

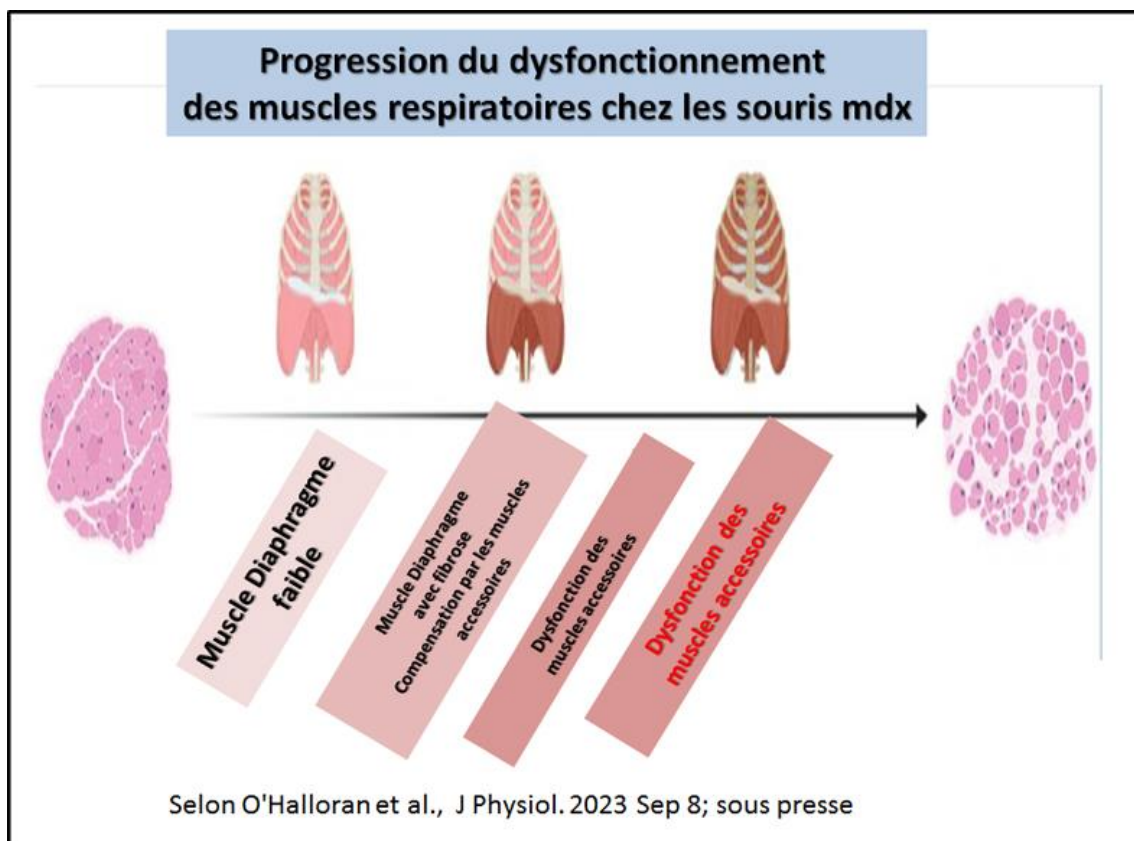
# Les plus récentes avancées depuis Septembre 2023

Il est question dans ce travail [des biomarqueurs de la progression de la dystrophie musculaire de Duchenne : impact de l'âge dans le muscle épargné de la langue mdx](#). Les résultats indiquent que : L'analyse histologique de la langue du ventre moyen n'a montré aucune différence entre les groupes. Aucune différence n'a été trouvée entre les concentrations de métabolites provenant de langues entières de type sauvage ou mdx du même âge. Les métabolites alanine, méthionine et 3-méthylhistidine étaient plus élevés, et la taurine et le glycérol étaient plus faibles dans les jeunes langues de type sauvage et mdx ( $p < 0,001$ ). Les métabolites glycine ( $p < 0,001$ ) et acide glutamique ( $p = 0,0018$ ) n'étaient différents que dans les groupes mdx, étant plus élevés chez les jeunes souris mdx. L'acide acétique, la phosphocréatine, l'isoleucine, l'acide succinique, la créatine et les protéines TNF- $\alpha$  et TGF- $\beta$  ne présentaient aucune différence dans l'analyse entre les groupes ( $p > 0,05$ ). Les conclusions sont les suivantes : **De manière surprenante, l'analyse histologique, des métabolites et des protéines révèle que la langue des vieux mdx reste partiellement épargnée par la myonécrose sévère observée dans les autres muscles.** Les métabolites alanine, méthionine, 3-méthylhistidine, taurine et glycérol peuvent être efficaces pour des évaluations spécifiques, bien que leur utilisation pour le suivi de la progression de la maladie doive être prudente en raison des changements liés à l'âge dans le muscle de la langue. L'acide acétique, la phosphocréatine, l'isoleucine, le succinate, la créatine, le TNF- $\alpha$  et le TGF- $\beta$  ne varient pas avec le vieillissement et restent constants dans les muscles épargnés, ce qui suggère leur potentiel en tant que biomarqueurs spécifiques de la progression de la DMD indépendamment du vieillissement.

