**, 4, 465-468, 1992.

Analyse en résonance magnétique nucléaire des corrélations entre, d'une part le niveau d'insertion du Vaste medial et, d'autre part, l'angle fémoro-patellaire (LPA), le déplacement latéral de la rotule (LPD), son inclinaison (LPT) et sa hauteur (LT/LP) ; genou en flexion complète, à 20° et en extension ; dix sujets avec déplacement de la rotule et dix témoins. Aucune corrélation n'est mise en évidence, mais l'analyse en régression multiple montre que le meilleur prédicteur du niveau d'insertion est l'angle fémoro-patellaire, genou en extension ; il est significativement plus proximal chez les sujets avec déplacement de la rotule que chez les témoins.

-Jan M.H., Lin D.H., Lin C.H., Lin Y.F.—**The effects of quadriceps contraction on different patellofemoral alignment subtypes : an axial computed tomography study.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **39**, 4, 264-269, 2009

Question : Les contractions du quadriceps agissent-elles de la même façon sur l'alignement de la rotule suivant le sous-type d'alignement des SFP et, chez eux, sur le genou sain et affecté ? 78 sujets SFP, 47 bilatéral, 31 unilatéral, ont été examinés en tomographie axiale numérisée, genou en extension avec le quadriceps relâché ou contracté. Critères de jugement : index rotule/condyle latéral (PLCI) et angle de devers rotulien (PTA). Les valeurs moyennes de PLCI et PTA, quadriceps relâché, mesurés chez les 78 sujets ont conduit à définir quatre groupes de sujets : rotule 1) déplacée latéralement, 2) déplacée et basculée latéralement, 3) basculée latéralement, 4) ni déplacée ni basculée.

La contraction du quadriceps augmente l'index PLCI dans les quatre groupes ($p < 0,01$) sans différences d'amplitude entre eux ($p > 0,05$) ; elle diminue l'index PIA du groupe 3 ($p < 0,001$), avec une différence significative entre ce groupe et le groupe 1 ($p < 0,01$). Chez les 31 sujets à SFP unilatéral, la contraction du quadriceps modifie les deux index de la même manière sur le genou intact et celui affecté (Cf. *Lefebvre et al.*, 2006, *Biomécanique sans SFP, fonctionnelle* ; *Akseki et al.*, 2008, *Proprioception*).

Modifications des tissus péri- articulaires

Des publications anciennes (1985-1991) avaient envisagé que les lésions du cartilage rotulien soient en relation avec des atteintes de fibres nerveuses des tissus péri-articulaires (Mori et al., 1991). Les travaux plus récents confirment l'existence de lésions morphologiques et histochimiques de neurones péri-vasculaires de ces tissus (Witonski & Wagrowska-

Danielewicz, 1999). *Ils témoigneraient d'ischémies transitoires et répétées qui seraient facteurs de douleurs et de lésions cartilagineuses* (Sanchis-Alfonso et al., 2005).

-Fulkerson J.P., Tennant R., Jaivin J.S., Grunnet M.—**Histologic evidence of retinacular nerve injury associated with patellofemoral malalignment.** *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 197, 196-205, 1985.

L'examen des ligaments excisés après chirurgie pour SFP met en évidence des lésions nerveuses, démyélinisation et fibrose, dont les images histologiques ressemblent à celles des névromes inter métatarsiens de Morton ; elles pourraient, par elle mêmes, provoquer les douleurs de SFP.

-Fulkerson J.P.—**Evaluation of the peripatellar soft tissues and retinaculum in patients with patellofemoral pain.** *Clin. Sports Med.*, 8, 2, 197-202, 1989.

Si un hémangiome du quadriceps distal peut provoquer une douleur antérieure du genou, une altération du cartilage rotulien n'est pas systématiquement associée à une telle douleur bien qu'une déviation chronique de la rotule puisse conduire à une lésion cartilagineuse. Chez de nombreux patients ce type de douleur ligamentaire péri-rotulienne précède cette altération articulaire. Il est important d'évaluer complètement et soigneusement les contraintes tissulaires autour de la rotule chez les patients présentant une douleur antérieure du genou.

-Wojtys E.M., Beaman D.N., Glover R.A., Janda D.—**Innervation of the human knee joint by substance-P fibers.** *Arthroscopy*, 6, 4, 254-263, 1990.

Dans la confusion des facteurs en cause dans les douleurs antérieures du genou, la distribution des fibres nerveuses nociceptives dans la région péri-rotulienne mérite d'être prise en compte. Une technique immunochimique (un anticorps monoclonal de la substance P) a été utilisée pour examiner 8 échantillons de patients avec dégénérescence patello-fémorale, et 3 normaux. Elle montre la possibilité d'une étendue particulière de fibres nociceptives dans les tissus mous péri-rotuliens (coussinet graisseux, périoste, surface sous-chondrale) mais aussi, dans certaines circonstances, de l'os. La surface sous-chondrale des rotules normales ne montre aucune érosion au contraire de celles des maladies dégénératives. Dans ces cas, les fibres nociceptives qui y sont observées pourraient expliquer les symptômes présentés par certains patients et, de là, l'efficacité de cette technique chirurgicale.

-Mori Y., Fujimoto A., Okumo H., Kuroki Y.—**Lateral retinaculum release in adolescent patellofemoral disorders : its relationship to peripheral nerve injury in the lateral retinaculum.** *Bull. Hosp. Jt. Dis. Orthop. Inst.*, 51, 2, 218-229, 1991.

Les désordres femoro-patellaires chez les adolescents associés à des modifications du cartilage sont appelés chondromalacie rotulienne. La clinique, caractérisée par une douleur rétro-patellaire persistante, n'est pas toujours accompagnée d'une modification histologique du cartilage. La suppression du ligament latéral la soulage souvent bien que n'entraînant pas toujours une modification de la pression du contact de la rotule, ce qui permet de supposer que la douleur peut prendre origine dans le ligament lui-même. L'examen histologique de 35 ligaments excisés chez 22 patients souffrant d'une douleur antérieure (qu'il existe ou non une rotule instable) montre 9 dégénération nerveuses sévères, 11 modérées et 6 histologies normales.

-Witonski D., Wagrowska-Danielewicz M.—**Distribution of substance-P nerve fibers in the knee joint in patients with anterior knee pain syndrome. À preliminary report.** *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 7, 3, 177-183, 1999.

Le cartilage articulaire de la rotule n'est pas innervé ; la douleur ne devrait donc pas en provenir, mais pourrait dépendre des fibres nociceptives péri-articulaires. Vingt consultantes

consécutives pour une douleur antérieure du genou (28 genoux) ont été comparées à deux groupes de 20 témoins, le premier avec une ostéoarthrite, le second avec soit une rupture du ligament croisé antérieur soit une lésion méniscale sans manifestation douloureuse antérieure. Les fibres nociceptives ont été caractérisées par une technique immunochimique utilisant un anticorps monoclonal de la substance P. Les fibres nociceptives contenant la substance P, sont localisées dans les tissus mous autour du genou et le sont significativement plus chez les douloureuses que chez les traumatisées, dans les ligaments ($p < 0,005$) et les coussinet graisseux ($p < 0,001$), et que chez les arthritiques ($p < 0,005$ et $p < 0,007$ respectivement). Pour les ligaments latéraux, ces présences sont plus faibles ($p < 0,02$) et comparables dans les trois groupes. Il n'existe, par contre, de différence significative ni pour le coussinet graisseux ni pour les ligaments antérieur et latéral entre les arthritiques et les traumatisées.

-Witonski D.—**Anterior knee pain syndrome.** *Int. Orthop.*, **23**, 6, 341-344, 1999.

Travail comparable au précédent mais où les données histochimiques sont confrontées aux données cliniques, déplacement de la rotule, puissance du quadriceps, profil psychologique. Les résultats laissent entendre que les douleurs antérieures du genou relèvent sans doute d'un syndrome psycho-somatique avec une instabilité infra-clinique de la rotule (Cf. Ota *et al.*, 2008 –*Biomécanique avec SFP* ; Pina *et al.*, 2009 – *Physiopathologie fonctionnelle- Autres facteurs*) et une relation faible, sinon nulle, avec l'activité physique.

-Sanchis-Alfonso V., Roselló-Sastre E., Monteagudo-Castro C., Esquerdo J. — **Quantitative analysis of nerve changes in the lateral retinaculum in patients with isolated symptomatic patellofemoral malalignment. A preliminary study.** *Am. J. Sports Med.*, **26**, 5, 703-709, 1998.

Analyse histochimique, immuno-histochimique et morphométrique de 16 ligaments latéraux enlevés en cours d'intervention chirurgicale pour SFP. Les patients modérément douloureux sont ceux dont la surface neurale est la plus étendue. Il existe une différence significative entre l'aire neurale totale des douloureux et celle des groupes de patients moyennement et peu douloureux, mais non entre les patients moyennement et très douloureux ; ces derniers ont les nerfs les plus gros (le diamètre de 24% de leurs fibres dépasse $25\mu\text{m}$) alternant des zones riches en fibres avec d'autres qui en sont dépourvues. Les nerfs du groupe des douleurs moyennes sont plus riches en fibres de petit et moyen diamètre ($18\mu\text{m}$ en moyenne) prédominant dans les fibres péri-vasculaires. L'instabilité des patients en SFP pourrait partiellement expliquer ces dégâts neuronaux .

-Sanchis-Alfonso V., Roselló-Sastre E.—**Immunohistochemical analysis for neural markers of the lateral retinaculum in patients with isolated symptomatic patellofemoral malalignment. A neuroanatomic basis for anterior knee pain in the active young patient.** *Am. J. Sports Med.*, **28**, 5:725-731, 2000.

Mêmes données que l'article précédent sur 13 nouveaux jeunes opérés pour SFP récalcitrant aux traitements manuels. Critères observés : protéine S100, neurofilaments, substance P, *Nerve growth factor* (NGF). Outre les données précédentes, on observe une augmentation du NGF dans les ligaments latéraux qui entraînerait une prolifération d'axones de nerfs nociceptifs surtout en zone péri-vasculaire.

-Sanchis-Alfonso V., Roselló-Sastre E., Revert F.—**Neural growth factor expression in the lateral retinaculum in painful patellofemoral malalignment.** *Acta Orthop. Scand.*, **72**, 2, 146-149, 2001.

Même protocole sur 7 nouveaux échantillons de ligaments latéraux. Le taux de NGF est plus élevé chez les sujets douloureux que chez ceux dont l'instabilité est le symptôme

majeur ; il est en rapport avec une prolifération de neurones dans les vaisseaux, les tissus péri-vasculaires et avec la libération de neurotransmetteurs de nociception, tels la substance P.

-Biedert R.M., Sanchis-Alfonso V.—**Sources of anterior knee pain.** *Clin. Sports Med.*, **21**, 3, 335-347, 2002.

Commentaire des données précédentes.

-Sanchis-Alfonso V., Roselló-Sastre E., Revert F., García A.—**Histologic retinacular changes associated with ischemia in painful patellofemoral malalignment.** *Orthopedics*, **28**, 6, 593-599, 2005.

Même protocole complété par microscopie électronique sur 31 nouveaux échantillons. Les signes morphologiques et ultra structuraux associés à une ischémie, y compris une hypervascularisation et une augmentation du taux du facteur de croissance endothéliale, sont retrouvés chez les SFP douloureux. De courts épisodes d'ischémie, déclenchant une prolifération neurale, pourraient être impliqués dans la pathogénie des douleurs dans la plupart des cas de SFP chez les sujets jeunes.

Autres facteurs

Des facteurs potentiels de la régulation posturale dans la marche et la course, le déroulement du pas (Kirane et al., 2008) ne peut être oublié. Les observations contrôlées d'Orengo (2000) peuvent s'appuyer, comme celles d'Helbert (2007) sur la mise en évidence par l'équipe de Tanaka (1996) du rôle du gros orteil dans le maintien de la stabilité bi- et mono-podale avec laquelle interfère le chaussage (Cheung et al., 2006) même s'il est rarement examiné en expérimentation.

Une publication isolée fait état d'une douleur typique provoquée par hyperpression intra-rotulienne et soulagée à long terme par ponction décompressive (Schneider et al., 2000).

-Épine irritative du sésamoïde externe

-Orengo J—**Nociception plantaire : répercussion sur les gonalgies.** "Pied, équilibre et mouvement", Ph. Villeneuve, B. Weber, 148-149, Masson, Paris, 2000.

Comparaison rétrospective de 37 SFP de 16 à 40 ans et 20 traumatismes du genou (lésions du ménisque ou des ligaments) de la même tranche d'âge. Le groupe SFP présente toujours une douleur type et une supination du pied associée à une douleur du sésamoïde externe et du tendon du jambier antérieur. La douleur provoquée par la compression du bord externe de la rotule est augmentée par la contraction volontaire du jambier postérieur. Des 20 traumatisés, 4 présentent une faible douleur du sésamoïde externe des deux pieds, sans douleurs des tendons du jambier postérieur et 8 un angle poplité compris entre 70° et 80°. Une orthèse adaptée permet de soulager l'ensemble du syndrome SFP.

-Long fléchisseur de l'Hallux

-Tanaka T., Noriyasu S., Ino S., Ifukube T., Masashi Nakata M.—**Objective Method to Determine the Contribution of the Great Toe to Standing Balance and Preliminary Observations of Age-Related Effects.** *IEEE Trans. Rehab. Eng.*, **4**, 2, 84-90, 1996.

Analyse du rôle éventuel du gros orteil dans le déterminisme du maintien de la posture. Un groupe de sujets jeunes (7 garçons, 6 filles âge moyen 21,0 ± 1,6 ans) et un de sujets âgés (4 hommes, 4 femmes, âge moyen 71,4 ± 2,8 ans) tous en bonne santé. Deux protocoles : podométrie (20 s) avec amplitude des oscillations et % du poids /cm², yeux ouverts (YO) et yeux fermés (YF), sur sol dur et sur mousse ; mesure de la sensibilité tactile du gros orteil sur sujet assis les cuisses à 90° sur le bassin et les genoux à 90° sur les cuisses. Dans cette position, l'appareil étire et repousse le gros orteil selon son axe à vitesse constante (0,1m/s). Il

existe entre jeunes et vieux une différence significative ($p < 0,001$) de sensibilité du gros orteil, pas de différence podométrique sur surface dure YO et YF, mais une différence significative ($p < 0,01$) sur mousse YO et YF ; cependant la pression maximale du gros orteil est significativement plus élevée chez les vieux que chez les jeunes. Chez les vieux, la diminution de la sensibilité du gros orteil contribue à leur instabilité.

