

*Comment une pression physique peut-elle avoir une portée biologique ? De nouveaux outils permettent enfin d'éclairer ce subtil mécanisme : relayé jusqu'au cœur de nos cellules, le massage est capable d'activer des gènes aux propriétés anti-inflammatoires...*

# MASSAGE

## NOS GÈNES ADORENT !

À

l'issue de chaque épreuve, de chaque match, c'est un passage obligé pour les athlètes. Se faire presser, malaxer, étirer, détendre... L'action des mains du masseur est sollicitée par les sportifs pour faciliter la récupération de leurs muscles endoloris. Or, cette pratique a beau être extrêmement répandue, on

a beau trouver les preuves de son existence dès l'Antiquité, aucun scientifique n'avait jusqu'ici réussi à comprendre les rouages qui permettent au massage de procurer un effet bénéfique aux muscles sollicités par un exercice physique intense. Autrement dit : on n'arrivait pas à comprendre comment

EMELY/CORBIS - EYE OF SCIENCE/COSMOS

une force physique exercée en surface pouvait être capable d'avoir une portée biologique au plus profond des cellules. Tout au plus certains avaient mis en avant une augmentation locale de la température, une diminution de l'excitabilité des récepteurs sensoriels à la douleur ou encore des

effets psycho-physiologiques ou également suggéré une élimination locale des molécules toxiques, lactate en tête. Mais rien sur d'éventuels mécanismes génétiques. Rien... Jusqu'à aujourd'hui. Grâce aux derniers outils de l'exploration biologique, Mark Tarnopolsky du département de médecine de →



▲ L'exploration biologique permet d'observer comment, à l'intérieur d'une fibre musculaire (ci-dessus), les modifications chimiques induites par un massage réparent courbatures et microlésions.

→ l'université McMaster, au Canada, vient enfin d'éclairer ce mystère vieux de plusieurs siècles. Et ses conclusions sont d'autant plus intéressantes qu'elles démentent certaines idées reçues et mettent en avant des mécanismes insoupçonnés. Car, non, le massage ne facilite pas l'élimination des toxines. Son bénéfice est beaucoup plus subtil: il active directement les gènes de nos cellules musculaires!

### UNE LONGUE CASCADE D'ÉVÉNEMENTS BIOLOGIQUES

Pour arriver à de telles conclusions, le chercheur et son équipe ont recruté onze volontaires et les ont soumis à un exercice physique intense. A l'issue de l'exercice, ces "cobayes" ont reçu un massage de dix minutes sur une seule de leurs jambes. Parallèlement, une biopsie musculaire a été pratiquée sur les deux jambes avant l'exercice, puis dix minutes après le massage, et enfin deux heures et demie plus tard. Les échantillons musculaires obtenus ont ensuite été soumis à de nombreux examens: analyses histologiques pour constater les microlésions musculaires occasionnées

par l'exercice; dosage des différentes molécules libérées par les cellules; détection des protéines activées...

Résultat: les différences sont frappantes. Dans les cellules de la jambe massée, les molécules inflammatoires sont beaucoup moins concentrées, un peu comme si un médicament avait agi localement. Que s'est-il passé? Les mains du masseur ont exercé une pression qui a été détectée par des capteurs à la surface des cellules (voir infographie). Sous l'influence de cette pression, de petites protéines, des kinases, ont vu leur structure chimique se modifier. En effet, ces kinases sont connues pour jouer un rôle dans le processus de mécano-transduction, soit la transformation des messages mécaniques en messages biologiques. Cette modification chimique constitue la première étape d'une longue cascade d'événements biologiques qui aboutissent à l'activation de certains gènes.

## LES VIBRATIONS LIMITENT LES TISSUS GRAISSEUX

Le sport permet de diminuer la quantité de graisses accumulées, c'est bien connu. Mais il existe une hypothèse autrement plus surprenante: les vibrations provoquées par l'activité physique empêcheraient la constitution du tissu graisseux. Janet Rubin, de l'université de Caroline du Nord, a en effet révélé que des chocs mécaniques appli-

qués à des cellules souches avaient pour effet d'inhiber, via l'expression de gènes particuliers, leur transformation en cellules adipeuses. "Si on extrapole ces résultats, on peut imaginer qu'une séance de footing peut non seulement brûler de l'énergie mais aussi, grâce aux chocs qu'elle induit, bloquer l'adipogenèse", avance Emmanuel Farge, de l'Institut Curie. Une raison de plus pour sortir ses baskets du placard...