Le sujet de cet article est [la cartographie T1 native du myocarde et la quantification du volume extracellulaire chez des femmes asymptomatiques porteuses de mutations génétiques de la dystrophie musculaire de Duchenne](#). Les résultats sont les suivants: Il y avait 38 DMD-FC (âge moyen  $39,1 \pm 8,8$  ans) et 22 volontaires sains (âge moyen  $39,9 \pm 12,6$  ans) imaginés par CMR. Le temps de relaxation T1 natif global moyen était similaire pour les DMD-FC et les CG ( $1005,1 \pm 26,3$  ms vs.  $1003,5 \pm 25,0$  ms ; valeur  $p = 0,81$ ). De même, la valeur moyenne du VCE global était également similaire entre les groupes ( $27,92 \pm 2,02$  % contre  $27,10 \pm 2,89$  % ;  $p$ -value = 0,20). L'analyse segmentaire des valeurs moyennes de la VCE selon la classification de l'American Heart Association n'a pas montré de différences entre les groupes DMD-FC et CG. Il y avait une tendance non significative vers des valeurs moyennes de VCE plus élevées dans les segments inférieurs et inféro-latéraux du myocarde (valeur  $p = 0,075$  et  $0,070$  respectivement). **En conclusion : Il n'y avait pas de différences statistiquement significatives dans les temps de relaxation T1 natifs moyens globaux et segmentaires et dans les valeurs ECV moyennes globales ou segmentaires.** Il y avait une tendance à des valeurs moyennes segmentaires de VCE plus élevées pour le DMD-FC dans les parois inférieures et inféro-latérales du myocarde.

L'étude suivante indique [comment il est possible que le sauvetage nutritionnel du tissu musculaire dérivé de cellules satellites en début de maturation et en cours de détérioration](#). Cette étude rapporte que notre technique d'ingénierie tissulaire permet de découvrir les caractéristiques uniques des cellules satellites musculaires humaines en tant que source

cellulaire pour nos tissus musculaires. Les tissus fabriqués à partir de cellules satellites ont atteint leur maturité fonctionnelle en quelques jours, ce qui est plus rapide que ceux créés à partir de myoblastes. D'autre part, les tissus musculaires dérivés de cellules satellites n'ont pas pu conserver leur capacité contractile, alors que les tissus dérivés de myoblastes ont montré des contractions musculaires pendant plusieurs semaines. Les structures des sarcomères et les structures membranaires de la laminine et de la dystrophine ont été perdues en même temps qu'une détérioration fonctionnelle précoce. Partant de l'hypothèse qu'une insuffisance de nutriments était à l'origine de la réduction de la durée de vie, il a été ajouté 10 % de sérum au milieu de culture des tissus musculaires dérivés de cellules satellites, bien qu'un milieu à plus faible teneur en sérum soit couramment utilisé pour produire des tissus musculaires. **Combiné à l'inhibiteur du récepteur TGF- $\beta$ 1, le SB431542, la capacité contractile des tissus musculaires a été remarquablement augmentée et les microstructures des tissus ont été maintenues à plus long terme tout en conservant la fonctionnalisation précoce et les conditions de culture enrichies ont empêché la détérioration précoce.** Ces résultats ont renforcé notre compréhension de la biologie des myoblastes et des cellules satellites dans la formation des tissus musculaires et ont fourni de nouvelles idées sur les applications de l'ingénierie des tissus musculaires.