-Tanaka T., Hashimoto N., Nakata M., Ito T., Ino S., Ifukube T.— **Analysis of Toe Pressures Under the Foot While Dynamic Standing on One Foot in Healthy Subjects.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **23**, 3, 188-193, 1996.

Complément du travail précédent : baropodométrie de 15 jeunes (6 garçons et 9 filles de $21,1 \pm 1,8$ ans) avec les mêmes critères mais en position unipodale, droite ou gauche ; la plate-forme oscille d'avant en arrière ou de droite à gauche (5,4 mm, 0,25 Hz ; 0,2 m/s) ; repos de 5 min entre les enregistrements des deux positions. Les oscillations posturales sont mieux corrélées au sommet du balancement avant- arrière que droite- gauche ; le pic de pression maximale du gros orteil est significativement plus élevé que la somme des pics des quatre autres doigts.

-Kirane Y.M., Michelson J.D., Sharkey N.A.— **Evidence of isometric function of the flexor hallucis longus muscle in normal gait.** *J. Biom.*, **41**, 9, 1919-1928, 2008

Les muscles "multi articulaires" pourraient fonctionner comme "quasi isométriques" en transmettant l'énergie mécanique entre des segments corporels adjacents. Hypothèse testée sur le long fléchisseur de l'hallux (FHL) : mise en charge robotique sur pied de cadavre. Ses tendons dégagés des fibres musculaires ont été raccordés à un tenseur linéaire contrôlé par ordinateur : l'activité du FHL est régulée par une rétroaction à partir de l'EMG enregistré sur sujets sains (FC) et de là rétro- contrôle la position du tendon (PC) maintenant la jonction muscle tendon du FHL stationnaire pendant une simulation de marche. La force exercée sur le tendon et sa course sont enregistrées ainsi que les tensions sur le premier métatarsien ; en sont dérivés les forces exercées dans les articulations métatarsienne et métatarso-phalangienne. Les forces engendrées dans le tendon FHL et les articulations métatarsiennes et métatarso-métacarpiales sous contraction isométrique (PC) ne diffèrent pas significativement de celles de la rétroaction de contrôle (FC). Des forces physiologiques peuvent donc être mises en œuvre sur le gros orteil avec une contraction isométrique du FHL. Un servo-mécanisme sur sa longueur, comme un réflexe myotatique, peut contrôler in vivo la fonction isométrique du FHL pendant la locomotion.

-Tanaka T., Noriyasu S., Ino S., Ifukube T., Masashi Nakata M.— **Objective Method to Determine the Contribution of the Great Toe to Standing Balance and Preliminary Observations of Age-Related Effects.** *IEEE Trans. Rehab. Eng.*, **4**, 2, 84-90, 1996. Analyse du rôle éventuel du gros orteil dans le déterminisme du maintien de la posture. Un groupe de sujets jeunes (7 garçons, 6 filles âge moyen $21,0 \pm 1,6$ ans) et un de sujets âgés (4 hommes, 4 femmes, âge moyen $71,4 \pm 2,8$ ans) tous en bonne santé. Deux protocoles : podométrie (20 s) avec amplitude des oscillations et % du poids /cm², yeux ouverts (YO) et yeux fermés (YF), sur sol dur et sur mousse ; mesure de la sensibilité tactile du gros orteil sur sujet assis les cuisses à 90° sur le bassin et les genoux à 90° sur les cuisses. Dans cette position, l'appareil étire et repousse le gros orteil selon son axe à vitesse constante (0,1m/s). Il existe entre jeunes et vieux une différence significative ($p < 0,001$) de sensibilité du gros orteil, pas de différence podométrique sur surface dure YO et YF, mais une différence significative ($p < 0,01$) sur mousse YO et YF ; cependant la pression maximale du gros orteil est significativement plus élevée chez les vieux que chez les jeunes. Chez les vieux, la diminution de la sensibilité du gros orteil contribue à leur instabilité.

-Tanaka T., Hashimoto N., Nakata M., Ito T., Ino S., Ifukube T.— **Analysis of Toe Pressures Under the Foot While Dynamic Standing on One Foot in Healthy Subjects.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **23**, 3, 188-193, 1996.

Complément du travail précédent : baropodométrie de 15 jeunes (6 garçons et 9 filles de $21,1 \pm 1,8$ ans) avec les mêmes critères mais en position unipodale, droite ou gauche ; la plate-forme oscille d'avant en arrière ou de droite à gauche (5,4 mm, 0,25 Hz ; 0,2 m/s) ; repos de 5 min entre les enregistrements des deux positions. Les oscillations posturales sont mieux corrélées au sommet du balancement avant- arrière que droite- gauche ; le pic de pression maximale du gros orteil est significativement plus élevé que la somme des pics des quatre autres doigts.

-Helbert S.—**Hallux valgus et stabilisation posturale.** *Posturologie clinique. Dysfonctions motrices et cognitives.* B. Weber, Ph. Villeneuve, 148-153, Masson, Paris, 2007.

En stabilographie, le centre de pression des patients porteurs d'un Hallux valgus se situe statistiquement en arrière de sa position moyenne de référence. L'enregistrement de ces sujets pieds nus, chaussés et avec une orthèse choisie pour renforcer le tonus des muscles Long Fléchisseur de l'Hallux confirme le rôle de son affaiblissement –retrouvé chez les patients SFP (*communication personnelle ; Cf. Kirane et al., 2008*) - dans ce recul.

-Kirane Y.M., Michelson J.D., Sharkey N.A.—**Evidence of isometric function of the flexor hallucis longus muscle in normal gait.** *J. Biom.*, **41**, 9, 1919-1928, 2008

Les muscles “multi articulaires“ pourraient fonctionner comme “quasi isométriques“ en transmettant l'énergie mécanique entre des segments corporels adjacents. Hypothèse testée sur le Long Fléchisseur de l'Hallux (FHL) : mise en charge robotique sur pied de cadavre. Ses tendons dégagés des fibres musculaires ont été raccordés à un tenseur linéaire contrôlé par ordinateur : l'activité du FHL est régulée par une rétroaction à partir de l'EMG enregistré sur sujets sains (FC) et de là rétro- contrôle la position du tendon (PC) maintenant la jonction muscle tendon du FHL stationnaire pendant une simulation de marche. La force exercée sur le tendon et sa course sont enregistrées ainsi que les tensions sur le premier métatarsien ; en sont dérivés les forces exercées dans les articulations métatarsienne et métatarso-phalangienne. Les forces engendrées dans le tendon FHL et les articulations métatarsiennes et métatarso-métacarpiennes sous contraction isométrique (PC) ne diffèrent pas significativement de celles de la rétroaction de contrôle (FC). Des forces physiologiques peuvent donc être mises en œuvre sur le gros orteil avec une contraction isométrique du FHL. Un servomécanisme sur sa longueur, comme un réflexe myotatique, peut contrôler in vivo la fonction isométrique du FHL pendant la locomotion.

-Chaussage

-Cheung R.T., Ng G.Y., Chen B.F.—**Association of footwear with patellofemoral pain syndrome in runners.** *Sports Med.*, **36**, 3, 199-205, 2006.

Revue critique sur les possibles relations entre chaussage, SFP et sa prévention (Cf. Helbert, 2007).

-Hyperpression intra-rotulienne

-Schneider U., Breusch S.J., Thomsen M., Wenz W., Graf J., Niethard F.U.—**A new concept in the treatment of anterior knee pain : patellar hypertension syndrome.** *Orthopedics*, **23**, 6, 581-586, 2000.

Étude clinique prospective de 69 sujets avec SFP (136 genoux) dont le traitement physique était inefficace et qui ont accepté une mesure de la pression intra-osseuse de la rotule sous anesthésie locale. De ces 69 sujets, 40 (50 genoux) ont ressenti une douleur comparable à

celle qu'ils connaissaient lorsque la pression intra-rotulienne a été augmentée. Ils ont été traités par ponction osseuse et décompression : 90% de ces sujets ont ressenti une disparition de leur douleur pendant au moins trois ans. Une nouvelle mesure de pression intra-osseuse sur 33 de ces genoux, un an après la première, a retrouvé une diminution de pression chez 88% d'entre eux.

Bilans et indices prédictifs

Le bilan à long terme des évolutions montre une dissociation, décevante pour une rationalité simpliste, entre la perception des sujets qui se disent améliorés alors que la situation de leur genou s'aggrave selon les signes objectifs utilisés pour le diagnostic de SFP (Kannus et al., 1999).

Les études prospectives multifactorielles de cohortes importantes de sujets a priori susceptibles de développer un SFP valident des facteurs de risque. Certains recourent partiellement des données déjà mises en évidence par des protocoles spécifiques (temps de réponse des chefs du quadriceps –Witvrouw et al., 2000 ; associé à d'autres atteintes musculaires, Boling et al., 2009 –, déroulement du pied –Willems et al., 2006 ; Tijs et al., 2007, 2008-, surface plantaire en contact avec le sol -Mc Poil et al., 2009-, score du questionnaire de Kujala –Collins et al., 2010-). Le travail de Piva et al. (2009), oriente les réflexions dans une tout autre direction : la douleur n'est liée à aucun facteur biomécanique mais à l'anxiété et la conviction du sujet de pouvoir éviter les phobies (ce qui demanderait évidemment d'explicitier ces facteurs "psychologiques").

Au total, les différences d'une étude à l'autre des critères validés permettent difficilement des comparaisons simples ou des hypothèses synthétiques.

-Kannus P., Natri A., Paakkala T., Järvinen M.—An outcome study of chronic patellofemoral pain syndrome. Seven-year follow-up of patients in a randomized, controlled trial. *J. Bone Joint Surg. Am.*, **81,3, 355-563,1999.**

Suivi prospectif, randomisé, à double insu, de SFP chroniques unilatéraux. Des 49 sujets inclus, 45 ont été réexaminés sept ans plus tard. Le premier réexamen, à six mois, concernait les effets d'une injection intra-articulaire de glycosaminoglycan comparée à une injection placebo associée à des exercices intensifs du quadriceps et ceux de ces seuls exercices. Le bilan à sept ans comportait des évaluations subjectives standardisées fonctionnelles et cliniques, la mesure de forces musculaires, de l'imagerie en résonance magnétique (IRM), des radiographies et ne densitométrie du genou.

À six mois, ce bilan concerne les deux tiers des patients et, sur ce nombre, aucune différence significative n'est observée entre les trois groupes sur aucun des critères, y compris cliniques. Il existe peu de différences fonctionnelles et cliniques entre les résultats à six mois et à sept ans ; près des trois quarts des patients affirment alors une récupération fonctionnelle totale. Cependant l'évaluation clinique des médecins estime que le nombre de sujets sans symptômes de compression rotulienne et de tests d'appréciation diminue avec le temps de respectivement 42 (93%) et 40 (89%) à six mois à 30 (67%) et 31 (67%) à sept ans ; ces différences sont significatives ($p < 0,002$ et $p < 0,023$). Le nombre de sujets qui présentent une crépitation à la compression de la rotule augmente avec le temps : 26 (58%) à six mois, 36 (80%) à sept ans ($p < 0,021$). Le bilan médical global est comparable : récupération complète passant de 34 sujets (76%) à six mois à 30 (67%) à sept ans mais, avec cet effectif, la différence n'est pas significative ($p = 0,42$). L'IRM pratiquée à sept ans chez 37 sujets ne trouve aucune anomalie chez 24 (65%), des anomalies minimales chez 4 (11%) modérées -soit une épaisseur du cartilage de 25% à 75%- chez 7 (19%) et deux arthroses patentes (5%). Au total, à sept ans, le résultat est bon chez approximativement deux tiers des sujets, le tiers restant présentant encore des symptômes ou des signes objectifs d'anomalies fémoro-patellaires.

-Witvrouw E., Lysens R., Bellemans J., Cambier D., Vanderstraeten G.—Intrinsic risk

factors for the development of anterior knee pain in an athletic population. A two-year prospective study. *Am. J. Sports Med.*, **28**, 4, 480-489, 2000.

Recherche prospective des facteurs de risque de développer un SFP chez 282 garçons et filles d'une formation en éducation physique; suivi de deux ans. Évaluation initiale de variables anthropométriques, performances motrices, laxité articulaire générale, alignement des constituants du membre inférieur, longueur et force de muscles, caractères des rapports statiques et dynamiques rotule/fémur et paramètres psychologiques. 24 d'entre eux ont développé un SFP. Les paramètres qui les différencient significativement des autres concernent l'élasticité musculaire des muscles gastrocnémien et quadriceps, leur puissance instantanée, la mobilité pouce/avant bras, les temps de réponse réflexe du vaste médial et vaste latéral, et les paramètres psychologiques de la recherche d'un soutien social. Cependant il n'existe de corrélation significative avec le développement d'un SFP qu'un raccourcissement du quadriceps, un rapport modifié du temps de réponse réflexe vaste médial/vaste latéral, une diminution de la puissance instantanée musculaire et une mobilité exagérée de la rotule.

-Willems T.M., De Clercq D., Delbaere K., Vanderstraeten G., De Cock A., Witvrouw E.— **A prospective study of gait related risk factors for exercise-related lower leg pain.** *Gait Posture*, **23**, 1, 91-98, 2006

Recherche prospective du risque d'apparition d'une "douleur du membre inférieur liée à l'exercice" (ERLLP) chez 400 étudiants en éducation physique par le recueil systématique de l'alignement statique des segments du membre inférieur et la cinématique en 3D de la marche couplée au profil des pressions plantaires. Toutes les lésions relevant du sport sont enregistrées par le même médecin du sport pendant toute la durée de l'étude. Quarante-six sujets ont développé une ERLLP dont 29 avec symptômes bilatéraux, soit 75 membres inférieurs symptomatiques. Les 167 sujets indemnes servent de témoins ; une analyse de régression linéaire montre que le mode de course avant la lésion des ERLLP est différent de celui des témoins : la frappe de leur talon est significativement plus centrée, la pronation est significativement plus accusée accompagnée d'une pression augmentée sous le bord médial du pied et le roulage latéral est significativement plus marqué. La biomécanique devrait être prise en compte dans la prévention et le traitement des ERLLPs.