### 1 La pression exercée sur la cellule...

Des récepteurs situés sur la membrane cellulaire transmettent les informations mécaniques à l'intérieur de la cellule...

### 2 ...réveille des protéines qui...

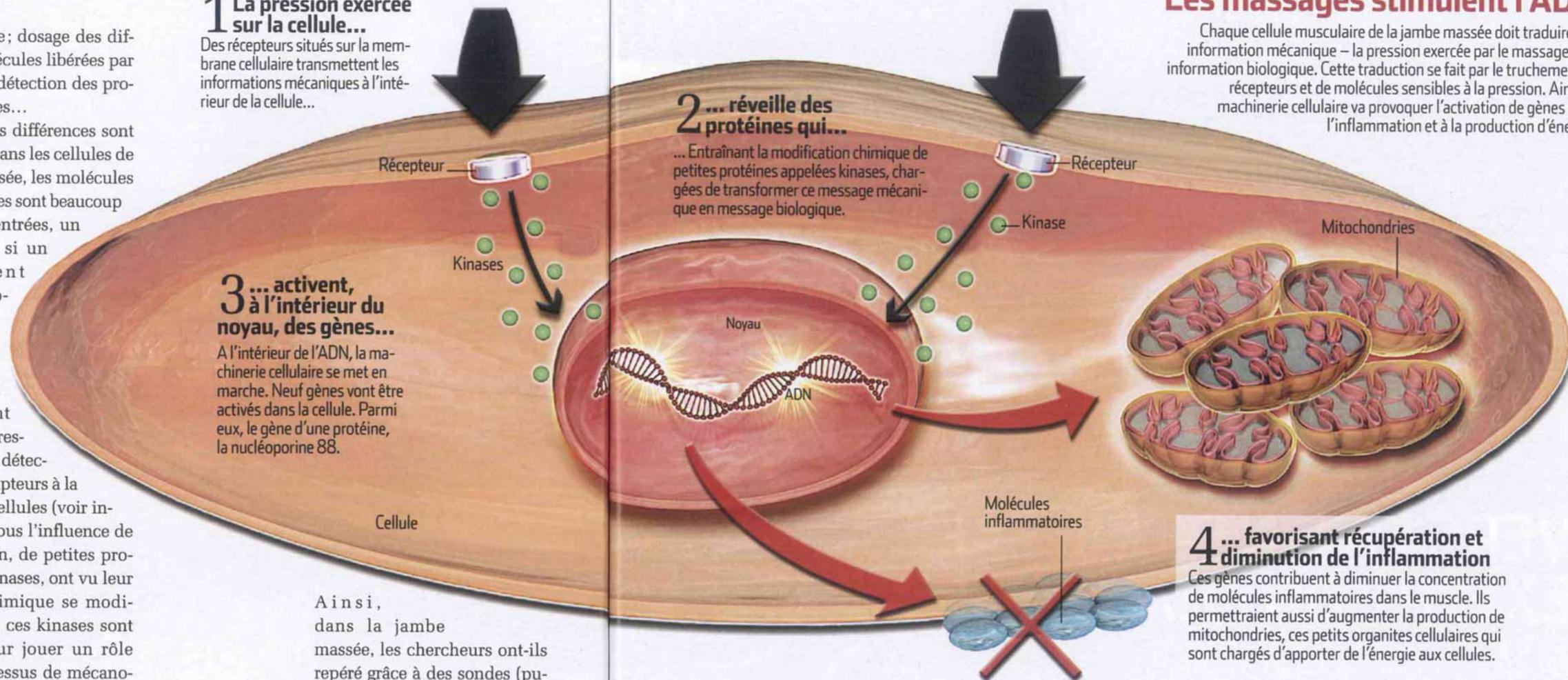
...entraînant la modification chimique de petites protéines appelées kinases, chargées de transformer ce message mécanique en message biologique.

### 3 ...activent, à l'intérieur du noyau, des gènes...

A l'intérieur de l'ADN, la machinerie cellulaire se met en marche. Neuf gènes vont être activés dans la cellule. Parmi eux, le gène d'une protéine, la nucléoporine 88.