Ce travail porte sur [la perte de la compensation offerte par les muscles accessoires de la respiration conduit à un compromis du système respiratoire dans le modèle de souris mdx de la dystrophie musculaire de Duchenne.](#) Malgré la faiblesse du diaphragme, la performance inspiratoire maximale est préservée chez les jeunes souris mdx déficientes en dystrophine, ce qui révèle une compensation adéquate par les muscles extra-diaphragmatiques. **Les activités EMG des muscles obligatoires (diaphragme, intercostal externe et intercostal parasternal) sont plus faibles chez les souris mdx, apparaissant tôt dans la maladie dystrophique, avant le déclin temporel de la performance maximale.** Les activités EMG

maximales de certains muscles accessoires sont plus faibles, tandis que d'autres sont préservées. Le recrutement du muscle trapèze est plus important chez les souris mdx lors de l'activation maximale du système. Chez les souris phrénicotomisées présentant une paralysie confirmée du diaphragme, la contribution des muscles extra-diaphragmatiques à la pression inspiratoire maximale est plus importante chez les souris mdx que chez les souris de type sauvage. La lésion chirurgicale des muscles accessoires (y compris abdominaux) affecte négativement la génération du pic de pression chez les souris mdx. Le remodelage du diaphragme conduisant à sa rigidification procure un avantage mécanique à la génération du pic de pression via l'action facilitée des muscles extra-diaphragmatiques dans les premiers stades de la maladie dystrophique. Les activités EMG accessoires de pointe sont plus faibles chez les souris mdx âgées de 12 mois que chez les souris de type sauvage. La pression inspiratoire maximale diminue chez les souris mdx à un stade avancé de la maladie. En conclusion il apparaît que la compensation offerte par les muscles accessoires de la respiration diminue dans la maladie dystrophique avancée, précipitant l'émergence d'un dysfonctionnement du système respiratoire. Un schéma récapitule tout le processus

Il apparaît avec [ce travail que Le séquençage du génome entier permet d'identifier de nouvelles variations structurales du gène DMD à l'origine de la dystrophie musculaire de Duchenne chez deux filles.](#) Il est analysé deux jeunes filles présentant une faiblesse musculaire sévère, des dystrophies musculaires et des taux de créatine kinase (CK) supérieurs à 10 000 U/L. Dans les tissus musculaires squelettiques, la réaction de coloration de la dystrophine a révélé un mosaïcisme. L'inactivation X presque entièrement asymétrique dans les deux cas a confirmé la possibilité d'une dystrophinopathie. Malgré les diagnostics moléculaires standards (y compris l'amplification multiplex par sonde dépendante de la ligation (MLPA) et le séquençage du panel de gènes par séquençage de nouvelle génération (NGS)), la cause génétique de l'état des jeunes filles est restée inconnue. Cependant, le séquençage du génome entier a révélé deux translocations réciproques entre leurs chromosomes X et les chromosomes 5 et 19, respectivement. **Dans les deux cas, les points de rupture sur les chromosomes X étaient situés directement dans le gène DMD (dans les introns 54 et 7, respectivement) et étaient responsables des phénotypes des patientes.** Des techniques supplémentaires telles que le séquençage Sanger, le caryotypage conventionnel et l'hybridation in situ en fluorescence (FISH) ont confirmé la perturbation du gène DMD chez les deux patients par le biais de translocations. Ces résultats soulignent l'importance de données cliniques précises combinées à une analyse histopathologique pour déterminer avec précision la maladie génétique sous-jacente présumée. En outre, cette étude illustre la viabilité du séquençage du génome entier en tant que méthode rapide et très efficace pour identifier les facteurs génétiques responsables de constellations génétiques complexes dans la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD).





que partiellement connues, ce qui est crucial pour le développement de nouvelles thérapies visant à ralentir ou arrêter la progression de la maladie. Il est analysé des biopsies musculaires du quadriceps de sept patients atteints de DMD âgés de 2 à 4 ans et de cinq témoins appariés selon l'âge et le sexe en utilisant le séquençage de l'ARN du noyau unique (snRNAseq) et les résultats obtenus sont corrélés avec les données cliniques. Le snRNAseq a permis d'identifier des différences significatives dans la proportion de la population cellulaire présente dans les échantillons musculaires, notamment une augmentation du nombre de fibres régénératives, de cellules satellites et de cellules progénitrices fibro-adipogènes (FAP) et une diminution du nombre de fibres lentes et de cellules musculaires lisses. Les échantillons de muscles Dans le cas des FAP, Il est observé la régulation de gènes impliqués dans la régénération de la matrice extracellulaire, mais aussi dans plusieurs voies de signalisation. **En effet, une analyse plus poussée du profil potentiel de communication intercellulaire a montré une dysrégulation du profil de communication dans les échantillons de DMD, identifiant les FAPs comme un régulateur clé de la signalisation cellulaire dans les échantillons de muscle DMD des jeunes patients présentant une faiblesse légère et stable étaient caractérisés par une augmentation des fibres régénératives, tandis que les patients plus âgés présentant une faiblesse modérée et progressive étaient caractérisés par une perte de fibres musculaires et une augmentation des cellules progénitrices fibro-adipogènes.** Une analyse du profil d'expression génique dans les fibres musculaires a permis d'identifier une forte signature régénérative dans les échantillons de DMD, caractérisée par l'augmentation des gènes impliqués dans la myogenèse et l'hypertrophie musculaire. En conclusion, cette étude a identifié des différences significatives aux niveaux cellulaire et moléculaire dans les différentes populations de cellules présentes dans les échantillons de muscles squelettiques de patients atteints de DMD par rapport aux témoins.

