

CONFÉRENCE – LES TERRASSES  
DU PARC – LYON

2 OCTOBRE 2024

# PATHOLOGIES ET RÉHABILITATION DU LCA

*Alexandre GERMAIN, Aurélien FAUCON,  
Florian FORELLI*




**Santé**  
Formapro




NeuroXtrain


# Pathologies et réhabilitation du LCA

- 01** FLORIAN FORELLI : AMI et capacités de décélération en rééducation post reconstruction du ligament croisé antérieur (RLCA) 

---

- 02** ALEXANDRE GERMAIN : Le Return-to-Play : définition et perspectives 

---

- 03** AURÉLIEN FAUCON : Aspects neurocognitifs post RLCA 



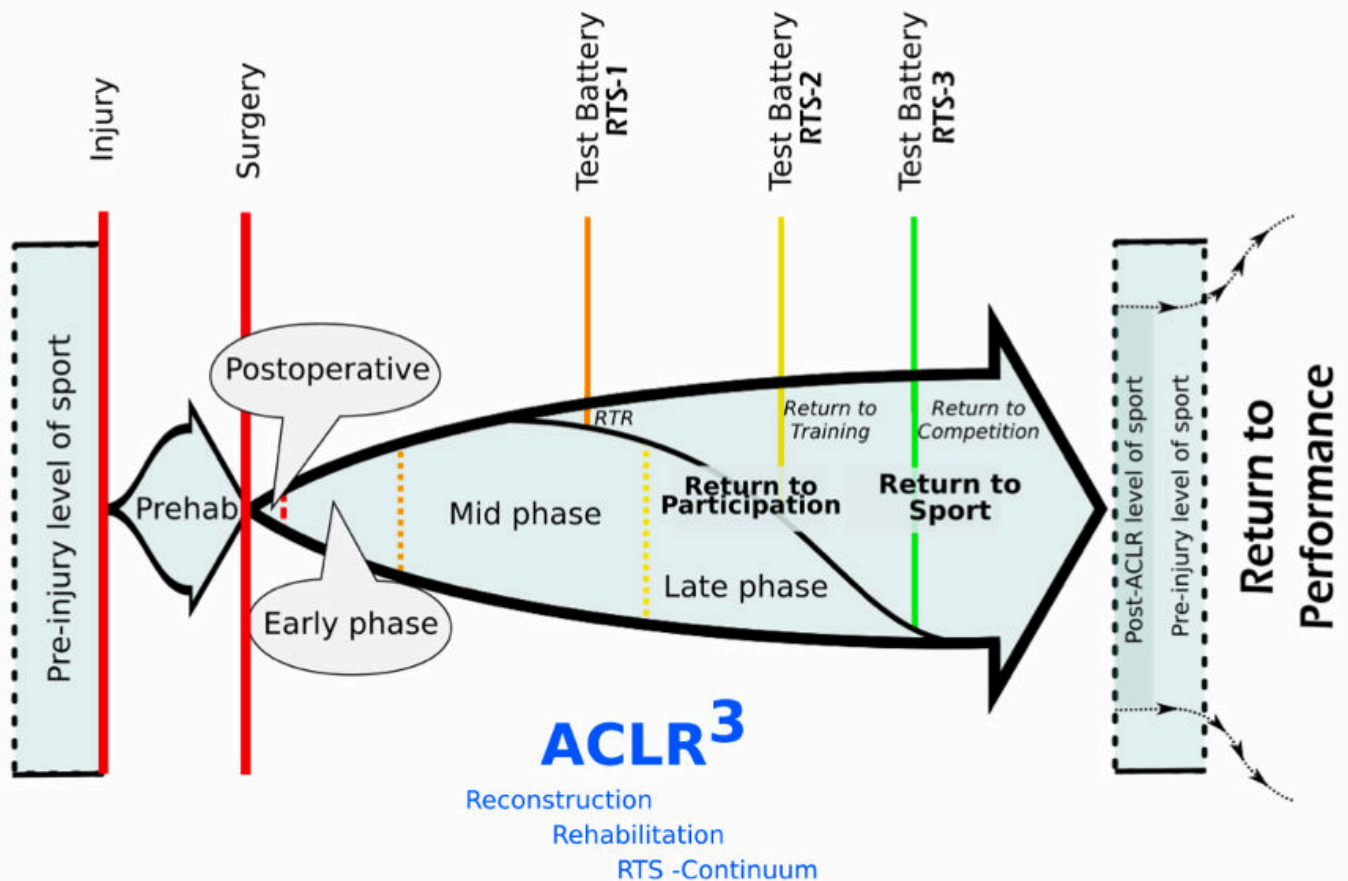
NEUROXTRAIN



Santé  
Formapro



NeuroXtrain



## FLORIAN FORELLI : AMI et capacités de décélération en rééducation post reconstruction du ligament croisé antérieur (RLCA)

Au-delà des causes bien établies des raideurs postopératoires, qu'elles soient intra- ou extra-articulaires, nous introduisons ici la notion d'un mécanisme réflexe central d'inhibition motrice, appelé arthrogenic muscle inhibition (AMI).

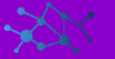
Ce phénomène, observé après un traumatisme, se manifeste par un déficit d'extension active du genou, résultant d'une contraction altérée du vaste médial oblique (VMO) en raison d'une inhibition réflexe centrale. Ce mécanisme est souvent accompagné d'une contracture des muscles ischio-jambiers, causée par un réflexe spinal, expliquant ainsi le flessum antalgique post-traumatique observé après une reconstruction du ligament croisé antérieur (RLCA).



# Manifestations cliniques de l'AMI



Santé  
Formapro



NeuroXtrain

Le tableau clinique de l'AMI, qui peut être classé en quatre grades, est facilement détectable en consultation. Il varie de l'inhibition isolée du VMO à un flessum fixé par rétraction capsulaire postérieure dans les cas chroniques. Parmi les signes cliniques notables, nous retrouvons :

- **Épanchement** : Indicateur d'une réponse inflammatoire.