-Thijs Y., Van Tiggelen D., Roosen P., De Clercq D., Witvrouw E.— **A prospective study on gait-related intrinsic risk factors for patellofemoral pain.** *Clin. J. Sport Med.*, **17**, 6, 437-445, 2007.

Facteurs prédictifs de douleurs patellaires à la marche : étude prospective de cohorte. Stage d'entraînement de 6 semaines de 65 hommes et 19 femmes, cadets de l'Académie royale militaire de Belgique, indemnes de tout antécédent de plainte concernant le genou ou le membre inférieur. Mesure en début de stage des pressions plantaires pendant la marche (RsScan international footscan) ; en cours de stage, recensement des plaintes SFP et diagnostic par un médecin de médecine du sport. Apparition de SFP pendant le stage chez 25 hommes et 11 femmes. Une analyse en régression multiple montre que la distribution des pressions au début du pas de ces sujets est significativement plus latéralisée que celle des sujets indemnes, que leur temps de pression maximale du quatrième métatarsien est plus court et que la vitesse maximale de changement de direction latéro-médiale du centre de pression pendant la phase de contact au sol de l'avant-pied est significativement plus lente. Ces résultats semblent indiquer que chez les SFP le talon se pose en moindre pronation et que le pied se déroule plus sur le côté que chez les sujets indemnes, données qui peuvent être considérées comme indicatives d'un risque de SFP.

-Thijs Y., De Clercq D., Roosen P., Witvrouw E.— **Gait-related intrinsic risk factors for patellofemoral pain in novice recreational runners.** *Br. J. Sports Med.*, **2**, 6, 466-471,

2008.

Recherche prospective des facteurs de risque intrinsèques d'un SFP chez des coureurs amateurs débutants ; examen et mesure des pressions plantaires pendant le course de 89 femmes et 13 hommes indemnes de plainte concernant genou et cheville. Ils participent à un programme de 10 semaines d'apprentissage de la course au cours desquelles chaque incident sportif est enregistré par un médecin du sport : examen identique en fin de programme à celui du début. Les 17 coureurs qui ont développé un SFP exerçaient un pic de force verticale significativement plus important que les autres sous le talon latéral et les 2^e et 3^e métatarsiens. Une analyse en régression linéaire montre qu'un pic de force verticale sous le 2^e métatarsien significativement plus élevé et qu'un pic de force verticale sous le talon latéral prédisent un SFP. Aucune signification n'a été observée pour l'association d'un varus ou d'un valgus excessifs du pied et le développement d'un SFP.

-Boling M.C., Padua D.A., Marshall S.W., Guskiewicz K., Pyne S., Beutler A.— **A Prospective Investigation of Biomechanical Risk Factors for Patellofemoral Pain Syndrome The Joint Undertaking to Monitor and Prevent ACL Injury (JUMP-ACL) Cohort.** *Am. J. Sports Med.*, **37**, 11, 2108-2116 2009.

Recherche des facteurs de risque du SFP. Etude de cohorte, niveau d'évidence 2 : 1597 sujets suivis de la date de leur insertion dans l'étude (juillet 2005, 2006 ou 2007) jusqu'en janvier 2008 soit un suivi maximum de 2,5 ans. Les données de chaque participant sont recueillies chez les étudiants de première année de l'Académie navale des Etats-Unis avant l'été de leur admission ; elles comportent une analyse de mouvement en 3D pendant une épreuve d'atterrissage, six test de résistance isométrique de l'extrémité inférieure et des mesures d'alignement postural : position du naviculaire et angle Q.

Les facteurs de risque d'apparition d'un SFP incluent pendant l'épreuve d'atterrissage un angle de flexion du genou diminué, une force de réaction verticale au sol diminuée et un angle de rotation interne de la hanche augmenté. En outre, une diminution de la force du chef long du biceps fémoral et du quadriceps, une augmentation de la force du rotateur externe de la hanche et une chute du naviculaire augmentée.

Les programmes de prévention du SFP devraient se concentrer sur l'amélioration de la force des muscles de l'extrémité inférieure au cours de l'enseignement des mécanismes propres aux mouvements dynamiques.

-Piva S.R., Fitzgerald G.K., Irrgang J.J., Fritz J.M., Wisniewski S., McGinty G.T., Childs J.D., Domenech M.A., Jone S., Delitto A.— **Associates of physical function and pain in patients with patellofemoral pain syndrome.** *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, **90**, 2, 285-295, 2009

Chez 74 SFP, recherche du poids relatif des facteurs du SFP, auto évaluation de la fonction et de la douleur, composantes psychologiques (anxiété et conviction d'éviter les phobies) et biomécaniques (force du quadriceps, abduction et rotation externe de la hanche, longueur du tendon d'Achille, du quadriceps, des fléchisseurs plantaires, de l'ensemble tenseur du fascia-lata/tractus ilio-tibial, retinaculum patellaire latéral, pronation du pied, angle Q, torsion tibiale, observation visuelle de la qualité du mouvement d'un saut à cloche-pied de côté).

Après prise en compte de l'âge et du sexe, l'anxiété et la conviction d'éviter les phobies en rapport avec le travail et l'activité physique sont associées à la fonction alors que seule la seconde est associée à la douleur. Aucun facteur biomécanique n'est associé à la fonction et à la douleur chez les sujets SFP ; seuls le sont les facteurs psychologiques. Ces résultats appellent évidemment d'autres analyses sur d'autres groupes de patients et la recherche d'autres facteurs psychologiques.

-McPoil T.G., Vicenzino B., Cornwall M.W., Collins N.— **Can foot anthropometric measurements predict dynamic plantar surface contact area ?** *J. Foot Ankle Res.*, **28**, 2,

2-8, 2009

Recherche de critères permettant de définir cliniquement un pied plat, souvent présenté comme favorisant des lésions du membre inférieur. Six mesures anthropométriques sont recueillies chez 97 femmes et 58 hommes de $24 \pm 3,5$ ans et traitées, ainsi que leurs rapports, en analyse de régression linéaire pas à pas à la recherche du groupe de mesures le mieux adapté à décrire une surface de la sole plantaire totalement en contact avec le sol, talon inclus ou exclu. Les valeurs obtenues ont servi à calculer chaque surface plantaire, laquelle a été comparée à la valeur obtenue en dynamique par un podomètre.

Un modèle à trois variable permet de décrire la relation entre les mesures et leurs rapports et la surface de contact plantaire ($R^2=0,77$, $p<0,0001$) ; un modèle à trois variable permet aussi de décrire ces relations, talon exclu ($R^2=0,76$, $p<0,0001$). Ces données montrent que trois mesures anthropométriques expliquent plus de 75% de la surface de contact plantaire, talon inclus ou exclu.

-Collins N.J., Crossley K.M., Darnell R., Vicenzino B.—**Predictors of short and long term outcome in patellofemoral pain syndrome : a prospective longitudinal study.** *B M C Musculoskelet. Disord.*, 11,11, 1-7, 2010.

Recherche de facteurs cliniques prédictifs d'une évolution défavorable sur la douleur et les indices fonctionnels du SFP.

Etude prospective randomisée de 179 participants à partir de 9 facteurs : âge, sexe, indice de masse corporelle, hauteur de l'arche, ancienneté de la douleur, douleur maximale mesurée à l'échelle analogique visuelle (EVA), questionnaire de Kujala, (KPS), de l'index fonctionnel (FIQ), accroupissements répétés. Appréciation à 6, 12 et 52 semaines : douleur maximale, KPS et FIQ. Les facteurs révélant en analyse uni variée une association significative ont été utilisés pour une analyse multifactorielle en régression linéaire pour déterminer les facteurs associés indépendamment à une évolution défavorable.

À 52 semaines, l'ancienneté de la douleur représente le facteur la prédisant le mieux sur le KPS et le FIQ (respectivement β -0,07, intervalle de confiance à 95% -0,1 à -0,03 et -0,02, de -0,03 à -0,01). Le plus mauvais score KPS initial prédit une issue péjorative à 6, 12 et 52 semaines. Le sexe, la masse corporelle et la hauteur de l'arche ne sont en général pas associés à une évolution défavorable en analyse uni variée ; l'âge, la douleur maximale, FIQ et les accroupissements répétés ont été éliminés par l'analyse multi variée. Le plus mauvais pronostic apparaît attaché à l'ancienneté des douleurs avec un mauvais score KPS initial.

MODÉLISATION

La modélisation, à la fois mémoire des données reconnues et projet de travaux à venir, représente une forme de synthèse issue de la cybernétique et des théories de système. Le premier essai de Tiberio (1987), théorique, est éclairé par celui de Lai et al. (2009) : en comparant les facteurs biomécaniques enregistrés chez 14 témoins et 13 SFP, la réaction au sol (14 données) apparaît plus fidèle aux situations individuelles que la cinématique du pied (16 données) ; le regroupement théorique de ces deux types de données par approximations informatisées successives débouche sur l'association de deux items de réaction au sol et quatre de cinématique du pied qui caractérisent effectivement les sujets SFP par rapport aux témoins sur les enregistrements. Ces données biomécaniques recourent le modèle des pressions que subit le cartilage rotulien pendant la marche et la montée descente d'escalier (Bischoff et al., 2009).

Le modèle de Nigg (2001) s'affranchit de cette approche purement biomécanique : le schéma moteur que déclenche la phase d'appui serait celui qui privilégie le jeu articulaire pour l'exécution de la tâche en cours ; il apparaît mieux intégrer, quoique plus ancien, des

données récentes comme celles de Piva et al. (2009) et de Boling et al. (2009). [Bilans et indices prédictifs, supra].

-Tiberio D.—**The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics : a theoretical model.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **9**, 4, 160-165, 1987

Etant donné qu'une pression excessive de surfaces articulaires latérales caractérise le SFP, que nombre de ces sujets manifestent une déviation structurelle du membre inférieur y compris une hyperpronation de l'articulation subtalaire entraînant un désalignement de l'articulation rotule fémur, qu'une rotation excessive du membre inférieur associée à une hyperpronation de l'articulation subtalaire est considérée comme un facteur majeur du SFP, proposition d'un modèle théorique qui décrit les compensations biomécaniques résultant, au niveau de l'articulation tibio-fémorale, d'une rotation tibiale exagérée, modèle qui évoque la liaison entre cette compensation et la compression patello-fémorale et examine les facteurs et la mesure dans laquelle cette surpression entraîne des symptômes.

-Nigg B.M.—**The role of impact forces and foot pronation : a new paradigm.** *Clin. J. Sport Med.*, **11**, 1, 2-9, 2001

Essai de synthèse, en fonction de la littérature des 25 dernières années pour, à partir de ses contradictions, proposer un nouveau paradigme du rôle des chocs dans la genèse des manifestations douloureuses et des perturbations, aiguës et chroniques liées à la course. Le choc apporterait une information qui accorderait les réponses des muscles (syntonisation) juste avant le contact au sol suivant de sorte qu'ils atténueraient les vibrations de tissus mous et réduiraient les charges des articulations et des tendons. Les données expérimentales suggèrent que l'idée de "l'alignement du squelette" avec les chaussures, les semelles et les orthèses doit être révisée : les modifications induites des mouvements du pied et de la jambe sont faibles, inconstantes et subjectives. Le paradigme proposé postule que les forces agissant pendant la phase d'appui le font comme un signal déclenchant une réaction musculaire qui maintient le schéma préférentiel du mouvement articulaire pour l'exécution de la tâche en cours. Une intervention qui contrarie ce mouvement préférentiel augmente l'activité musculaire. Une chaussure, une semelle, une orthèse optimale modifient l'activité musculaire en général et, de là, travail, fatigue, confort et performances. La stratégie du système locomoteur serait la même dans les deux cas : suivre le même schéma général cinématique et préserver les mêmes situations cinétiques pour une tâche donnée. La réaction syntonique modifierait les activations musculaires avant le contact avec le sol permettant un schéma de mouvement articulaire constant en impliquant les activations musculaires pendant le contact au sol.

-Lai D.T., Levinger P., Begg R.K., Gilleard W.L., Palaniswami M.—**Automatic recognition of gait patterns exhibiting patellofemoral pain syndrome using a support vector machine approach.** *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, **13**, 5, 810-817, 2009

Pour éclaircir le diagnostic de SFP, sa physiopathologie étant discutée, essai d'enregistrement et de traitement de données caractéristiques sur une console vectorielle (SVM) : 14 critères biomécaniques des forces de réaction au sol (GRF) et 16 caractères cinématiques du pied ont été enregistrés chez 14 sujets sains et 13 SFP. Un algorithme a recherché les groupements de paramètres pour classer les performances. La combinaison la mieux caractérisée a alors été comparée aux données individuelles les plus significatives ($p < 0,05$) mises en évidence par une étude précédente. Les forces de réaction au sol (GRF) apparaissent isolément, par une procédure d'élimination pas à pas (LOO), comme plus fidèles (85,15%) que les caractères cinématiques (74,07%). Un algorithme de sélection progressive par étapes a alors cherché le sous-ensemble des facteurs de ces deux groupes qui obtiennent le classement optimal : comportant six items, deux GRF et quatre cinématiques, il obtient une valeur LOO de 88,89%. Le groupement caractéristique de SFP détecté par la console (SVM)

se trouve très proche de cette analyse statistique par inférence avec ce caractère supplémentaire que la console pourrait être utilisée comme un système automatique de détection des modifications de la marche chez les SFP.

-Bischoff J.E., Hertzler J.S., Mason J.J.—**Patellofemoral interactions in walking, stair ascent and stair descent using a virtual patella model.** *J. Biomed.*, 42, 1678-1684, 2009

Modèle informatique du comportement (contraintes et pressions de contact) de la rotule pendant un cycle de marche et ses variantes, nécessaire pour comprendre les suites des implantations chirurgicales. Les données de la littérature indiquent que les déplacements de la rotule sont dépendants de la mécanique ostéoarticulaire et du contrôle des forces mises en jeu en fonction de la flexion du genou et des forces de réaction de l'articulation. Les résultats montrent, à la différence de la plupart des analyses antérieures, que l'équilibre quasi statique est renforcé durant l'ensemble du cycle de marche. Les forces (leur pic) varient beaucoup selon les trois types de marche (habituelle, en montant ou en descendant un escalier) ; la pression de contact maximale et la contrainte de *von Mises* sont grossièrement équivalentes. Cependant la surface de contact est plus large à la montée et à la descente d'escalier que pendant la marche, comme la charge patello-fémorale. La géométrie de l'implant et l'écrasement du polyéthylène améliorent la concordance des composants fémoraux et rotuliens. En outre, la pression maximale de contact ne coïncide pas avec la charge maximale sauf dans la marche. À partir de la spécificité de ce travail sur l'implant ces résultats ont d'importantes possibilités d'analyse du comportement de la rotule et soulignent le besoin de préciser la mécanique patellaire pendant la marche.