Il est présenté [dans cette analyse un ré-examen de la prise en charge thérapeutique des dystrophies musculaires à l'aide d'une approche centrée sur le muscle lisse vasculaire.](#) Contrairement à l'accent mis depuis longtemps sur la physiopathologie des muscles squelettiques dans la recherche d'un remède à la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD), nous pensons que le dysfonctionnement de la dystrophine produite par les muscles lisses vasculaires est un facteur majeur de la pathologie de la maladie. Nous pensons qu'un glucane modificateur de la réponse biologique (BRMG), dont les études cliniques sur la DMD ont montré qu'il stimulait l'expression de la dystrophine du muscle lisse vasculaire et qu'il avait des effets anti-fibrotiques et anti-inflammatoires, pourrait jouer un rôle clé dans la réduction de la pathogenèse de la DMD. D'après l'évaluation des biomarqueurs, ce BRMG, qui est sûr et sans effets secondaires, réduit la pathogenèse de la DMD. **Il est décrit l'ensemble des mécanismes d'action possibles par lesquels ce BRMG contribue à atténuer les symptômes de la DMD en ciblant la dystrophine du muscle lisse, ainsi que ses avantages par rapport à d'autres modalités thérapeutiques, et comment il peut servir d'adjuvant précieux aux thérapies existantes.** Il est suggéré que l'utilisation d'adjuvants BRMG ciblant la dystrophine des muscles lisses serait une approche thérapeutique potentielle permettant de prolonger la durée de vie et d'allonger la durée de la déambulation dès l'apparition de la DMD. D'autres études sont nécessaires pour valider cette hypothèse. Consulter le tableau de la figure N°1 pour une vue d'ensemble.

Ce travail indique [l'expression et la fonction de quatre constructions à base d'AAV pour la restauration de la dystrophine dans le modèle de souris mdx de la dystrophie musculaire de Duchenne.](#) L'expression robuste de la dystrophine raccourcie et fonctionnelle a incité à développer des constructions basées sur le virus adéno-associé (AAV) pour une application clinique. Étant donné que plusieurs cassettes sont testées dans le cadre d'essais cliniques, cette

étude a comparé l'efficacité des quatre combinaisons suivantes de promoteurs de la dystrophine raccourcie, avec les implications que cela implique pour les résultats des essais cliniques : Promoteur MHCK7 ou MCK avec un transgène de dystrophine raccourci contenant l'extrémité N-terminale et les répétitions de spectrine R1, R2, R3 et R24 (rAAVrh74.MHCK7.micro-dystrophine et rAAVrh74.MCK. micro-dystrophine, respectivement) ; une construction de dystrophine raccourcie contenant le site de liaison de l'oxyde nitrique neuronal (nNOS) (rAAVrh74.MHCK7.DV.mini-dystrophine) ; et une dystrophine raccourcie contenant l'extrémité C-terminale (rAAVrh74.MHCK7.micro-dystrophine.Cterm). **Les bénéfices fonctionnels et histologiques ont été examinés 4 semaines après l'administration intramusculaire chez des souris mdx. La rAAVrh74.MHCK7.micro-dystrophine a fourni l'expression transgénique la plus robuste et a augmenté de manière significative la force de sortie spécifique dans le muscle tibialis anterior.** L'environnement musculaire a été normalisé (réduction de la nucléation centrale), ce qui indique les avantages fonctionnels et histologiques de la rAAVrh74.MHCK7.micro-dystrophine. Ainsi, le choix du promoteur et la conception du transgène sont essentiels pour une expression/distribution optimale de la dystrophine en vue d'une amélioration fonctionnelle maximale.