- **Douleur** : Limite l'activation musculaire.
- **Hyperactivité des ischio-jambiers** : Compensatoire en réponse à l'inhibition du quadriceps.
- **Inhibition du quadriceps** : Réduction de la force musculaire, rendant difficile l'atteinte de la force maximale.



## Options de transplant et rééducation

La question de la meilleure greffe pour favoriser l'activité du quadriceps après une opération est cruciale, notamment durant les trois premiers mois post-opératoires. Les options incluent :

1. Greffe Ischio-jambiers : Préserve l'appareil extenseur, minimisant ainsi l'impact sur la fonction du quadriceps.
2. Tendon rotulien
3. Tendon quadricipital

Les résultats après trois mois de réhabilitation montrent des disparités en termes d'intensité de contraction entre ces options.

Il faut également porter une attention particulière à l'activation et la définir correctement :

- **Activation minimale** : Évaluée par la contraction du quadriceps sur table, tenant compte des données cognitives des patients (ex : combien de fois le patient contracte ses ischio-jambiers avant d'activer correctement le quadriceps)
- **Activation adéquate** : Exprimée par la capacité à réaliser des tâches spécifiques, comme le SLR sur table.
- **Activation rapide** : Incluant la réponse rapide au stimuli et un bon RFD.



# Perception de l'AMI par le patient

Les patients présentent souvent divers symptômes associés à l'AMI :

- Douleur persistante
- Sensation d'inefficacité du quadriceps
- Sensation de gonflement
- Accroc au niveau de la patella

L'utilisation d'un électromyogramme (EMG) de surface permet d'objectiver l'activité du quadriceps et de fournir un biofeedback visuel utile pour le patient. Il est important de noter que l'activation visible du quadriceps sur table ne reflète pas nécessairement son efficacité lors de tests isocinétiques ou de tâches fonctionnelles.