THÉRAPEUTIQUE

L'appréciation globale de Crossley et al., en 2001, traduit le sentiment que donne l'accumulation des résultats, partiels ou discutables, de traitements centrés sur une hypothèse physiopathologique limitée, perçue, comme le montrent Kannus et al. (1999 -Bilans et indices prédictifs) différemment par le patient, son thérapeute ou tout autre examinateur. Les interventions locales, chirurgie, résections ligamentaires, ne semblent relever que de l'histoire ou de l'anecdote.

Généralités

-Crossley K., Bennell K., Green S., McConnell J.—**A systematic review of physical interventions for patellofemoral pain syndrome.** *Clin. J. Sport. Med.*, 11, 2, 103-110, 2001.

Revue générale bibliographique (Medline) jusqu'en octobre 2000 des appréciations cliniques des thérapies physiques, en excluant médicaments et chirurgie : procédés soit de raffermisssement (vaste médial, quadriceps), soit de réalignement (maintien, appareillage) ; sélection sur études cliniques contrôlées, avec évaluation de résultat clairement définie. Des 89 articles candidats, 16 ont été analysés dont aucun n'est une étude contrôlée, randomisée : huit correspondent à une physiothérapie, les huit autres à d'autres procédés physiques. Des diminutions significatives des symptômes du SFP sont décrits pour les orthèses et un appareillage (*Progressive brace resistance*) mais elles ne sont pas obtenues contre placebo ; pas de résultat probant pour les appareillages fémoro-patellaires, l'acupuncture, le laser de basse intensité, la mobilisation chiropractique ou le maintien de la rotule.

Interventions locales

Chirurgie

-Cf. (Wilk *et al.*, 1994 -*Critères de jugement/Questionnaire*)

-Nimon G., Murray D., Sandow M., Goodfellow J.—**Natural history of anterior knee pain : a 14- to 20- follow-up of nonoperative management**, *J. Pediatr. Orthop.*, **18**, 1, 118-122, 1998.

Suivi (16 ans en moyenne) de jeunes femmes présentant une douleur idiopathique du genou non opérées : 22% n'ont plus de douleurs ; 71% estiment que leurs symptômes se sont améliorés ; 90% continuent à pratiquer leur sport. Aucune particularité ne permet d'anticiper la persistance des symptômes ; en attendant, il ne faut pas opérer.

-Cibulka M.T., Threlked-Watkine B.—**Patellofemoral pain and asymmetrical hip rotation**. *Phys. Ther.*, **85**, 11, 1201-1207, 2005

Cas clinique. Jeune femme de 18 ans sans passé traumatique avec douleur antérieure du genou. Son score WOMAC (Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis index) est 24%. La rotation médiale de la hanche droite est inférieure à celle de la hanche gauche et l'évaluation manuelle montre une faiblesse des rotateurs internes et abducteurs de la hanche droite. Correction chirurgicale qui augmente la rotation interne de la hanche droite et la force des muscles concernés : elle élimine la douleur du genou. À 14 jours, les symptômes sont normalisés, le WOMAC est à 0%. L'asymétrie fémorale de la hanche pourrait être en relation avec la douleur antérieure du genou (Cf. *Souza et al.*, 2008, 2009, *Dysfonctions musculaires*).

—*Décompression intra-osseuse* : (Cf. *Schneider et al.*, 2000, *Biomécanique avec SFP/ autres*)

—*Résections ligamentaires*

-Kasim N., Fulkerson J.P.—**Resection of clinically localized segments of painful retinaculum in the treatment of selected patients with anterior knee pain**. *Am. J. Sports Med.*, **28**, 6, 811-814, 2000.

Évaluation des résultats à long terme de résections locales des tissus mous pour douleurs réfractaires du ligament patellaire de 25 patients. Échelle analogique visuelle, pour déterminer les modifications de douleur et d'activité ; évaluation individuelle subjective des résultats ; question sur l'acceptation éventuelle d'une autre intervention chirurgicale pour des circonstances analogues. Cinq (20%) de ces patients n'avaient pas subi de chirurgie avant celle-ci, les 20 autres diverses interventions (de 1 à 6). Subjectivement, 22 patients (66%) déclarent une amélioration modérée ou notable, les trois autres n'ayant ressenti aucune amélioration mais tous accepteraient une nouvelle intervention dans les mêmes circonstances. Cinq notent une diminution du bénéfice avec le temps, mais deux seulement ont diminué leur activité après l'intervention. Alors que 60% avaient diminué leur activité à cause de leurs symptômes, 40% l'ont augmenté après la chirurgie. Le niveau de douleur diminue de 50% après chirurgie. Les meilleurs résultats concernent les lésions des ligaments patellaires médian, médian inférieur et latéral inférieur. L'histologie des tissus excisés révèle une fibrose, des proliférations vasculaires et des axones petits avec diminution de la myéline (névrome) (Cf. *Mori et al.*, 1991 ; *Witonski* 1999 ; *Sanchis-Alfonso et al.*, 1998, 1999, 2000, 2001, 2005).

—*Maintien de la rotule*

-Ernst J.J., Kawaguchi J., Saliba E.—**Effect of patellar taping on knee kinetics of patients with patellofemoral pain syndrome**. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **29**, 11, 661-667, 1999

Évaluation du ruban rotulien de McConnell sur la hauteur d'un saut maximal à cloche pied et sur le moment et la puissance de l'extenseur du genou dans le maintien latéral du membre.

40 femmes ($24,4 \pm 5,8$ ans) avec SFP en quatre conditions : avec ruban, avec ruban placebo, sans ruban, genou non impliqué ; mesures par une plate-forme de force et un système d'analyse du mouvement. L'analyse de variance met en évidence des différences : le ruban rotulien augmente le moment d'extension ($1,57 \pm 0,32$ N.mg/kg), et la puissance ($3,47 \pm 0,67$ W/kg) du quadriceps par rapport à son absence ($1,31 \pm 0,39$ N.mg/kg et $2,79 \pm 1,21$ W/kg) et au placebo ($1,33 \pm 0,30$ N.mg/kg et $2,70 \pm 0,99$ W/kg). La hauteur du saut maximal à cloche-pied du membre intact est significativement supérieure ($25,69 \pm 2,66$ cm) à celle obtenue avec ruban rotulien ($23,33 \pm 4,22$ cm) avec placebo ($23,08 \pm 4,20$ m) et sans ruban ($23,45 \pm 4,54$ cm) alors qu'il n'apparaît pas de différence entre ces trois dernières situations.

Rééducation

Qu'elles se présentent sous forme d'exercices programmés ou de kinésithérapie, ces modalités sont les traitements les plus fréquents et les plus évalués. La plupart visent le quadriceps ; si les améliorations de la douleur sont généralement reconnues, les signes de contrôle objectif proposés ne sont guère améliorés (Heintjes et al., 2003), rarement avant 2005, inconstamment après, nettement dans l'essai de Crossley et al.,(2002) et celui de Boling et al. (2006) qui associe au renforcement du quadriceps celui des muscles de la hanche alors que deux modalités de renforcement du seul quadriceps sont inefficaces pour Herrington & Al-Sherhi, (2007). Le degré de flexion du genou pourrait influencer le résultat de ce type de traitement (Escamilla et al., 2008, 2009).

-Brody D.M.—**Techniques in the evaluation and treatments of the injured runners.** *Orthop.Clin. North Am.*, **13**, 3, 541-558, 1982

Plaidoyer pour un équipement et des compétences particulières pour les coureurs et leurs pathologies. Profiter de la limitation ou de la suppression des courses pour un réentraînement progressif nécessaire, y compris "courir dans l'eau" et proposer un programme de reprise. Les orthèses peuvent constituer une aide pour compenser des défauts biomécaniques.

-Wise H.H., Fiebert I., Kates J.J.—**EMG biofeedback as a treatment for patellofemoral pain syndrome.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **6**, 2, 95-103, 1984

Traitement proposé en considérant le SFP comme la désaxation du mouvement de la rotule dans le sillon fémoral due à une contraction déséquilibrée des chefs du quadriceps. Il comporte un renforcement spécifique du vaste interne. Six SFP ont suivi un programme comportant trois phases : 1) des contractions isométriques du quadriceps orientées par biofeedback, des levers axiaux de jambe et un programme domestique ; 2) un programme d'entraînement par biofeedback du vaste interne avec contractions isométriques du quadriceps, des levers axiaux de jambe et des exercices progressifs contre résistance ; l'inclusion de l'activité du vaste interne dans des schémas fonctionnels de mouvements. Les six sujets ont modifié le jeu de leur vaste interne avec une modification apparente des forces appliquées à la rotule et une diminution des douleurs alléguées. Retour à une activité fonctionnelle indolore pour les six patients après six à neuf séances, dans un délai de quatre à six semaines.

-Kannus P., Niittymäki S.—**Which factors predict outcome in the nonoperative treatment of patellofemoral pain syndrome? A prospective follow-up study.** *Med. Sci. Sports Exerc.*, **26**, 3, 289-296, 1994.

Recherche prospective de 22 facteurs pouvant contribuer au dénouement du SFP dans des traitements non chirurgicaux : âge, sexe, composition corporelle, activité sportive, durée des symptômes ; les 17 autres mesurent cliniquement ou radiologiquement les facteurs biomécaniques du défaut d'alignement des extrémités inférieures. Ces variables ont été mesurées chez 49 patients consécutifs au début d'un traitement de 6 semaines (repos, anti-inflammatoires non stéroïdiens, exercices isométriques intenses du quadriceps), à la fin de

traitement et 6 mois plus tard avec pour critère de jugement l'Echelle Analogique Visuelle et les Scores de genou de Lysholm et de Tegner. Une analyse en régression multiple indique que l'âge est le seul facteur significatif associé, mais faiblement, au dénouement du SFP : plus jeune est le patient, meilleure est l'issue : $r=$ de -0,34 à -0,41 à 6 semaines, et de -0,25 à -0,41 à 6 mois (Cf. *Collins et al., 2010, Bilans et indices prédictifs*). Aucun des autres facteurs retenus n'améliore la prédiction. Ce résultat laisse entendre que le renforcement du quadriceps est une tentative valable de traitement (70% de récupération complète) vis-à-vis des facteurs étudiés.

-Timm K.E.—**Randomized controlled trial of Protonics on patellar pain, position and function.** *Med. Sci. Sport Exerc.*, **30**, 5, 665-670, 1998

Examen de la douleur fémoro-patellaire (PFP) et des anomalies de la congruence rotule-fémur (PPC) chez 100 sujets, repartis par tirage au sort en deux groupes. PFP est mesurée par une échelle analogique visuelle, PPC par un examen radiologique, la fonction de l'articulation par un questionnaire de *Kujala et al., (1993)*. Le groupe traité pratique au cours de sa vie quotidienne des exercices en utilisant l'appareil "Protonics". Les mêmes examens sont repris au bout de quatre semaines. Une analyse de variance à une voie ne montre aucune différence dans le groupe témoin est des améliorations significatives (toutes supérieures à $p<0,001$) de la congruence, de la douleur et du questionnaire.

-Laprade J., Culham E., Brouwer B.—**Comparaison of five isometric exercises in the recruitment of the vastus medialis oblique in patients with and without patellofemoral pain syndrome.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **27**, 3, 197-204, 1998

Comparaison, chez 8 femmes SFP et 19 témoins, des EMG du vaste médial oblique (VMO) par rapport au vaste latéral (VL) au cours de cinq exercices proposés pour renforcer la force de ces muscles. La surface sous la courbe de chacun de ces enregistrements est normalisée en fonction de la surface obtenue pour une contraction volontaire isométrique submaximale (50% de cette surface) ; la mesure à partir de cette surface normalisée est exprimée comme le rapport VMO/VL. L'analyse de variance à deux facteurs ne révèle de différence de ce rapport entre les SFP et les témoins pour aucun des cinq exercices ($p>0,05$). Par contre, ce rapport est significativement plus élevé ($p<0,005$) pour trois des cinq exercices dans les situations, d'une part combinant rotation tibiale médiale et genou étendu, d'autre part exclusive, genou étendu (Cf. *Neptune et al., 2000, Orthèses, infra*). L'adduction de la hanche et la combinaison adduction de hanche/extension du genou n'augmentent pas le recrutement du VMO par rapport à celui du VL.

-Powers C.M.—**Rehabilitation of patellofemoral joint disorders : a critical review.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **28**, 5, 345-354, 1998

Revue de la littérature sur le traitement du SFP par le réentraînement du vaste médial, le ruban et l'ancrage rotuliens et différentes formes d'exercices thérapeutiques devant les résultats contradictoires du réentraînement.

-Roush M.B., Sevier T.L., Wilson J.K., Jenkinson D.M., Helfst R.H., Gehlsen G.M., Basey A.L.—**Anterior knee pain : a clinical comparison of rehabilitation methods.** *Clin. J. Sport Med.*, **10**, 1, 22-28, 2000

Comparaison prospective, à simple insu, chez 65 SFP de trois ensembles de récupération : soins à domicile traditionnels ($n=20$), kinésithérapie ($n=21$), soins à domicile complétés par une forme particulière de lever rectiligne de la jambe pour renforcer le vaste médial (méthode Mucie, $n=23$). Données cliniques et test Cybex recueillis au départ et après 6 et 12 semaines de traitement, données cliniques seules après 2 semaines. L'amélioration des cotations de la douleur et de l'impotence fonctionnelle est significativement meilleure avec la méthode Murcie et pour le test Cybex l'amélioration des contractions isométriques indolores et des

contractions volontaires maximales. Il n'apparaît pas de différence significative entre les soins à domicile et la kinésithérapie.

-Mascal C.L., Landel R., Powers C.— **Management of Patellofemoral Pain Targeting Hip, Pelvis, and Trunk Muscle Function : 2 Case Reports.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 33, 642-660, 2003.