Cet article porte [sur l'efficacité des oligonucléotides antisens DMD pour le saut d'exon est en corrélation avec le temps de rétention de l'intron flanquant et la position de la cible dans l'exon.](#) Les mutations du gène DMD sont responsables de la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD). Le saut d'exon à l'aide d'oligonucléotides antisens (AON) pour restaurer le cadre de lecture perturbé de la dystrophine est une approche thérapeutique qui permet la production d'une protéine plus courte mais fonctionnelle. Comme les mutations responsables de la DMD peuvent affecter la plupart des 79 exons codant pour la dystrophine, une grande variété d'AON est nécessaire pour traiter la population de patients. La conception des AONs est largement guidée par des essais et des erreurs, et ce qui définit la possibilité de sauter un exon n'est pas encore clair. Il est utilisé ici une bibliothèque d'oligomères morpholino phosphorodiamidés (PMO) ayant des propriétés physiques similaires pour tester la possibilité de sauter un grand nombre d'exons de la DMD. Le transcrit de la DMD est épissé de manière non séquentielle, ce qui signifie que certains introns sont retenus plus longtemps dans le transcrit que les introns situés en aval. Il a été vérifié si le temps de rétention relatif des introns avait un effet significatif sur l'efficacité de l'AON et nous avons constaté que le ciblage d'un exon hors cadre flanqué à son extrémité 5' par un intron qui est retenu plus longtemps dans le transcrit (intron "lent") conduit à une efficacité de saut d'exon globalement plus élevée que lorsque l'intron flanquant à l'extrémité 5' est "rapide". **Indépendamment de la vitesse d'épissage des introns flanquants, il est constaté que le positionnement d'un AON plus près de l'extrémité 5' de l'exon cible conduit à une plus grande efficacité de saut d'exon que le ciblage de l'extrémité 3' d'un exon.** Les données présentées ici peuvent servir à orienter la sélection future des cibles et des sites de liaison préférentiels des AON pour la DMD et d'autres maladies pouvant faire l'objet de thérapies par saut d'exon.

Il est question dans [cet article d'un essai quantitatif très sensible pour la protéine dystrophine en utilisant la technologie de comptage de molécules uniques.](#) L'expression de la protéine dystrophine est un biomarqueur utilisé pour évaluer les traitements qui restaurent les niveaux de dystrophine des patients. Actuellement, un test semi-quantitatif utilisant le western blotting, qui normalise l'expression de la dystrophine par rapport à celle d'une population de contrôle, est utilisé pour le classement réglementaire. Cependant, les méthodes actuelles sont

limitées en termes de sensibilité, de quantification et de reproductibilité. **Pour y remédier, un essai immunitaire sandwich quantitatif et très sensible utilisant la technologie de comptage de molécules uniques a été mis au point, avec la protéine recombinante de dystrophine comme calibreur.** Les anticorps de capture et de détection ont été sélectionnés pour détecter la dystrophine de pleine longueur. En utilisant ce test optimisé, les niveaux de dystrophine dans les échantillons musculaires de sujets atteints de dystrophie myotonique (n = 9) et de DMD (n = 8) étaient respectivement de  $93,2 \pm 31,9$  (fourchette : 49,4-145,3) et de  $14,5 \pm 6,8$  (fourchette : 6,18-22,6) fmol/mg de protéines totales. La plus faible concentration de dystrophine mesurée dans les échantillons de DMD était 5 fois supérieure à celle de la limite inférieure de quantification, un niveau non détecté par western blotting. Ces données indiquent que ce test mesure de manière précise et sensible la protéine dystrophine et peut être utile dans les essais cliniques évaluant la restauration de la dystrophine

[Biomarkers for Duchenne muscular dystrophy progression: impact of age in the mdx tongue spared muscle.](#)

Lorena MDSV, Santos EKD, Ferretti R, Nagana Gowda GA, Odom GL, Chamberlain JS, Matsumura CY. *Skelet Muscle*. 2023 Sep 13;13(1):16. doi: 10.1186/s13395-023-00325-z. PMID: 37705069

Il est question dans ce travail des biomarqueurs de la progression de la dystrophie musculaire de Duchenne : impact de l'âge dans le muscle épargné de la langue mdx. Les résultats indiquent que : L'analyse histologique de la langue du ventre moyen n'a montré aucune différence entre les groupes. Aucune différence n'a été trouvée entre les concentrations de métabolites provenant de langues entières de type sauvage ou mdx du même âge. Les métabolites alanine, méthionine et 3-méthylhistidine étaient plus élevés, et la taurine et le glycérol étaient plus faibles dans les jeunes langues de type sauvage et mdx ( $p < 0,001$ ). Les métabolites glycine ( $p < 0,001$ ) et acide glutamique ( $p = 0,0018$ ) n'étaient différents que dans les groupes mdx, étant plus élevés chez les jeunes souris mdx. L'acide acétique, la phosphocréatine, l'isoleucine, l'acide succinique, la créatine et les protéines TNF- $\alpha$  et TGF- $\beta$  ne présentaient aucune différence dans l'analyse entre les groupes ( $p > 0,05$ ).