## Implications de la raideur du quadriceps

La raideur du quadriceps entraîne une augmentation des contraintes appliquées sur le genou, en particulier lors des mouvements de décélération, notamment en course à pied, ce qui peut mener à des déficits excentriques.



## Étude sur la décélération

Une étude sur les sauts verticaux bipodaux révèle une impulsion généralement bonne et symétrique, mais un atterrissage asymétrique, surtout dans les forces de décélération. Les patients ayant subi une reconstruction du LCA présentent souvent de mauvaises compétences excentriques, même six à sept mois après la chirurgie. Cela souligne la nécessité d'intégrer des charges rapides excentriques dans la réhabilitation du quadriceps.



## Considérations pour les sauts

Concernant des mouvements tels que le saut contre-mouvement (CMJ), la pratique actuelle consiste souvent à retenir le meilleur des trois sauts. Toutefois, il est essentiel d'étudier la variabilité des performances sur plusieurs sauts et à différentes périodes pour obtenir une évaluation plus précise.



## Conclusion

La réhabilitation après une RLCA nécessite une évaluation précise des capacités du quadriceps pour surmonter l'inhibition musculaire arthrogénique. Une approche multidimensionnelle, tenant compte de la douleur, de l'activation musculaire et des tâches fonctionnelles, est essentielle pour optimiser les résultats de réhabilitation.

# ALEXANDRE GERMAIN : Le Return-to-Play : définition et perspectives

## Définition du Return to Play :

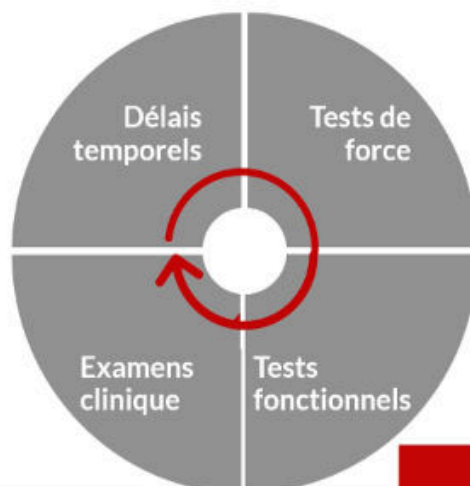
Le retour au sport après une blessure est un processus crucial, impliquant une reprise progressive et sécurisée. Des études montrent que 81 % des patients ayant subi une intervention chirurgicale retournent à une activité sportive. Cependant, seuls 65 % d'entre eux atteignent leur niveau d'avant la blessure, et 55 % retrouvent leur niveau de compétition. Mais à même à ce niveau, performant-ils comme avant ? Il est donc légitime de se demander si, même en retrouvant leur niveau compétitif, ces athlètes conservent leurs capacités de performance antérieures.

## Observation importante :

Une reprise trop précoce peut entraîner des risques pour la santé. Il est essentiel d'établir des conditions objectives pour cette reprise.

## Schéma actuel de prise de décision :

### Schéma actuel de prise de décision du retour au sport



**1. Critères temporels** : Beaucoup de patients estiment qu'un retour est possible après six mois, alors qu'un délai de neuf mois, voire plus, est souvent préférable.

**2. Tests de force** : Les tests de force sont présents dans 41 % des études, avec une utilisation prédominante de l'isocinétique pour évaluer la force en chaîne ouverte (60 %) contre seulement 8 % pour l'évaluation isométrique.

**3. Tests fonctionnels** : Différentes batteries de tests, tels que les sauts verticaux, sont peu exploitées, apparaissant dans seulement 14 % des études.

**4. Examen clinique** : L'évaluation clinique inclut des tests de plâtrie, la présence d'hydarthrose, l'amplitude articulaire, et la circonférence de la cuisse.

Il est préoccupant de constater qu'à peine 13 % des études prennent en compte plus d'un critère objectif pour valider le retour au sport.