Deux observations de douleurs patellaires sans déviation ni problème de marche mais qui présentaient une adduction exagérée de la hanche, une rotation interne et un valgus du genou en marchant et à la descente d'une marche. Les deux présentaient aussi une faiblesse des abducteurs, extenseurs et rotateurs externes de la hanche, mis en évidence par un test manuel dynamométrique. Dans les deux cas, le traitement de 14 semaines a comporté un entraînement de recrutement et d'endurance des muscles de la hanche, du pelvis et du tronc. Les deux patientes ont observé une diminution significative de leurs douleurs, une amélioration, subjective et objective, de la cinétique du membre inférieur pendant les tests dynamiques ; les deux ont retrouvé leurs capacités originelles. La force de contraction du moyen fessier a été augmentée de 50% chez une des patientes et de 90% chez l'autre, tandis que la contraction maximale l'ont été respectivement de 55% et 110%. L'amélioration du test de descente d'une marche a été objectivée chez l'une des deux (Cf. Souza et al., 2008, 2009, *Dysfonctions musculaires*).

-Crossley K., Bennell K., Green S., Cowan S., McConnell J.—**Physical therapy for patellofemoral pain: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial.** *Am. J. Sports Med.*, 30, 6, 857-865, 2002.

Étude multicentrique, à double insu, randomisée contre placebo pour estimation des bénéfices sur la douleur : entraînement musculaire du quadriceps, mobilisation et tapotage de la rotule, une séance par semaine pendant 6 semaines et exercices quotidiens à la maison ; placebo = pseudo ultrasons, lumière sur gel neutre et tapotage inefficace. 70 sujets de moins de 40 ans avec douleur SFP d'un mois ou plus.

Effectif final 67 participants ; les 33 traités manifestent une diminution de la douleur significativement plus importante que les témoins, (34) aussi bien pour la douleur moyenne et la pire que pour la gêne fonctionnelle.

-Witvrouw E, Cambier D, Danneels L, Bellemans J, Werner S, Almqvist F, Verdonk R.— **The effect of exercise regimens on reflex response time of the vasti muscles in patients with anterior knee pain: a prospective randomized intervention study.** *Scand. J. Med. Sci. Sports.*, 13, 4, 251-258, 2003.

Cette étude prospective randomisée (60 sujets) compare (comme la précédente) un traitement de 5 semaines d'exercices soit en chaîne ouverte, soit en chaîne fermée sur les temps de réponse électromyographique du Vaste médial (VMO) et du Vaste latéral (VL) (Cf. *Dysfonctions musculaires* Souza et al., 1991... Chester et al., 2008) ; enregistrements avant traitement, en fin de traitement et trois mois après la fin de traitement, complétés par une estimation de la fréquence quotidienne des douleurs de genou et leur intensité sur une EVA.

Aucune altération de la réponse réflexe n'a été observée ni dans un groupe ni dans l'autre : ces exercices ne modifient pas les temps réflexes normaux. Des différences minimales et non significatives de la douleur existent entre les deux groupes ; par contre, les douleurs de genou diminuent significativement dans les deux groupes.

-Heintjes E., Berger M.Y., Bierma-Zeinstra S.M., Bernsen R.M., Verhaar J.A., Koes B.W.—**Exercise therapy for patellofemoral pain syndrome.** *Cochrane Database Syst. Rev.*, 4, CD003472, 2003.

Meta- analyse de la banque de données Cochrane sur Medline consacrée affections ostéo-musculaires et leur traitement de 2001 à 2003, retenant les seuls traitements par exercices de

SFP ; excluant toute autre affection proche ; soit, issus de 750 publications, 12 essais concernant tous des exercices de renforcement du quadriceps, avec comme critères douleurs et fonction du genou au quotidien. Une étude de haute qualité et deux de basses qualité ne recevant aucun traitement ont servi de groupe contrôle. Une réduction significativement plus importante de la douleur a été trouvée dans une étude de haute qualité et une de basse qualité, bien qu'à des temps différents. Une seule étude, de basse qualité, fait état d'une amélioration significative plus importante des épreuves fonctionnelles avec les exercices. Cinq études comparent des traitements par des exercices en chaîne fermée (les pieds en contact avec une surface) à celles en chaîne ouverte (les pieds sans contact avec une surface) ; deux sont de haute qualité mais ne montrent ni amélioration fonctionnelle, ni réduction de la douleur significatives. Les quatre autres études, de basse qualité, sont centrées sur d'autres comparaisons de traitements.

En conclusion, la preuve que les exercices sont plus efficaces pour traiter les SFP que l'absence d'exercice est limitée à la diminution des douleurs et discutable pour l'amélioration fonctionnelle. Les exercices en chaîne fermée ou ouverte sont manifestement équivalents.

-Stefanick G.F.—**Low-tech rehabilitation of bilateral patellofemoral knee pain in a runner : a case study.** *J. Can. Chiropr. Assoc.*, **48**, 4, 259-265, 2004

Exemple du traitement d'un SFP associant mobilisation de la rotule, réentraînement musculaire à domicile, manipulations spinales, orthèse semi-rigide...

-Drover J.M., Forand D.R., Herzog W.—**Influence of active release technique on quadriceps inhibition an strength : a pilot study.** *J. Man. Physiol. Ther.*, **27**, 6, 408-413, 2004

Examen d'une méthode "de relâchement actif" (ATR) sur la force et l'inhibition du quadriceps des SFP. Neuf athlètes (4 hommes 5 femmes) SFP ; détermination de la force isométrique par un dynamomètre et l'inhibition par un tensiomètre interposé. Mesures sur les deux jambes, SFP et témoin, avant et immédiatement après ATR et 20 min plus tard pour la seule jambe au genou douloureux. Le moment de l'extenseur du genou est calculé par le moment du bras de levier multiplié par la force mesurée par le dynamomètre, le pourcentage d'inhibition en divisant le torque interpolé de la tension par celui de repos (ITT/ITR x100). Ces deux mesures ont été comparées par une ANOVA avant versus après traitement et jambe indemne versus SFP. ART N'augmente la force ni ne diminue l'inhibition du quadriceps des SFP.

-Witvrouw E., Lysens R., Bellemans J., Peers K., Vanderstraeten G.—**Open versus closed kinetic chain exercises for patellofemoral pain. A prospective, randomized study.** *Am. J. Sports Med.*, **28**, 5, 687-694, 2000

Étude prospective comparant l'efficacité d'exercices de kinésithérapie en chaînes ouvertes ou fermées dans le SFP : 60 sujets en deux groupes tirés au sort pour un programme de cinq semaines de ces deux modes de kinésithérapie ; évaluation des capacités musculaires, des symptômes subjectifs et des performances fonctionnelles, avant traitement, à la fin du traitement et trois mois plus tard. La douleur diminue et les signes fonctionnels sont améliorés, significativement, dans les deux groupes. Le traitement en chaînes fermées semble –mais non significativement– un peu plus efficace.

-Witvrouw E., Danneels L., Van Tiggelen D., Willems T.M., Cambier D.—**Open versus closed kinetic chain exercises in patellofemoral pain: a 5-year prospective randomized study.** *Am. J. Sports Med.*, **32**, 5, 1122-1130, 2004

Comparaison des résultats à terme des entraînements aux mouvements des chaînes fermées et ouvertes. Examen de l'état musculaire, des symptômes subjectifs et des performances fonctionnelles avant exercices, après 5 semaines de ce traitement exclusif et 5 ans plus tard en

comparant deux groupes tirés au sort dans une cohorte initiale de 60 sujets. À 5 ans, les résultats subjectifs et fonctionnels des deux groupes sont bons, équivalents à ce qu'ils étaient à la fin des exercices et comparables pour la majorité des sujets pour la plupart des critères. Cependant pour 3 des 18 échelles analogiques visuelles les sujets du groupe à chaînes ouvertes manifestent moins de douleurs que ceux du groupe à chaînes fermées.

-Hazneci B., Yildiz Y., Sekir U., Aydin T., Kalyon T.A.— **Efficacy of Isokinetic Exercise on Joint Position Sense and Muscle Strength in Patellofemoral Pain Syndrome.** *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, 84, 521-527, 2005.

Chez 24 hommes avec SFP et 24 en bonne santé, exercices isocinétiques des muscles de la cuisse à deux vitesses : 60 et 180°/s ; trois séances par semaines pendant six semaines. Critères de jugement : perception passive de la position du genou (Cf. *Baker et al., 2002 ; Bennell et al., 2005 ; Selfe et al., 2006, Physiopathologie fonctionnelle, Proprioception*), force de contraction des muscles de la cuisse, quadriceps et de la loge postérieure (biceps, semi-membraneux, semi-tendineux), évaluation de la douleur. Tous les critères sont significativement améliorés chez les SFP : pic de flexion ($p < 0,05$) et d'extension ($p < 0,01$) ; travail total de flexion ($p < 0,001$) et d'extension ($p < 0,001$) ; reproduction passive de la situation du genou en flexion à 40° ($p < 0,05$) et en extension à 50° ($p < 0,01$) ; niveau de douleur ($p < 0,001$).

-Boling M.C., Bolgla L.A., Mattacola C.G., Tim L., Hosey R.G.— **Outcomes of a Weight-Bearing Rehabilitation Program for Patients Diagnosed with Patellofemoral Pain Syndrome.** *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 87, 1428-1435, 2006.

Effets d'un programme de renforcement musculaire du quadriceps et des abducteurs de la hanche, en charge, durant six semaines chez 14 SFP, par comparaison avec un groupe de 14 témoins. Critère de jugement : délai de la réponse électromyographique du vaste médian, du vaste latéral, du moyen fessier et durée de la réponse du moyen fessier ; échelle analogique visuelle de la douleur ; questionnaire (FIQ). La différence entre le début de réponse du vaste latéral et du vaste médian, la douleur et le score du questionnaire sont significativement améliorés chez les SFP par rapport aux données d'avant traitement. Le traitement annule la différence du délai de réponse des vastes existant à l'origine entre SFP et témoins ; il n'est pas observé d'effet sur la réponse du moyen fessier.

-Herrington L., Al-Sherhi A.— **A controlled trial of weight-bearing versus non-weight-bearing exercises for patellofemoral pain.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 37, 4, 155-160, 2007.

Comparaison du résultat de 6 semaines de travail du quadriceps mono articulaire et sans surcharge avec un travail pluri articulaire en surcharge, les deux techniques étant publiées comme efficaces pour renforcer le quadriceps dans le traitement des SFP. Tirage au sort de trois groupes dans une population de 25 garçons SFP entre 18 à 35 ans : les exercices du premier consistent à étendre le genou, ceux du second à s'asseoir en force ; le troisième groupe sert de témoin. Les critères de jugement sont les symptômes subjectifs, la force musculaire à l'extension du genou et les performances fonctionnelles. Diminution des douleurs et performance fonctionnelle sont significativement ($p < 0,05$) améliorées dans les deux groupes par rapport aux témoins ; aucune mesure ne différencie significativement les deux groupes.

-Escamilla R.F., Zheng N., MacLeod T.D., Edwards W.B., Hreljac A., Fleisig G.S., Wilk K.E., Moorman C.T. 3rd, Imamura R.— **Patellofemoral compressive force and stress during the forward and side lunges with and without a stride.** *Clin. Biom.*, 23, 8, 1026-1037, 2008

Alors que les exercices rattrapage en avant ou de côté sont fréquents en rééducation de SFP, les pressions et les tensions sur la rotule ne sont pas connues : 18 sujets ont trébuché de tout leur poids en avant ou sur le côté avec, ou non, une grande enjambée. Les données de l'EMG, d'une plate-forme de force et des variables cinématiques ont été introduites dans un modèle biomécanique à partir duquel ont été calculées les pressions et les tensions rotuliennes en fonction des angles de flexion du genou. Ces valeurs diminuent au fur et à mesure que le genou fléchit et croissent avec son extension ; elle sont supérieures en trébuchement de côté à celles en trébuchement avant pour une flexion de 80° à 90° et supérieur avec enjambée que sans entre 10° et 50° de flexion. Il n'apparaît pas d'interaction significative entre les variations de chute et d'ampleur du pas. Un travail entre 0° et 50° dans les phases précoces de rééducation sont préférables : les pressions et tension sur la rotule y sont moindres que pour des angles plus grands.

-Escamilla R.F., Zheng N., MacLeod T.D., Edwards W.B., Imamura R., Hreljac A., Fleisig G.S., Wilk K.E., Moorman C.T. III, Andrew J.R.—**Patellofemoral joint force and stress during the wall squat and one-leg squat.** *Med. Scien. Sports Ex.*, **41**, 4, 879-888, 2009

Même type de protocole que celui des mêmes auteurs de 2008, mais la tâche est une série de 12 accroupissements maximum d'une part les deux pieds joints soit collés à un mur soit éloignés de lui, d'autre part sur une seule jambe : 18 sujets dont les données enregistrées sont introduites dans un modèle biomécanique. Analyse par ANOVA répétitive à un facteur. Pendant le relèvement, il existe des différences significatives de pression et de tension sur la rotule entre les trois conditions à 90° de flexion (p=0,002), 80° (p=0,002), 70° (p<0,001) et 60° (p=0,001). Pression et tension sur la rotule sont significativement plus fortes à 80° pieds joints, près et loin du mur que sur une jambe et plus fortes à 60° pieds loin du mur que près de lui et que sur une jambe. Il serait prudent de rééduquer, si l'on souhaite minimiser les pressions sur la rotule, avec des angles de flexion inférieurs à 50°.

Orthèses

-Essais

Les orthèses de ces publications ne sont pas comparables aux orthèses que prescrivent les podologues français, adaptées à la situation posturale particulière de chaque patient⁵. Elles modifient le comportement biomécanique de la jambe et du pied (Cf. Cheung et al., 2006, Physiopathologie fonctionnelle) à l'arrêt, en situation de marche avec chaussures ou pieds nus ; les témoins de cet effet sont différents d'une publication à l'autre. La revue de McMillan & Payne (2008) manifeste la difficulté d'interpréter les données de ces essais dont peu répondent aux critères actuels de validité.

-D'Amico J.C., Rubin M.—**The influence of foot orthoses on the quadriceps angle.** *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.*, **76**, 6, 337-340, 1986.