Les conclusions sont les suivantes : **De manière surprenante, l'analyse histologique, des métabolites et des protéines révèle que la langue des vieux mdx reste partiellement épargnée par la myonécrose sévère observée dans les autres muscles.** Les métabolites alanine, méthionine, 3-méthylhistidine, taurine et glycérol peuvent être efficaces pour des évaluations spécifiques, bien que leur utilisation pour le suivi de la progression de la maladie doive être prudente en raison des changements liés à l'âge dans le muscle de la langue. L'acide acétique, la phosphocréatine, l'isoleucine, le succinate, la créatine, le TNF- $\alpha$  et le TGF- $\beta$  ne varient pas avec le vieillissement et restent constants dans les muscles épargnés, ce qui suggère leur potentiel en tant que biomarqueurs spécifiques de la progression de la DMD indépendamment du vieillissement.

[Myocardial native T<sub>1</sub> mapping and extracellular volume quantification in asymptomatic female carriers of Duchenne muscular dystrophy gene mutations.](#)

Lucia M, Roman P, Martin P, Luz MM, Tomáš H, Vladimír K, Lenka J, Jan M, Lukáš O, Věra F. *Orphanet J Rare Dis*. 2023 Sep 11;18(1):283. doi: 10.1186/s13023-023-02899-9. PMID: 37697356 Free PMC article.

Le sujet de cet article est la cartographie T1 native du myocarde et la quantification du volume extracellulaire chez des femmes asymptomatiques porteuses de mutations génétiques de la dystrophie musculaire de Duchenne. Les résultats sont les suivants: Il y avait 38 DMD-FC (âge moyen  $39,1 \pm 8,8$  ans) et 22 volontaires sains (âge moyen  $39,9 \pm 12,6$  ans) imaginés par CMR. Le temps de relaxation T1 natif global moyen était similaire pour les DMD-FC et les CG ( $1005,1 \pm 26,3$  ms vs.  $1003,5 \pm 25,0$  ms ; valeur  $p = 0,81$ ). De même, la valeur moyenne du VCE global était également similaire entre les groupes ( $27,92 \pm 2,02$  % contre  $27,10 \pm 2,89$  % ;  $p$ -value = 0,20). L'analyse segmentaire des valeurs moyennes de la VCE selon la classification de l'American Heart Association n'a pas montré de différences entre les groupes DMD-FC et CG. Il y avait une tendance non significative vers des valeurs moyennes de VCE plus élevées dans les segments inférieurs et inféro-latéraux du myocarde (valeur  $p = 0,075$  et  $0,070$  respectivement). **En conclusion : Il n'y avait pas de différences statistiquement significatives dans les temps de relaxation T1 natifs moyens globaux et segmentaires et dans les valeurs ECV moyennes globales ou segmentaires.** Il y avait une tendance à des valeurs moyennes segmentaires de VCE plus élevées pour le DMD-FC dans les parois inférieures et inféro-latérales du myocarde.

[Nutrient rescue of early maturing and deteriorating satellite cell-derived engineered muscle tissue.](#)

Takahashi H, Ishiyama K, Takeda N, Shimizu T. Tissue Eng Part A. 2023 Sep 11. doi: 10.1089/ten.TEA.2023.0007. Online ahead of print. PMID: 37694582

L'étude suivante indique comment il est possible que le sauvetage nutritionnel du tissu musculaire dérivé de cellules satellites en début de maturation et en cours de détérioration. Cette étude rapporte que notre technique d'ingénierie tissulaire permet de découvrir les caractéristiques uniques des cellules satellites musculaires humaines en tant que source cellulaire pour nos tissus musculaires. Les tissus fabriqués à partir de cellules satellites ont atteint leur maturité fonctionnelle en quelques jours, ce qui est plus rapide que ceux créés à partir de myoblastes. D'autre part, les tissus musculaires dérivés de cellules satellites n'ont pas pu conserver leur capacité contractile, alors que les tissus dérivés de myoblastes ont montré des contractions musculaires pendant plusieurs semaines. Les structures des sarcomères et les structures membranaires de la laminine et de la dystrophine ont été perdues en même temps qu'une détérioration fonctionnelle précoce. Partant de l'hypothèse qu'une insuffisance de nutriments était à l'origine de la réduction de la durée de vie, il a été ajouté 10 % de sérum au milieu de culture des tissus musculaires dérivés de cellules satellites, bien qu'un milieu à plus faible teneur en sérum soit couramment utilisé pour produire des tissus musculaires. **Combiné à l'inhibiteur du récepteur TGF- $\beta$ 1, le SB431542, la capacité contractile des tissus musculaires a été remarquablement augmentée et les microstructures des tissus ont été maintenues à plus long terme tout en conservant la fonctionnalisation précoce et les conditions de culture enrichies ont empêché la détérioration précoce.** Ces résultats ont renforcé notre compréhension de la biologie des myoblastes et des cellules satellites dans la formation des tissus musculaires et ont fourni de nouvelles idées sur les applications de l'ingénierie des tissus musculaires.