## “ Étude CKS et Lyon Ortho Clinic

Seuls 3 % des patients valident la batterie de tests fonctionnels six mois après une reconstruction du ligament croisé antérieur (RLCA). Les résultats montrent que le greffon de tendon patellaire présente le taux le plus faible de réussite (65,3 %) par rapport aux ischio-jambiers (83 %). Ni le sexe, ni le niveau sportif, ni le renfort latéral n'affectent les résultats.

Le test de Drop Jump révèle une déficience marquée de la composante pliométrique sur la verticalité chez les patients ayant subi une RLCA. Pour une évaluation complète, il serait bénéfique d'inclure tous les tests fonctionnels :

- Saut vertical à deux jambes
- Saut en longueur
- Triple saut
- Sauts latéraux
- Drop jump

Commencer par le Drop Jump peut s'avérer judicieux ; si ce test montre des déficits, il est probable que d'autres tests ne soient pas à la hauteur, ce qui peut réduire les contraintes de temps.



Les tests fonctionnels actuels négligent souvent la dimension neurocognitive et la double tâche, ce qui rend les résultats non reproductibles en situation réelle. L'intégration de la double tâche dans des tests comme le Drop Jump pourrait offrir des perspectives intéressantes, montrant des altérations plus marquées chez les patients RLCA par rapport à des individus sains.



## Objectifs actuels

- Intégrer des tests fonctionnels avec double tâche.
- Établir des critères de retour au sport diversifiés, basés sur un continuum et des étapes de validation.
- Reconnaître qu'il n'existe pas de référence absolue pour évaluer la préparation au retour au sport après une RLCA.
- Identifier les limites de la littérature actuelle et proposer des optimisations pour améliorer la prise de décision.
- Adopter une approche multifactorielle, alliant critères sensoriels et biomécaniques, avec une prise de décision partagée.
- Effectuer une évaluation continue des performances sportives durant la réhabilitation, et assurer une réintégration progressive dans le sport avec un suivi régulier.



## Importance de l'évaluation cardiovasculaire

Un sportif doit également avoir des capacités cardiovasculaires adéquates. Une évaluation de la VO<sub>2</sub> max avant, après la blessure et au moment de la reprise est essentielle. Les données montrent une baisse significative de la VO<sub>2</sub> max, soulignant que six mois de réhabilitation peuvent être insuffisants pour restaurer la fonction aérobie comparativement à des athlètes non blessés.



## Conclusion

Il est impératif d'évaluer la charge d'entraînement des sportifs pour s'assurer qu'à leur retour, leur niveau de charge soit équivalent à celui de leurs coéquipiers, tant en termes de :

- Niveau de course
- Vitesse identique
- Volume de vitesse identique
- Volume de travail explosif identique

**Cela pourrait contribuer à réduire les taux de récurrence et optimiser le succès du retour au sport.**



# AURÉLIEN FAUCON : Aspects neurocognitifs post RLCA

## Introduction :

- **Seulement 81% des athlètes reprennent le sport et 55 % reprennent le sport de compétition après une blessure du LCA**
- **Les athlètes de moins de 25 ans qui reprennent le sport ont un deuxième taux de blessures de 23%**

*Étude 1 : Neurocognitive and Neurophysiological Functions Related to ACL Injury: A Framework for Neurocognitive Approaches in Rehabilitation and Return-to-Sports Tests*

*Daghan Piskin, MSc, PT, Anne Benjaminse, PhD, PT, Panagiotis Dimitrakis, BSc, PT, and Alli Gokeler, PhD, PT*

Les tests de retour au sport (RTS) actuels utiliseraient des habiletés motrices fermées et prévisibles alors que les exigences sur le terrain sont différentes.

Les protocoles RTS reposent principalement sur des aspects biomécaniques et neuromusculaires, notamment des tests d'amplitude de mouvement, de force et de fonctionnalité.