Analyse rétrospective de 21 orthèses : réduction de 6° de l'angle Q (quadriceps) ; une sur correction ou la diminution d'un angle Q normal sont préjudiciables. (Cf. *Stacoff et al.*, 2000)

-McPoil T.G., Adrian M., Pidcoe P.—**Effects of foot orthoses on center-of-pressure patterns in women** . *Phys. Ther.*, **69**, 2, 149-154, 1989

Recherche de l'effet d'orthèses sur l'évolution du centre de pression pendant la marche chez des femmes à l'avant-pied déformé : 9 en varus antérieur et 9 en valgus antérieur. Chacune traverse trois fois sur une plate-forme de force dans chacune des cinq conditions : pieds nus, chaussée sans orthèse et, en chaussure, orthèse rigide, orthèse semi-rigide et orthèse souple. Mesure de la surface sous la courbe du centre de pression. Une analyse de variance à deux

⁵ Villeneuve Ph.—*Traitement postural et orthèse podale : mécanique ou informative?* “ Pied, équilibre et traitements posturaux“, B. Weber, Ph. Villeneuve, 93-103, Masson, Paris, 2003

facteurs montre une action significative du traitement ($p < 0,001$) et l'interaction entre traitement et déformation du pied ($p < 0,05$). La comparaison de Takey pour le groupe varus montre alors une différence significative ($p < 0,05$) entre les traitements 1) pieds nus et chaussure, 2) pieds nus et orthèse rigide, 3) pieds nus et orthèse semi-rigide, 4) pieds nus et orthèse souple. Pour le groupe valgus, la même analyse donne la même différence avec le même signification ($p < 0,05$) entre les mêmes conditions (2,3,4) sauf la 1) pieds nus et chaussure.

-Eng J.J., Pierrynowski M.R.—**The effect of soft foot orthotics on three-dimensional lower-limb kinematics during walking and running.** *Phys. Ther.*, **74**, 9, 836-844, 1994.

Examen des effets des orthèses sur l'alignement des mouvements des articulations talo-crurale /subtaliennne et du genou au cours de la marche et de la course. Dix adolescentes (de 13 à 17 ans, moyenne $14,4 \pm 1,1$ an) avec SFP et un varus de l'avant-pied supérieur à 6° et/ou un valgus calcanéen supérieur à 6° font 30 enjambées de marche et de course sur une piste déroulante ; les alignements sont enregistrés par un système optoélectronique. L'analyse de variance qui concerne les alignements de six passages successifs pour chaque sujet prend en compte les situations avec et sans orthèses, la marche et la course et l'étape du mouvement : contact du sol, position intermédiaire et propulsion.

Aucune différence n'est observée dans le plan sagittal. Les orthèses réduisent de 1° à 3° l'alignement dans les plans frontal et transversal de l'articulation talo-crurale/subtaliennne pendant la marche et la course ; elles réduisent les mouvements du genou dans le plan frontal pendant le contact du sol et la position intermédiaire pendant la marche mais les augmentent pendant la course.

-Nawoczenski D.A., Cook T.M., Saltzman C.L.—**The effect of foot orthotics on three-dimensional kinematics of the leg and rearfoot during running.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **21**, 6, 317-327, 1995.

Examen radiologique chez 20 coureurs amateurs des conséquences de semelles semi-rigides. Elles modifient la rotation qui résulte du contact du talon au pic de la rotation interne du tibia aussi bien que la relation qui unit la rotation de l'axe tibial à la bascule interne/externe du calcanéum. Quelle que soit la situation de l'arrière pied tous les sujets répondent de la même façon avec une diminution moyenne de la rotation interne du tibia de 2 degrés ; par contre, pas de différence dans le plan frontal (Cf. *Lafortune et al.*, 1994 ; *Cornwall et McPoil*, 1996 ; *Stacoff et al.*, 2000).

-Cornwall M.W., McPoil T.G.—**Footwear and foot orthotic effectiveness research : a new approach.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **21**, 6, 337-344, 1995.

Enregistrement vidéo de la rotation tibiale et du recul du calcanéum chez 5 femmes et 3 hommes en bonne santé marchant sur une piste de 12 m. Les valeurs observées sont variables d'un individu à l'autre, mais les deux critères sont très bien corrélés ($r = 0,95$). Analyse de marche à vitesse spontanée chez deux sujets soit avec chaussures usagées, soit avec orthèse : l'une et l'autre de ces conditions diminuent la rotation tibiale par rapport à la marche pieds nus.

-Klingman R.E., Liaos S.M., Hardin K.M.—**The effect of subtalar joint posting on patellar glide position in subjects with excessive rearfoot pronation.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **25**, 3, 185-191, 1997.

Observation radiologique tangentielle, en charge, de la position de la rotule avec une semelle semi-rigide postérieure adaptée à l'hyperpronation de l'arrière pied ; 16 comparaisons avant / après chez 12 femmes SFP asymptomatiques (soit 4 bilatérales). La semelle améliore ($Student p \leq 0,05$) le centrage de la rotule.

-Way M.C.—**Effects of a thermoplastic foot orthosis on patellofemoral pain in a collegiate athlete : a single-subject design.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **29**, 6, 331-338, 1999.

Observation d'un seul sujet sur 9 séquences A (=avec orthèse thermoformée) -B (=sans)-A-B... pour corriger une hyperpronation de l'avant-pied (Cf. *Cornwall et McPoil, 1996*). Critère : douleur sur EVA, plus un questionnaire de capacité fonctionnelle. Amélioration significative des signes fonctionnels pour 7 des 9 séquences.

-McPoil T.G., Cornwall M.W.—**The effect of foot orthoses on transverse tibial rotation during walking.** *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.*, **90**, 1, 2-11, 2000

Dix volontaires de 23 à 43 ans ont testé deux types d'orthèse : une paire en plastique rigide positionnée sur l'avant et l'arrière du pied et une paire souple, adaptative, prémodélisée sans positionnement. Les chaussures sont du même type pour tous. Après un repos contrôlé, chaque sujet a marché à son rythme sur une piste de 12 m, les mouvements de rotation du tibia étant enregistrés par une camera, en cinq passages. Les orthèses rigides comme les semelles adaptatives réduisent significativement l'amplitude et le taux de rotation tibiale interne, sans différence entre elles.

-Genova J.M., Gross M.T.—**Effect of Foot Orthotics on Calcaneal Eversion During Standing and Treadmill Walking for Subjects with Abnormal Pronation.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **30**, 11, 664-675, 2000.

Les études qualitatives sont, dans l'ensemble favorables, et les études quantitatives laissent planer le doute sur le bénéfice des orthèses sur le valgus calcanéen chez les sujets en pronation anormale (Cf. paragraphe "*Physiopathologie sans SFP*"). Enregistrement vidéographique en deux dimensions de la marche rapide sur tapis (vitesse moyenne 1,9 m/s) de 8 hommes ($35,8 \pm 12,7$ ans) et 5 femmes ($30,4 \pm 10,6$ ans) présentant une pronation anormale. Les orthèses réduisent significativement, de 2,2 degrés, le valgus maximal moyen du calcanéum et de 2,1° son angle moyen d'éversion à l'élévation du talon à la marche rapide ; pas de différence significative sur les autres paramètres. Avec ou sans semelles, le valgus calcanéen est significativement plus marquée (ANOVA) pieds nus qu'avec des chaussures.

-Nigg B.M., Stergiou P., Cole G., Stefanyshyn D., Mündermann A., Humble N.—**Effect of shoe inserts on kinematics, center of pressure, and leg joint moments during running.** *Med. Sci. Sports Exerc.*, **35**, 2, 314-319, 2003

Effet de semelles sur les déplacements du centre de pression et les moments de l'articulation du genou : cinématique des extrémités inférieures, angle résultant, moments de l'articulation et trajet du centre de pression du pied droit de 15 garçons pendant qu'ils courent avec l'une ou l'autre de cinq semelles orteils-talons (complètes ou demi) de 4,5 mm. Aucune modification systématique, ni du trajet du centre de pression ni d'une répercussion sur le comportement du genou. Conclusion pessimiste.

-Gross M.T., Foxworth J.L.—**The role of foot orthoses as an intervention for patellofemoral pain.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **33**, 11, 661-670, 2003.

Revue générale et commentaire en fonction d'une expérience clinique. Bénéfice apparent des orthèses pour SFP si signes d'hyperpronation du pied (Cf. *Orengo, 2000*) et/ou un profil aligné de l'extrémité inférieure (rotation interne excessive en charge et angle Q augmenté) (Cf. *Huberti et Hayes, 1984* ; paragraphe "*Biomécanique sans SFP*"). L'orthèse pourrait - diminuer la rotation interne de l'extrémité inférieure, -diminuer l'angle Q, -réduire les tensions latéralisantes du tendon rotulien, du tendon du quadriceps et du tractus ilio-tibial - diminuer les pressions du contact rotule-fémur et leur répartition.

-Neptune R.R., Wright I.C., van den Bogert A.J.—**The influence of orthotic devices and vastus medialis strength and timing on patellofemoral loads during running.** *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)*, **15**, 8, 611-618, 2000.

Comparaison chez 9 coureurs des effets d'une orthèse et d'un renforcement du vaste médial : les deux diminuent significativement la charge moyenne sur l'articulation fémoro-patellaire ; le renforcement du vaste médial diminue aussi le pic de la charge sur l'articulation. En addition, lorsqu'on retarde la contraction du vaste médial par rapport à celle du vaste latéral on observe une augmentation (et une diminution quand on la retarde) de la charge sur l'articulation. L'avance de la contraction du vaste médial apparaît plus efficace que l'orthèse (très variable d'un individu à l'autre, Cf. *Chester et al.*, 2008) pour réduire la charge sur l'articulation pendant la course. Le *timing* de l'activation du vaste médial est un déterminant important de la charge de l'articulation pendant la course. (Cf. cependant *Hung et Gross*, 1999).

-Collins N., Bisset L., McPoil T., Vicenzino B.—**Foot orthoses in lower limb overuse conditions : a systematic review and meta-analysis.** *Foot Ankle Int.*, **28**, 3, 396-412, 2007.

Comparaison de deux groupes d'articles concernant les orthèses en utilisation soit préventive soit curative d'un suremploi du membre inférieur. Les données de l'utilisation préventive sont essentiellement militaires. Pour comparer ces deux groupes des précautions sont nécessaires étant donné les incertitudes sur le type d'entraînement des civils.

La comparaison des résultats d'orthèses soit standard (ACFAOM guideline 3) soit obtenues à partir d'un modèle tridimensionnel du pied n'explique de différence ni dans les comparaisons intergroupes ni dans les suivis individuels. Les différences de coût et de délai de mise à disposition ne sont pas prises en compte par ces études qui, en général, opposent les orthèses à d'autres moyens de traitement. Les différences entre usage préventif et curatif devraient tenir compte de la différence des conditions d'utilisation, l'effet préventif d'un suremploi du membre inférieur étant prouvé.

L'intérêt des revues générales tient à la neutralisation des particularités des auteurs et des publications. Bien que des pistes de recherche soient ainsi ouvertes, leur nombre et leurs qualités doivent être améliorés, en particulier sur leurs effets à long terme. À la différence de l'emploi préventif, le traitement par orthèses souffre d'un déficit de recherches qui devraient être promues par des revues systématiques (Cf. *Mills et al.*, 2009).

-McMillan A., Payne C.—**Effect of foot orthoses on lower extremity kinetics during running : a systematic literature review.** *J. Foot Ankle Res.*, **1**, 13, 1-8, 2008

Revue sur l'efficacité des orthèses chez les coureurs à partir des bases de données de 1966 à 2008 accessibles électroniquement. Les articles sont sélectionnés sur des critères préalablement définis ; la qualité méthodologique est définie par l'index de Downs et Black suivi d'une analyse critique selon les variables des résultats. Les variables cinétiques le plus largement citées sont le taux de charge et la force d'impact bien que les effets des orthèses sur ces variables soient confus. En contraste, les preuves habituelles suggèrent que l'effet cinétique le plus logique des orthèses est une diminution du moment d'inversion de l'arrière-pied pendant la course.

McPoil T.G., Vicenzino B., Cornwall M.W.—**Effect of foot orthoses contour on pain perception in individuals with patellofemoral pain.** *J. Am. Podiatric*, **101**, 1, 7-16, 2011

Recherche de la satisfaction qu'apporteraient des orthèses aux SFP. Étude de cas randomisée croisée entre orthèses conformées et semelles plates menée sur 10 SFP et 10 sujets "en bonne santé". Une évaluation du confort du support a été obtenue de tous les participants ; les pressions plantaires dans les chaussures ont été recueillies avant et après trois semaines d'usage. Une semaine de repos a été respectée entre les deux sessions pour réduire un possible effet de suite du traitement. Le groupe SFP a aussi rempli une échelle numérique

pour estimer la diminution des douleurs après emploi de chaque type d'orthose.

Tous les participants ont perçu que les orthèses conformées procurent un meilleur support dans les régions du talon et de l'arche. Même avec une différence de 30% de dureté entre les deux types d'orthèses, tous les participants ont coté l'amortissement comme équivalent. Six (des 10) SFP ont notifié une diminution significative de la douleur de leur genou comme résultant de l'emploi d'orthose.

-Évaluation

Les résultats des enquêtes et études prospectives sur l'efficacité des orthèses sont assez comparables à ceux obtenus pour les exercices et la kinésithérapie : les indices de satisfaction et/ou d'amélioration ne sont guère confirmés par les mesures objectives de paramètres biomécaniques. Les orthèses, seules ou associées, améliorent généralement, en prévention ou en traitement, les symptômes du SFP. Deux publications récentes étayaient cette constatation : celle de Vicenzino et al. (2010) dégage d'une étude prospective les indices qui permettent d'anticiper leur efficacité ; celle de Mills et al. (2010) conclut sur la dissociation entre l'utilité artisanale de cette prescription en médecine du sport et l'incertitude théorique de son mécanisme d'action.