[Translated with DeepL](#)

This study reports that our tissue engineering technique allowed us to discover unique characteristics of human muscle satellite cells as a cell source for our muscle sheet tissue. The



tissues engineered from satellite cells functionally matured within several days, which is earlier than those created from myoblasts. On the other hand, satellite cell-derived muscle sheet tissues were unable to maintain the contractile ability, whereas the myoblast-derived tissues showed muscle contractions for several weeks. The sarcomere structures and membrane-like structures of laminin and dystrophin were lost along with early functional deterioration. Based on a hypothesis that an insufficiency of nutrients caused a shortened lifetime, we supplemented the culture medium for the satellite cell-derived muscle sheet tissues with 10% serum; although a lower serum medium is commonly used to produce muscle tissues. Further combined with the TGF- $\beta$ 1 receptor inhibitor, SB431542, the contractile ability of the muscle tissues was increased remarkably and the tissue microstructures were maintained for a longer term while retaining the early functionalization and the enriched culture conditions prevented early deterioration. These results strengthened our understanding of the biology of myoblasts and satellite cells in muscle tissue formation and provided new insights into the applications of muscle tissue engineering.

[Loss of compensation afforded by accessory muscles of breathing leads to respiratory system compromise in the mdx mouse model of Duchenne muscular dystrophy.](#)

O'Halloran KD, Maxwell MN, Marullo AL, Hamilton CP, Ó Murchú SC, Burns DP, Mahony CM, Slyne AD, Drummond SE. *J Physiol.* 2023 Sep 8. doi: 10.1113/JP285203. Online ahead of print. PMID: 37688347

Ce travail porte sur la perte de la compensation offerte par les muscles accessoires de la respiration conduit à un compromis du système respiratoire dans le modèle de souris mdx de la dystrophie musculaire de Duchenne. Malgré la faiblesse du diaphragme, la performance inspiratoire maximale est préservée chez les jeunes souris mdx déficientes en dystrophine, ce qui révèle une compensation adéquate par les muscles extra-diaphragmatiques. **Les activités EMG des muscles obligatoires (diaphragme, intercostal externe et intercostal parasternal) sont plus faibles chez les souris mdx, apparaissant tôt dans la maladie dystrophique, avant le déclin temporel de la performance maximale.** Les activités EMG maximales de certains muscles accessoires sont plus faibles, tandis que d'autres sont préservées. Le recrutement du muscle trapèze est plus important chez les souris mdx lors de l'activation maximale du système. Chez les souris phrénicotomisées présentant une paralysie confirmée du diaphragme, la contribution des muscles extra-diaphragmatiques à la pression inspiratoire maximale est plus importante chez les souris mdx que chez les souris de type sauvage. La lésion chirurgicale des muscles accessoires (y compris abdominaux) affecte négativement la génération du pic de pression chez les souris mdx. Le remodelage du diaphragme conduisant à sa rigidification procure un avantage mécanique à la génération du pic de pression via l'action facilitée des muscles extra-diaphragmatiques dans les premiers stades de la maladie dystrophique. Les activités EMG accessoires de pointe sont plus faibles chez les souris mdx âgées de 12 mois que chez les souris de type sauvage. La pression inspiratoire maximale diminue chez les souris mdx à un stade avancé de la maladie. En conclusion il apparaît que la compensation offerte par les muscles accessoires de la respiration diminue dans la maladie dystrophique avancée, précipitant l'émergence d'un dysfonctionnement du système respiratoire.

[Whole-Genome Sequencing Identified New Structural Variations in the \*DMD\* Gene That Cause Duchenne Muscular Dystrophy in Two Girls.](#)

Pluta N, von Moers A, Pechmann A, Stenzel W, Goebel HH, Atlan D, Wolf B, Nanda I, Zaum AK, Rost S. *Int J Mol Sci.* 2023 Sep 1;24(17):13567. doi: 10.3390/ijms241713567. PMID: 37686372 Free PMC article.