Au retour sur le terrain, les athlètes sont exposés à de multiples stimuli tels que la direction du ballon et les mouvements de l'équipe adverse, et les athlètes doivent prendre des décisions dans cet environnement imprévisible et dynamique.

Cette interprétation et la décision (subconsciente) qui en résulte doivent être prises rapidement et réévaluées dans le cadre des exigences dynamiques du terrain. En effet, tout déficit ou retard dans le traitement sensoriel ou attentionnel peut contribuer à une incapacité à corriger des erreurs potentielles dans une coordination complexe, entraînant des positions des genoux qui augmentent le risque de blessure du LCA

- Les fonctions neurocognitives de base contrôlent la pensée et le comportement complexe, et orientés vers un objectif, impliquent de multiples domaines, tels que le contrôle inhibiteur, l'attention, la mémoire de travail et la flexibilité cognitive.
- Des déficits dans le temps de réaction et la vitesse de traitement indiquent une prédisposition neurocognitive potentielle aux lésions du LCA.
- Les athlètes ayant des niveaux de performance neurocognitive de base plus faibles démontrent de mauvaises performances neuromusculaires lors de l'atterrissage par rapport à ceux ayant des niveaux de performance neurocognitive de base plus élevés, de sorte qu'ils peuvent courir un risque élevé de blessure.

## **Les résultats suggèrent que les athlètes peuvent présenter des changements dans différents domaines des fonctions neurocognitives et différentes caractéristiques du SNC, tels qu'une diminution de la connectivité entre les régions cérébrales et de l'excitabilité corticospinale, avant ou principalement après une lésion du LCA dans les phases subaiguës et chroniques.**

- 6 études ont testé des domaines neurocognitifs, notamment le temps de réaction, la vitesse de traitement, le traitement visuel et la mémoire, uniquement et en combinaison avec une tâche motrice supplémentaire en tant que paradigme à double tâche.

L'étude de Swanik et al ont révélé des déficits dans le temps de réaction, la vitesse de traitement et la mémoire visuelle et verbale chez les athlètes blessés au LCA. Un temps de réaction ou une vitesse de traitement plus rapide sont impératifs pour être agile face à des stimuli imprévisibles tout en maintenant le contrôle neuromusculaire.

De même, la capacité de conserver l'environnement en constante évolution dans la mémoire visuelle joue un rôle fondamental dans les mécanismes de rétroaction lors de la planification motrice.

Stone et al n'ont trouvé aucune différence dans le temps de réaction, mais une amélioration de l'analyse visuomotrice chez les participants blessés au LCA par rapport aux participants en bonne santé. Il convient de considérer la nature des tests appliqués lors de l'interprétation de ces résultats contradictoires. Swanik et al ont utilisé ImPACT, dans lequel l'évaluation du temps de réaction repose sur un paradigme go/no-go, c'est-à-dire l'inhibition de la réponse, qui est en effet un domaine cognitif discret contrôlé par différents mécanismes neuronaux.