-Gross M.L., Davlin L.B., Evanski P.M.—**Effectiveness of orthotic shoe inserts on the long distance runner.** *Amer. Sports Med.*, **19**, 4, 409-412, 1991

Cinq cents questionnaires ont été distribués à des marathoniens utilisant ou ayant utilisé des orthèses pour SFP ; 347 ont répondu (69,4% - 71% de garçons, 29% de filles) ; âge moyen des réponses, 38 ans (de 15 à 61 ans). La distance moyenne parcourue par semaine est de 39,6 miles (soit de l'ordre de 65 km - de 8 à 80 km). La durée moyenne d'utilisation des orthèses est de 23 mois (de 1 à 96 mois) ; la majorité de ces orthèses (63%) sont souples. Les justifications du port d'orthèses sont une pronation excessive (31,1%), une "jambe courte" (13,5%), des perturbations fémoro-patellaires (12,6%), une fasciite plantaire (20,7%), une tendinite de l'Achille (18,5%), une esquille tibiale (7,2%) et autres (4,9%) ; 262 des sujets ayant répondu (75,5%) témoignent d'un soulagement complet ou majeur de leurs symptômes. Ce résultat est indépendant du diagnostic invoqué et de l'importance de la course. Le niveau important de satisfaction des coureurs ressort du fait que 90% d'entre eux continuent à porter leurs orthèses après la disparition de leurs symptômes. Les orthèses portées en chaussures apparaissent plus efficaces dans le traitement des symptômes relevant d'anomalies biomécaniques comme une pronation excessive ou une "jambe courte". Parmi les solutions conservatoires, les orthèses permettent aux athlètes de continuer à pratiquer leurs courses et leur évitent d'autres modalités de traitement plus dispendieuses en argent et en temps et donc, pour eux, moins acceptables.

-Eng J.J., Pierrynowski M.R.—**Evaluation of soft foot orthotics in the treatment of patellofemoral pain syndrome.** *Phys. Ther.*, **7**, 2, 62-68 ; discussion, 68-70, 1993.

Évaluation de l'efficacité d'orthèses molles chez 20 adolescentes de 13 à 22 ans ($14,8 \pm 1,2$ ans) divisées par tirage au sort en deux groupes égaux : *témoin*, traité par un programme d'exercices: renforcement et étirement du quadriceps et de muscles de la loge postérieure, *essai* bénéficiant d'une orthèse molle en plus de ces exercices. Évaluation subjective pendant huit semaines sur une échelle visuelle analogique (EVA). La douleur diminue dans les deux groupes mais significativement (non chiffré ?) plus avec les orthèses.

-Pitman D., Doug J. D.—**A clinical investigation to determine the effectiveness of biomechanical foot orthoses as initial treatment for patellofemoral pain syndrome.** *JPO*, **12**, 4, 110-116, 2000

Sujets sportifs de pratique familiale ou suivis par un service de médecine du sport. Prescription 36 mois consécutifs d'orthèses en traitement de première intention à ceux qui

présentent un SFP lorsque la douleur du genou est survenue avant, pendant ou après un exercice (niveau de douleur 3) ou si cette douleur empêchait un athlète de participer à tout exercice (douleur de niveau 4). Six mois après que l'orthèse ait été convenablement ajustée chaque sujet a rempli un questionnaire pour déterminer la fin du traitement. Une échelle de 1 (douleur diminuée) à 10 (douleur aggravée) a révélé un niveau moyen passé de 7,34 avant à 2,46 six mois après l'emploi des orthèses. La diminution moyenne de l'ensemble de l'échantillon se situe à 4,9 (67% de l'ensemble des sujets). Résultat en faveur du traitement initial du SFP par orthèses.

-Johnston L.B.—**The effect of a three shoe wear conditions on lateral patellar displacement in subjects with anterior knee pain.** Thesis USA (Dir. Gross M.T.), 2001⁶

Evaluation de l'effet d'orthèses sur la qualité de vie des SFP. Critère de jugement : questionnaire WOMAC (index de définition d'arthrose⁷) pour le SFP et déplacement latéral de la rotule mesuré pieds nus, chaussés et en chaussures. 15 SFP et 15 sans douleur antérieure du genou, appariés d'emblée en âge et sexe. Orthèses fabriquées pour chaque SFP ; orthèses banales pour les témoins. Aucune différence entre les deux groupes (ANOVA) ni entre les deux types d'orthèses. Amélioration significative (Willcoxon) de tous les items de l'index WOMAC après orthèse chez les SFP. Les orthèses améliorent la symptomatologie des SFP avec hyperpronation du pied.

-Johnston L.B., Gross M.T.—**Effects of foot orthoses on quality of life for individuals with patellofemoral pain syndrome.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **34**, 440-448, 2004.

Soixante sujets avec SFP associé à une hyperpronation du pied (Cf. *Orengo, 2000*). Deux semaines d'observation avant la pose d'orthèse. Jugement sur l'échelle WOMAC (= index d'ostéo-arthrite). Les items douleur et rigidité sont significativement améliorés à deux semaines ; à trois mois, ils le sont tous.

-Saxena A., Haddad J.—**The effect of foot orthoses on patellofemoral pain syndrome..** *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **93**, 4, 264-271, 2003.

Analyse rétrospective peu convaincante de 102 dossiers de chondromalacie patellaire, SFP et dysplasie rétro-patellaire. Association de ces diagnostics chez 100 sujets (89, %), 46 femmes et 54 hommes de 12 à 87 ans ($37,9 \pm 15,9$). Évaluation par un orthopédiste qui prend particulièrement en compte crépitation, alignement défectueux, mesure de l'angle Q, limitation de l'amplitude du mouvement, épanchement. Estimation sur l'importance et la durée de la douleur et de l'atteinte du genou. Orthèses semi-flexibles choisies en fonction du comportement de l'extrémité inférieure de la jambe. : 76,5 % sujets améliorés dont 2% asymptomatiques ; résultat en faveur des orthèses, disent les auteurs bien que d'autres mesures thérapeutiques très variées aient été associées.

-Sutlive T.G., Mitchell S.D., Maxfield S.N., McLean C.L., Neumann J.C., Swiecki C.R., Hall R.C., Bare A.C., Flynn T.W.—**Identification of individuals with patellofemoral pain whose symptoms improved after a combined program of foot orthosis use and modified activity : a preliminary investigation.** *Phys., Ther.*, **84**, 1, 49-61, 2004.

Chez 34 hommes et 11 femmes avec SFP bénéficiant d'une orthèse fine et d'un programme

⁶ Cf. Gross M.T., Foxworth J.L.— **The role of foot orthoses as an intervention for patellofemoral pain** . *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **33**, 11, 661-670, 2003, dans ce paragraphe.

⁷ Bellamy N., Buchanan W.W., Goldsmith C.H., Campbell J., Stitt L.W.— **Validation study of WOMAC a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee** *J. Rheumatol.*, **15**, 12, 1833-1840, 1988. Une échelle de mesure de l'efficacité des anti-inflammatoires non-stéroïdiens (AINS) dans les affections rhumatismales.

d'activité pour 3 semaines, recherche des critères de l'examen initial qui prédisent le mieux l'efficacité de ce type de traitement. Ce choix est justifié par une vaste revue de la littérature et des considérations pratiques, bien que les orthèses soient considérées comme chères. Des critères utilisés, le plus prédictif est le déport en valgus de l'avant-pied nu (2°), l'extension passive du gros orteil à 78° et la chute du naviculaire de 3mm (Importante bibliographie).

-Vicenzino B., Collins N., Cleland J., McPoil T.—**A clinical prediction rule for identifying patients with patellofemoral pain who are likely to benefit from foot orthoses: a preliminary determination.** *Br. J. Sports Med.*, **44**, 12, 862-866, 2010

Analyse a posteriori des résultats du traitement de 42 SFP (âge moyen 27,9 ans) par orthèses déterminées par un kinésithérapeute, un des traitements utilisé par le centre de Brisbane (Australie). Amélioration évaluée sur une échelle de cinq points, 12 semaines après le début du traitement, et notée oui ou non une amélioration franche étant considérée comme un succès. Les variables de prédiction examinées par analyses de variance à un facteur : âge, taille, intensité de la douleur, score de douleur du genou (*Anterior Knee Pain Scale score*), index fonctionnel (questionnaire FIQ), morphométrie du pied (hauteur relative de l'arc longitudinal, différence de largeur à mi-pied d'une surcharge (Cf. McPoil et al., 2008) et confort global de l'orthèse. L'ajustement économe de ces données dans un modèle qui explique le succès des orthèses identifie : un âge supérieur à 25 ans ; une taille supérieure à 165 cm ; la pire douleur mesurée à l'EVA (sur 100mm) 53,25 mm ; une différence de largeur à mi-pied entre charge et décharge supérieure à 10,96 mm. Le taux de succès, 40%, augmente à 86% (taux de probabilité positive à 8,8 avec un intervalle de confiance 1,2 à 66,9) si le patient présente à l'examen initial trois de ces variables.

-Collins N., Crossley K., Beller E., Darnell R., McPoil T., Vicenzino B.—**Foot orthoses and physiotherapy in the treatment of patellofemoral pain syndrome : randomised clinical trial.** *B.M.J.*, 337, a1735, 2008.

Étude prospective, à simple insu, randomisée du centre de Brisbane (Australie) pour comparer l'efficacité de la physiothérapie et des semelles. 100 femmes et 79 hommes (âgés de 18 à 40 ans) avec diagnostic clinique de SFP depuis au moins six semaines, sans traitement kiné ou orthèse depuis au moins 12 mois. Comparaison de six semaines de traitement avec soit physiothérapie avec orthèse au-delà du fond de la chaussure, soit semelle plate, soit physiothérapie multimodale (mobilisation du genou, tapotage de la rotule, contention du quadriceps et éducation), soit orthèse plus physiothérapie. Critère de jugement : appréciation globale, sévérité des pires douleurs et des douleurs pendant la semaine précédente, index fonctionnel (questionnaire FIQ), à 6, 12 et 52 semaines. À court terme, (en particulier à 6 semaines) les orthèses amènent une amélioration supérieure à celle des semelles plates (risque relatif 0,66 avec intervalle de confiance à 99% de 0,05 à 1,17). Aucune différence significative n'apparaît entre orthèses, physiothérapie et physiothérapie plus orthèses. Tous les traitements amènent une amélioration par rapport à l'état initial à 52 semaines bien que les participants aient une meilleure opinion des orthèses que des semelles plates (Cf. Vicenzino et al. 2008 et référence suivante).

-Van Dijk C.N., van der Tempel W.M.—**Patellofemoral pain syndrome.** *BMJ*, 337, a1948, 2008.

Réponse à Collins et al., *BMJ*, 2008. Après un essai randomisé, contrôlé, ils soutiennent l'efficacité pour traiter les SFP des orthèses, des semelles intérieures plates, d'une kinésithérapie multimodale (mobilisation de l'articulation fémur rotule, frappe de la rotule, réentraînement du quadriceps, et éducation) ou une combinaison orthèses – kinésithérapie. La rationalité du traitement est de corriger le trajet désaxé de la rotule.

-Vicenzino B., Collins N., Crossley K., Beller E., Darnell R., McPoil T.—**Foot orthoses and physiotherapy in the treatment of patellofemoral pain syndrome: a randomised clinical trial.** *BMC. Musculoskelet. Disord.* 9, 27, 2008.

Deux études pilotes seulement, et à court terme, ont jusqu'alors prouvé une efficacité des semelles pourtant très prescrites. Rapport sur une étude en cours, à simple insu, randomisée ; 176 sujets de 18 à 40 ans, ont été recrutés par l'intermédiaire des médias dans la région de Brisbane (Queensland, Australie) sur les critères : douleur patellaire antérieure ou postérieure d'origine non traumatique et durant depuis au moins six semaines ; le tirage au sort a réparti les traitements entre orthèse, semelle plate, physiothérapie ou l'association orthèse physiothérapie. Critères à l'inclusion : douleurs, habituelles et la plus pénible mesurés à l'EVA ; perception par le sujet de l'effet global du traitement ; un index fonctionnel subjectif (FIQ) et l'APS (*Anterior Pain Scale*). L'évaluation après 6, 12 et 52 semaines fait appel, outre les échelles d'inclusion, à 8 questionnaires ou examens. L'analyse coût/efficacité prendra en compte l'efficacité du traitement vis-à-vis des données objectives et les journaux de bord tenus par les sujets.

-Murley G.S., Menz H. B., Landorf K.B.—**Foot posture influences the electromyographic activity of the selected lower limb muscles durins gait.** *J. Foot Ankle Res.*, 2, 35, 1-9, 2009

Puisque la littérature signale (spécialement dans la population très particulière des polyarthrites rhumatoïdes) une relation entre hauteur de l'arche et capacité des muscles du membre inférieur, cette fonction musculaire est comparée entre sujets -ni douloureux ni malades- à arche normale ou effondrée. Soixante adultes de 18 à 47 ans, en deux groupes de 15 hommes et 15 femmes soit à arche de hauteur normale, soit à arche effondrée ; cette condition du pied est définie par deux mesures cliniques, l'"*arch index*" (Cf. Nigg et al., 1993 ; Duffey et al., 2000) et la hauteur du naviculaire et quatre mesures radiologiques des alignements en charge. Des électrodes à extrémité métallique sont implantées dans le tibial postérieur et le long fibulaire sous guidage ultrasonique ; l'activité EMG de surface est enregistrée sur le tibial antérieur et le gastrocnémien médian pendant que le sujet marche pieds nus à sa vitesse de confort. L'instant du pic d'amplitude, sa valeur et sa variance (RMS) sont établis pour la phase statique du pas à partir de l'EMG. La comparaison des groupes arche normale/arche effondrée fait appel au test t non apparié.

Pendant la phase de contact au sol le groupe à arche effondrée révèle une activité du tibial antérieur augmentée (pic d'amplitude 65% face à 46% de la contraction volontaire isométrique maximale) et une activité diminuée du long fibulaire (RMS de l'amplitude 25% face 39% de la contraction volontaire isométrique maximale). L'importance de ces données significatives s'étend de 0,48 à 1,3 représentant entre les groupes à arche normale ou effondrée une différence d'activité musculaire de modérée à importante. Ces différences peuvent refléter une compensation neuromusculaire de réduire la surcharge de l'arche médiale longitudinale.

-Mills K., Blanch P., Chapman A.R., McPoil T.G., Vicenzino B.—**Foot orthoses and gait : a systematic review and meta-analyse of litterature pertainig to potential mechanisms.** *Br. J. Sports Med.*, 44, 14, 1035-1046, 2010

Revue de la littérature disponible pour améliorer ou comprendre les bases physiologiques de l'emploi des orthèses dans les perspectives cinématique, atténuation du choc et contrôle neuromoteur. Les propositions émanant de ces trois perspectives n'ont pas été systématiquement analysées collectivement, de sorte qu'aucune synthèse univoque relevant de la clinique n'est disponible. Cette recherche a retenu 22 publications dans lesquelles, sous les trois perspectives, ont été recherchées les caractéristiques de position, de profil et de densité des orthèses, y compris leurs combinaisons. Lorsque ce rapprochement a été possible, les données ont été regroupées pour améliorer le niveau de confiance qui leur est attribuable.