## Les massages stimulent l'ADN

Chaque cellule musculaire de la jambe massée doit traduire une information mécanique – la pression exercée par le massage – en information biologique. Cette traduction se fait par le truchement de récepteurs et de molécules sensibles à la pression. Ainsi, la machinerie cellulaire va provoquer l'activation de gènes liés à l'inflammation et à la production d'énergie.



Ainsi, dans la jambe massée, les chercheurs ont-ils repéré grâce à des sondes (puces à ARN) la modification de l'expression de neuf gènes différents. Parmi ceux-ci, l'un d'eux, la nucléoporine 88, est particulièrement intéressant puisqu'il est connu pour son implication dans la diminution des mécanismes d'inflammation. "En atténuant l'inflammation, le massage peut réduire les douleurs dues aux microlésions musculaires de la même manière que les anti-inflammatoires non stéroïdiens et, ainsi, limiter l'apparition des courbatures", explique Mark Tarnopolsky.

Mais ce n'est pas tout. Les chercheurs canadiens ont découvert qu'un autre mécanisme est également mis en œuvre. De façon étonnante, le massage active l'expression d'une protéine impliquée dans la synthèse des mitochondries, ces petits organites cellulaires chargés de fournir de l'énergie aux cellules. "Si

le nombre de mitochondries augmente, la machine énergétique va être plus efficace et la récupération musculaire se fera mieux", commente Pierre Portero, ancien kinésithérapeute et professeur de biomécanique à l'université Paris-Est Créteil. Mais cet accroissement des stocks de mitochondries doit encore être confirmé. "L'augmentation effective du nombre de mitochondries peut prendre plusieurs mois, tempère Mark Tarnopolsky. Pour l'heure, nous avons uniquement montré une activation de la voie de genèse des mitochondries."

Reste que ces travaux ont immédiatement suscité l'enthousiasme de la communauté scientifique. Pour Thomas Best, un biologiste américain qui a étudié l'effet des massages sur les animaux, il s'agit "de la meilleure étude que j'ai jamais

vue sur les bases biologiques du massage". Emmanuel Farge, chercheur au sein de l'équipe Mécanique et génétique du développement embryonnaire à l'Institut Curie, à Paris, est tout aussi admiratif. En 2003, son équipe fut d'ailleurs l'une des premières au monde à montrer que des contraintes mécaniques pouvaient modifier l'expression de gènes lors du développement embryonnaire de la drosophile (voir S&V n° 1115).

### UNE INTUITION CONFIRMÉE

"Lorsque nous avons découvert ce phénomène, j'ai immédiatement pensé au massage, se souvient Emmanuel Farge. Le corps humain est sans cesse soumis à des contraintes et des actions mécaniques, il est donc assez logique que notre physiologie s'y soit adaptée. Il en est ainsi de l'expression des gènes et de

### 4 ...favorisant récupération et diminution de l'inflammation

Ces gènes contribuent à diminuer la concentration de molécules inflammatoires dans le muscle. Ils permettraient aussi d'augmenter la production de mitochondries, ces petits organites cellulaires qui sont chargés d'apporter de l'énergie aux cellules.

l'activité biochimique de la cellule." Cependant, si on sait depuis longtemps que ces actions mécaniques peuvent provoquer la modification chimique de certaines protéines ou l'activation de voies de signalisation, "cela fait moins de dix ans que l'on a découvert qu'elles pouvaient aussi agir directement sur la transcription des gènes", poursuit Emmanuel Farge.

Dix ans après l'intuition du chercheur français, les travaux de Mark Tarnopolsky marquent donc un pas décisif dans la compréhension des interactions entre forces physiques et lois de la biologie. Ces travaux pourraient même permettre d'optimiser par des mesures objectives le rythme et l'intensité des pressions à exercer. Et l'art des massages pourrait alors être élevé au rang de science...

## JARGON

**Mécanotransduction:** c'est le processus qui permet à une information physique – ici la pression exercée lors d'un massage – de se transformer en message biologique. La membrane de la cellule capte l'information qui est ensuite transmise sous forme de signaux moléculaires afin d'activer la lecture de telle ou telle partie du génome.