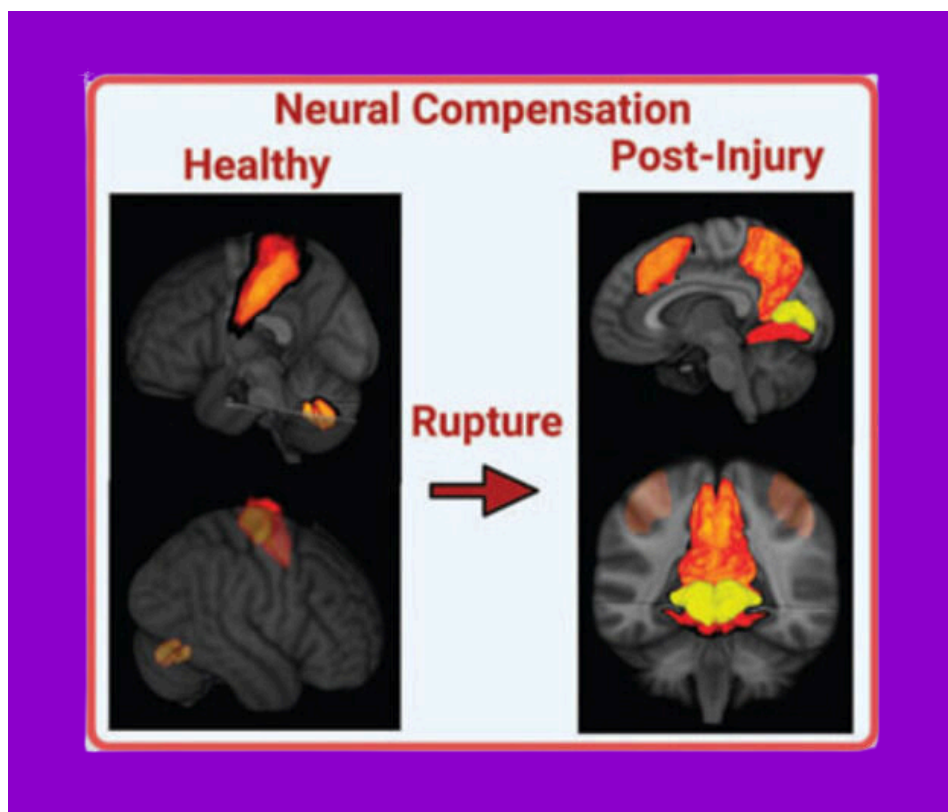
D'un autre côté, la tâche utilisée par Stone et al n'était qu'une tâche de temps de réaction sans avoir à inhiber le stimulus.

- 4 études: 3 de ces études ont démontré que soit les athlètes blessés au LCA sacrifient leurs performances cognitives pour maintenir un contrôle postural suffisant, ou vice versa, la stabilité posturale diminue avec une charge cognitive accrue. Les individus blessés présentent une neuroplasticité potentiellement inadaptée dans les zones primaires et prémotrices, montrant une activation plus élevée que les individus en bonne santé lors de tâches motrices simples.
- Les 2 études IRMf de conception prospective suggèrent que des changements neuronaux, une altération de la connectivité fonctionnelle plus spécifiquement, pourraient exister avant même une lésion du LCA

## Étude 2 : Combining Neurocognitive and Functional Tests to Improve Return-to-Sport Decisions Following ACL Reconstruction

Dustin R Grooms, Meredith Chaput, Janet E Simon, Cody R Criss, Gregory D Myer, Jed A Diekfuss

La neuroplasticité après une lésion du ligament croisé antérieur (LCA) modifie la façon dont le système nerveux génère le mouvement et maintient la stabilité dynamique des articulations. La neuroplasticité post-lésionnelle peut provoquer des compensations neuronales qui augmentent le recours à la neurocognition.



La neuroplasticité après une lésion du LCA modifie la façon dont le SN génère le mouvement

**Healthy** : Régions de contrôle sensorimoteur

**Post-Injury** : Activité neuronale cognitive et intermodale

Nous observons un passage d'un comportement automatique à un engagement frontal dans l'action. Bien que la zone motrice reste active, la démarche devient moins instinctive. Le sujet doit alors compenser en faisant attention à la manière dont il se déplace, notamment en adaptant sa posture pour éviter les blessures, surtout face à des irrégularités du sol. Ce processus devient plus exécutif, car il nécessite une réflexion active plutôt que des réponses automatiques.

Prenons l'exemple d'une routine matinale : lorsque les étapes habituelles telles que prendre un café, se doucher et s'habiller sont inversées, les zones exécutives du cerveau sont davantage sollicitées, réduisant ainsi le niveau d'automatisme. Cela implique que, dès qu'un effort de réflexion est requis, le lobe frontal joue un rôle central.

En ce qui concerne la zone attentionnelle ou le réservoir sensoriel, effectuer des tâches non automatiques est particulièrement exigeant sur le plan énergétique. En renforçant l'attention, nous pouvons augmenter le niveau de concentration du patient, ce qui permet de diminuer la fatigue liée à la compensation des atteintes motrices.