Le meilleur apport dans une perspective cinématique semble être que les orthèses positionnées non formées réduisent systématiquement le pic d'éversion de l'arrière pied (IC=indice de confiance 95% = 0,73 – 3,53) et la rotation interne du tibia (IC = 0,12-2,53) dans les groupes non lésés. Dans une perspective d'atténuation du choc, les orthèses formées, positionnées ou non, diminuent notablement, par rapport aux témoins et aux orthèses positionnées non formées, le niveau de charge et la force verticale d'impact. De ces résultats, la perspective neuromotrice semble être la moins concluante. Ces données peuvent servir de guide rudimentaire pour les praticiens de médecine du sport mais devraient susciter de nouvelles recherches sur le rôle des lésions, en particulier dans une perspective neuromotrice.

Ostéopathie, thérapie manuelle

A la différence des publications de traitements pointant les modifications biomécaniques du membre inférieur, quelques publications ostéopathiques visent préférentiellement l'articulation sacro-iliaque en utilisant les mêmes critères d'efficacité (Suter et al., 2000 ; Iverson, 2008).

-Suter E., McMorland G., Herzog W., Bray R.—**Decrease in quadriceps inhibition after sacroiliac joint manipulation in patients with anterior knee pain.** *J. Manipulative Physiol. Ther.*, **22**, 3, 149-153, 1999

La douleur antérieure du genou est typiquement associée à une dysfonction de l'articulation sacro-iliaque. Recherche des modifications qu'une manipulation sacro-iliaque à visée entraîne inhibition et/ou activation du quadriceps en contraction isométrique par dynamométrie, stimulation musculaire et électromyographie. Sujets (30,5 ± 13 ans) avec douleur antérieure du genou uni-(14) ou bilatérale (4). Manipulation (*thrust*) haute vélocité faible amplitude en position couchée sur le côté. Avant manipulation existe une inhibition musculaire importante homo- et controlatérale estimée par la technique de la saccade (*twitch*) (Cf. *Suter et al., 1998, Biomécanique sans SFP, après chirurgie*). Après la manipulation, l'inhibition musculaire diminue, l'activation et le moment musculaires de l'extenseur du genou sont augmentés, en particulier pour la jambe concernée. Lorsque la douleur est bilatérale l'inhibition musculaire diminue des deux côtés.

-Suter E., McMorland G., Herzog W., Bray R.— **Conservative Lower Back Treatment Reduces Inhibition in Knee-Extensor Muscles : A Randomized Controlled Trial.** *J. Manipul. Physiol. Therap.*, **23**, 2, 76-80, 2000.

Une dysfonction de l'articulation sacro-iliaque (SI) est présente dans les SFP et sa manipulation peut contribuer à son traitement. De 28 SFP, 14 ont été affectés, par tirage au sort et à double insu, au traitement par manipulation correctrice de la sacro-iliaque, et 14 témoins à un traitement sans manipulation. Critères de jugement : bilan fonctionnel du membre inférieur, moments des extenseurs du genou, inhibition musculaire, activation musculaire en effort maximal, extensions isométriques du genou. Initialement tous les sujets présentent une importante inhibition musculaire, une dysfonction de SI (dont 5 symptomatiques). Après la manipulation sacro-iliaque, il existe une diminution de 7,5% de l'inhibition musculaire du membre inférieur ipsilatéral dans le groupe traité mais non dans le membre inférieur controlatéral ni chez les non manipulés. Il n'existe pas de différence significative entre les deux groupes pour le moment des extenseurs du genou ni de l'activation des extenseurs.

-Hillermann B., Chiro M., Gomes A.N., Jackson D.— **A Pilot Study Comparing the Effects of Spinal Manipulative Therapy with those of Extra-Spinal Manipulative Therapy on Quadriceps Muscle Strength.** *J. Manipul. Physiol. Ther.*, **29**, 145-149, 2006.

Deux groupes de dix sujets (12 hommes et huit femmes présentant un SFP). Les sujets présentant une contre indication aux manipulations sont exclus de l'étude ; lorsque la douleur

est bilatérale, il est demandé au sujet de désigner le genou le plus douloureux. Mesure de la force de contraction maximale du quadriceps. Manipulation de l'articulation tibio-fémorale pour un groupe, de l'articulation sacro-iliaque pour l'autre. Amélioration ($p < 0,05$) de la force de contraction du quadriceps après la manipulation sacro-iliaque, comparable à celle observée avec la manipulation tibio-fémorale.

-Iverson C.A.— **Lumbopelvic Manipulation for the Treatment of Patients With Patellofemoral Pain Syndrome: Development of a Clinical Prediction Rule.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **38**, 6, 297-312, 2008.

Etude visant à valider la possibilité qu'une manipulation lombo-pelvienne puisse améliorer immédiatement la symptomatologie d'une SFP. Questionnaire et examen systématisés de 50 SFP, 26 hommes et 24 femmes de 18 à 45 ans. Niveau de douleur (échelle numérique de 0 à 10) provoquée pour chaque sujet par trois exercices : s'accroupir, monter une marche de 20 cm, et descendre d'une telle marche. À la suite immédiate de cette évaluation manipulation lombo-pelvienne, immédiatement suivie des trois épreuves et de leur cotation. Des 49 sujets inclus, 22 ont présenté une amélioration définie par une diminution d'au moins 50% ou plus de la douleur témoin ou une amélioration au moins modérée du score global du questionnaire. Cinq variables ont été identifiées comme prédisant cette amélioration : la plus puissante est une différence supérieure à 14° de la rotation interne de la hanche entre un côté et l'autre ; lorsqu'elle existe, l'amélioration que procure la manipulation lombo-pelvienne passe de 45 à 80% (Cf. *Ireland et al.*, 2003). Ce premier résultat appelle d'autres essais de ce type en tenant compte des variables qui prédisent l'amélioration.

-Lowry C.D.— **Management of Patients with Patellofemoral Pain Syndrome Using a Multimodal Approach: A Case Series** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **38**, 11, 691-702, 2008.

Cinq cas clinique (14 à 50 ans) de SPF durant depuis 3 à 24 mois (moyenne 8 mois) traités successivement par différentes manipulations, exercices et semelles. Résultats appréciés par trois échelles validées dont une numérique de douleur : amélioration de 4 des 5 patients, persistant après un suivi de 6 mois.

-Vaughn D.W.— **Isolated Knee Pain: A Case Report Highlighting Regional Interdependence.** *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **38**, 10, 616-623, 2008.

Observation d'une marathonnienne traitée pour une douleur du genou pendant 42 semaines par thérapie physique sans résultat. Aucun test classique ne déclenche cette douleur sauf une sensibilité du genou à la palpation. Asymétrie significative du sacrum sans réponse nette aux tests d'exploration de l'articulation sacro-iliaque. Une seule séance de thérapie manuelle centrée sur la symphyse pubienne et l'articulation sacro-iliaque ipsilatérale a fait disparaître définitivement la douleur.

CONCLUSION

Le classement adopté espérait préciser l'organisation (la structure) du SFP. Il confirme la responsabilité physiopathologique de la plupart des facteurs désignés depuis longtemps et permet d'esquisser des interprétations fragmentaires de leurs rapports. Un autre classement de ces mêmes données ne modifierait vraisemblablement ces interprétations qu'à la marge.

Depuis la décennie 1990, le syndrome fémoro-patellaire (SFP, Patellofemoral Pain Syndrome) répond à une définition reconnue sans être catégorique : douleur antérieure du genou aggravée par, ou survenant à, la marche prolongée ; réveillée ou aggravée à la montée ou la descente d'escalier, à l'accroupissement et à la station assise prolongée ("signe du cinéma") ; réveillée par la palpation de la rotule ; chez de jeunes adultes à prédominance féminine, marcheurs ou coureurs de longue distance sans antécédent traumatique.

Les contraintes que subissent à la flexion du genou les surfaces articulaires de la rotule déterminent des modifications de son cartilage que justifierait une malposition, permanente ou résultant de ces conditions. Elles sont expérimentalement validées par des données soit biomécaniques, soit neuromusculaires : biomécaniques, elles concernent les interactions segmentaires du membre inférieur, en particulier de l'arrière pied au tibia et/ou du déroulement du pas, à la marche et à la course ; neuromusculaires, elles impliquent essentiellement le rapport des contractions du vaste médial et du vaste externe.

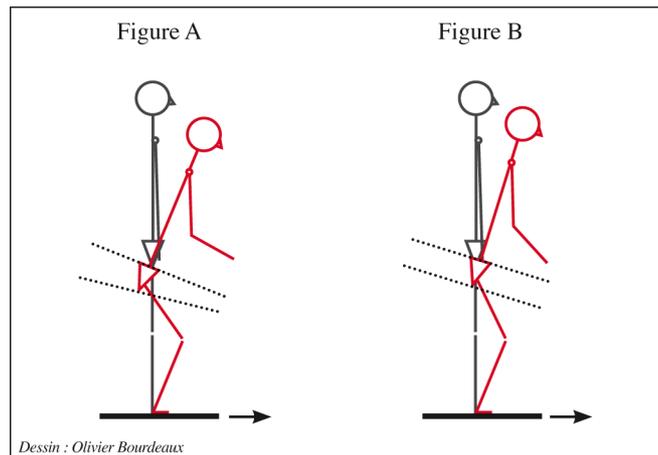
Pour objectiver les symptômes, les questionnaires validés semblent mieux adaptés au suivi clinique que les mesures (angle Q, latéralisation de la rotule) justificatives d'hypothèses physiopathologiques. Ce constat semble en accord avec le comportement de ces sportifs que valoriserait le dépassement de leurs limites (Piva et al., 2009).

Si la majorité des recherches de biomécanique concernent les rapports de segments articulés du membre inférieur, autour du genou mais le plus souvent dans les rapports de l'arrière pied au comportement du tibia, quelques travaux prennent en compte les implications éventuelles du bassin et même du tronc (Mascal et al., 2003 ; Willson et al., 2008). S'il n'intègre pas d'afférences plus lointaines susceptibles d'influencer le comportement de l'arc inférieur comme le propose le concept du système d'aplomb⁸, le paradigme de Powers (2003), postule une intégration biomécanique de ces schémas ; il est conforté, dans ce mode d'interprétation, par la thèse de

-A K. Stensdotter : Motorish kontroll av knäleden, Kinematik och EMG studier av friska individer och individer med patellofemoral smärta. Umea University medical dissertation, Sweden, 2005.

Le protocole adopté montre qu'il existe une différence de comportement entre sujets témoins et SFP dans la régulation posturale sagittale induite par une déstabilisation imprévisible. Lors d'exercices en chaîne ouverte ou fermée (Cf. *Thérapeutique, Rééducation, après 2005*), il n'existe pas entre les deux groupes, et contrairement aux données de la littérature, de différence de comportement du quadriceps en chaîne ouverte [les premières fibres activées, et le plus intensément, sont celles obliques du vaste médial] et en chaîne fermée [ce sont celles du rectus femoris]. Par contre lorsque le sujet placé sur une plate-forme mobile est brusquement déplacé à son insu vers l'avant ou l'arrière, la tactique utilisée diffère. Dans ce cas, les fibres obliques du vaste médial des SFP se contractent plus précocement que celles des contrôles. Mais aussi, témoin de la régulation posturale, la tactique utilisée en réponse à cette déstabilisation imprévue caractérise nettement les SFP. En déstabilisation vers l'avant, la flexion du tronc et la bascule du bassin vers l'avant avec flexion des hanches, contemporaine du recul du centre de masse, est plus marquée que chez les contrôles (Fig.1). En déstabilisation vers l'arrière, l'extension du tronc est moindre chez les SFP. Dans les deux types de déstabilisation, la réaction du muscle poplité anticipée chez les témoins ne l'est pas chez les SFP. Ces données laissent supposer que ces tactiques permettent aux SFP de diminuer la mise en charge du genou.

⁸ Gagey P-M, Weber B—*Posturologie. régulation et dérèglements de la station debout*, Masson, Paris, 3^e Ed, 2004



Dessin : Olivier Bourdeaux
 La translation antérieure du support entraîne dans le groupe SFP (A) une plus grande flexion des hanches et du tronc que chez les témoins (B).

Ainsi, aussi difficile qu'apparaisse leur intégration dans un schéma unitaire, les données publiées et les recherches cliniques récentes ont permis de proposer des indices prédictifs du risque de SFP et des modèles physiopathologiques. Elles inspirent les traitements proposés, essentiellement exercices et kinésithérapie d'une part, orthèses de l'autre ; malheureusement, les validations semblent révéler un hiatus entre leur efficacité reconnue par les sportifs et la plupart des critères objectifs qui les justifieraient.

Aucune de ces données, et/ou leurs interprétations, n'est donc incompatible avec la conception, qu'elle soit purement biomécanique, cybernétique ou dynamique non linéaire, du système d'aplomb (Weber, 2010⁹) ; cette hypothèse synthétique, préalable à une recherche clinique, peut se formuler, pour conclure la conclusion :

« À partir de la structure anatomique héritée à la naissance, chacun construit et entretient sa propre stabilité anti-gravitaire en fonction de multiples facteurs, internes et externes, et de leurs interactions (épigénèse) dans les limites statistiques d'une "normalité" allant du carabinier de compétition au funambule. La gestion de chaque mouvement se résout, en proportion des habitudes et de la situation particulière, dans un schéma préparatoire à l'action qui inclut toutes les afférences présentes (y compris celles, traces mémorisées, habituellement qualifiées de "psychologiques"). Dans le cas du syndrome fémoro-patellaire, en particulier, lorsque son résultat est (ou est perçu comme) inadapté (non gratifiant), la demande de soin serait plus efficace en gérant l'organisation de ce schéma (exercices, ostéopathie, orthèses) qu'en modifiant un de ses facteurs».

⁹ Weber B.—*Posture et homéostasie : esquisse d'une sémiologie des attitudes*. Tonus, posture et attitudes, B. Weber, Ph. Villeneuve, 53-70, Masson, Paris, 2010