## “ Objectif de travail cognitif :

- Récupération des schémas moteurs. Lorsqu'un patient se concentre activement sur la rééducation neurocognitive, il aide à renforcer les connexions neuronales responsables de la proprioception et du contrôle moteur, ce qui permet au cerveau de mieux interpréter et réagir aux signaux envoyés par les récepteurs sensoriels du genou.
- La proprioception dépend de la capacité du système nerveux central à traiter et à intégrer des informations sensorielles provenant des muscles, des tendons et des ligaments. Si la neurocognition (notamment l'attention et la perception consciente) est renforcée, le cerveau devient plus efficace dans l'intégration de ces signaux sensoriels, en particulier ceux qui sont altérés après une blessure au LCA.
- En renforçant la neurocognition, on améliore le contrôle moteur. Le patient devient plus conscient des signaux proprioceptifs résiduels ou altérés provenant de l'articulation du genou. Cela aide à renforcer la réponse motrice appropriée (comme ajuster l'équilibre ou modifier la force appliquée).
- On renforce également la métacognition du sportif en améliorant sa confiance en soi. Il appréhendera moins le retour à la compétition.
- **Les tests de retour au sport quantifient la fonction physique mais ne parviennent pas à détecter d'importantes compensations neuronales. Pour évaluer les compensations neuronales en milieu clinique, nous recommandons d'évaluer la confiance neurocognitive des athlètes en augmentant les tests de retour au sport avec des défis combinés neurocognitifs et moteurs à double tâche.**

### **Étude 3** : *Cognitive Training Improves Joint Stiffness Regulation and Function in ACLR Patients Compared to Healthy Controls*

*Yong Woo An 1, Kyung-Min Kim 2 3, Andrea DiTrani Lobacz 4, Jochen Baumeister 5, Jill S Higginson 6, Jeffrey Rosen 7, Charles Buz Swanik 8*

La fonction cognitive étant essentielle à la coordination musculaire, l'entraînement cognitif peut également améliorer la stratégie de contrôle neuromusculaire et la fonction du genou après une reconstruction du LCA. Le but était d'examiner les effets de l'entraînement cognitif sur la régulation de la raideur articulaire en réponse à des stimuli visuels négatifs et sur la fonction du genou après une ACLR. Au total, 20 patients avec une RLCA et 20 témoins sains ont reçu quatre semaines d'entraînement cognitif en ligne. La fonction exécutive, la raideur articulaire en réponse à des stimuli visuels émotionnellement évocateurs (neutres, craintifs, liés à une blessure au genou) et les résultats de la fonction du genou avant et après l'intervention ont été comparés. Les deux groupes ont amélioré la fonction exécutive après l'intervention ( $p = 0,005$ ). Le groupe RLCA présentait une plus grande rigidité moyenne en réponse aux images effrayantes ( $p = 0,024$ ) et liées à une blessure ( $p = 0,017$ ) qu'aux contenus neutres avant l'intervention, alors qu'aucune différence de rigidité post-intervention n'était observée entre les types d'images. Le groupe RLCA a montré de meilleurs sauts sur une jambe pour la distance après un entraînement cognitif ( $p = 0,047$ ), tandis que le groupe en bonne santé n'a démontré aucune amélioration. L'entraînement cognitif a amélioré la fonction exécutive, ce qui peut réduire la dérégulation de la raideur articulaire en réponse à des images émotionnellement excitantes et améliorer la fonction du genou chez les patients RLCA, probablement en facilitant le traitement neuronal nécessaire au contrôle neuromusculaire.

Il est émis l'hypothèse que l'entraînement cognitif pourrait améliorer les stratégies de régulation de la raideur articulaire et les résultats fonctionnels du genou.

Les émotions négatives peuvent potentiellement perturber les réseaux neuronaux de planification d'actions existants dans le SNC. Il faut améliorer la gestion cognitive via les fonctions exécutives pour éviter ce dysfonctionnement.

Ces stratégies sont également essentielles pour maintenir un contrôle moteur approprié et protéger l'articulation face à des événements imprévus lors manœuvres sportives en compétition

- Il y a un rôle important des compétences cognitives dans le maintien de la coordination musculaire
- Une études de Swanik a découvert que des athlètes avec des performances inférieures aux tests neurocognitifs, notamment en vitesse de traitement, réactions, mémoire et capacités visuo-spatiales ont ensuite souffert de déchirures du LCA sans contact.

- Lorsqu'une personne subit une rupture du LCA, il souffre souvent de neuroplasticité, ce qui peut perturber les processus cognitifs nécessaires à une coordination motrice appropriée

=> Parfois des soucis sur l'attention, la mémoire de travail la planification motrice, ce qui peut avoir un impact sur leur capacité à coordonner efficacement les mouvements et à s'adapter aux situations dynamiques (d'où les risques potentiels de rechutes si rééducation insuffisante sur le neurocognitif)

- L'entraînement cognitif peut améliorer l'intégration sensorielle cognitive, facilitant l'intégration du retour proprioceptif et visuel au sein du SNC. Cette intégration améliorée peut permettre une interprétation plus précise des informations sensorielles liées à la force et à la position de l'articulation, conduisant à une régulation optimale de la rigidité articulaire pendant le mouvement. De plus, une meilleure intégration cognitive et sensorielle peut améliorer la planification des mouvements et la coordination motrice en particulier en réponse à des perturbations imprévues dans l'activité physique.

**Étude 4** : Principles of Motor Learning to Support Neuroplasticity After ACL Injury: Implications for Optimizing Performance and Reducing Risk of Second ACL Injury  
Alli Gokeler,<sup>1,2,3</sup> Dorothee Neuhaus,<sup>1</sup> Anne Benjaminse,<sup>3,4</sup> Dustin R. Grooms,<sup>5,6</sup>  
 and Jochen Baumeister

L'apprentissage moteur pour (ré)acquérir les capacités motrices et une bonne neuroplasticité ne sont pas suffisamment intégrés lors de la rééducation fonctionnelle ce qui peut entraîner des récives.

Objectif : Présenter de nouveaux principes d'apprentissage moteur pour soutenir la neuroplasticité en ciblant les modifications des réseaux neuronaux afin de réduire le risque d'une seconde lésion

#### **4 principes avec des tâches stimulante et motivante en ciblant les asymétries de mouvement**

- Focus externe : Les instructions de focalisation externe augmentent l'inhibition corticale => Gestes mieux maîtrisés, activation du Quadriceps + importante, meilleure stabilité posturale
- Apprentissage implicite : L'analogie, ou description métaphorique de l'action, se connecte à une image visuelle pour aider le patient à « ressentir » un mouvement






Il réduit la dépendance à l'égard de la mémoire de travail et favorise davantage un processus automatique => Il peut être plus efficace dans des tâches plus complexes

- Apprentissage différentiel : les schémas de mouvements sont intentionnellement variés dans la pratique
- Apprentissage autocontrôlé et interférence contextuelles : Donner les choix au patient de demander un feedback ou choisir un exercice qui lui convient parmi une liste de plusieurs exercices

# Découvrez notre formation

## *Lésion du LCA : théorie, rééducation et prévention* *By NeuroXtrain*



-  **7h** de formation
-  **180€** d'indemnisation
-  **Accessible** d'ou vous voulez
-  **+ 100** exercices
-  **N° DPC** : 59332425090



CONFÉRENCE AUX TERRASSES  
DU PARC – LYON

2 OCTOBRE 2024

# PATHOLOGIES ET RÉHABILITATION DU LCA

*Alexandre GERMAIN, Aurélien FAUCON,  
Florian FORELLI*



**Santé**  
Formapro



**NeuroXtrain**