Il apparaît avec ce travail que Le séquençage du génome entier permet d'identifier de nouvelles variations structurales du gène DMD à l'origine de la dystrophie musculaire de Duchenne chez deux filles. Il est analysé deux jeunes filles présentant une faiblesse musculaire sévère, des dystrophies musculaires et des taux de créatine kinase (CK) supérieurs à 10 000 U/L. Dans les tissus musculaires squelettiques, la réaction de coloration de la dystrophine a révélé un mosaïcisme. L'inactivation X presque entièrement asymétrique dans les deux cas a confirmé la possibilité d'une dystrophinopathie. Malgré les diagnostics moléculaires standards (y compris l'amplification multiplex par sonde dépendante de la ligature (MLPA) et le séquençage du panel de gènes par séquençage de nouvelle génération (NGS)), la cause génétique de l'état des jeunes filles est restée inconnue. Cependant, le séquençage du génome entier a révélé deux translocations réciproques entre leurs chromosomes X et les chromosomes 5 et 19, respectivement. **Dans les deux cas, les points de rupture sur les chromosomes X étaient situés directement dans le gène DMD (dans les introns 54 et 7, respectivement) et étaient responsables des phénotypes des patientes.** Des techniques supplémentaires telles que le séquençage Sanger, le caryotypage conventionnel et l'hybridation in situ en fluorescence (FISH) ont confirmé la perturbation du gène DMD chez les deux patients par le biais de translocations. Ces résultats soulignent l'importance de données cliniques précises combinées à une analyse histopathologique pour déterminer avec précision la maladie génétique sous-jacente présumée. En outre, cette étude illustre la viabilité du séquençage du génome entier en tant que méthode rapide et très efficace pour identifier les facteurs génétiques responsables de constellations génétiques complexes dans la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD).

#### [Duchenne Muscular Dystrophy from Brain to Muscle: The Role of Brain Dystrophin Isoforms in Motor Functions.](#)

Wijekoon N, Gonawala L, Ratnayake P, Amaratunga D, Hathout Y, Mohan C, Steinbusch HWM, Dalal A, Hoffman EP, de Silva KRD. J Clin Med. 2023 Aug 29;12(17):5637. doi: 10.3390/jcm12175637. PMID: 37685704 Free PMC article.

L'étude ci-dessous analyse la dystrophie musculaire de Duchenne, du cerveau au muscle : le rôle des isoformes de la dystrophine cérébrale dans les fonctions motrices. La présente étude a exploré comment la perte cumulative d'isoformes de dystrophine, l'âge et un traitement aux corticostéroïdes affectent les résultats moteurs de la DMD. Au total, 133 patients sri-lankais atteints de DMD et confirmés génétiquement ont été divisés en deux groupes en fonction de l'atteinte des isoformes de dystrophine les plus courtes (Dp140, Dp116 et Dp71) : Le groupe 1, composé de patients dont les Dp140, Dp116 et Dp71 étaient affectés (n = 98), et le groupe 2, composé de patients non affectés (n = 35). Un sous-ensemble de 52 patients (groupe 1, n = 38 ; groupe 2, n = 14) a été suivi jusqu'à trois fois à des intervalles moyens de 28 mois. L'effet de la perte cumulative des isoformes de dystrophine les plus courtes sur l'histoire naturelle de la DMD a été analysé. Au total, 74/133 (56 %) patients ont présenté des retards de développement, 66/74 (89 %) appartenant au groupe 1 et 8/74 (11 %) au groupe 2 (p < 0,001). Les retards de développement moteur étaient prédominants. La force musculaire de la hanche et du genou, selon l'échelle du Medical Research Council (MRC) et les activités du North Star Ambulatory Assessment (NSAA), "se tenir sur une jambe à droite", "se tenir sur une jambe à gauche" et "marcher", a diminué rapidement dans le groupe 1 (p < 0,001). Dans l'analyse de suivi, les patients du groupe 1 se sont retrouvés en fauteuil roulant à un âge plus jeune que ceux du groupe 2 (p = 0,004). **Le dysfonctionnement moteur de la DMD est lié à des mutations de la DMD qui affectent des isoformes plus courtes de la dystrophine.** Lors de

la stratification des individus pour les essais cliniques, il est crucial de prendre en compte le site de la mutation DMD et son impact sur une isoforme plus courte de la dystrophine.

[Decoding the transcriptome of Duchenne muscular dystrophy to the single nuclei level reveals clinical-genetic correlations.](#)

Suárez-Calvet X, Fernández-Simón E, Natera D, Jou C, Pinol-Jurado P, Villalobos E, Ortez C, Monceau A, Schiava M, Codina A, Verdu-Díaz J, Clark J, Laidler Z, Mehra P, Gokul-Nath R, Alonso-Perez J, Marini-Bettolo C, Tasca G, Straub V, Guglieri M, Nascimento A, Diaz-Manera J. Cell Death Dis. 2023 Sep 7;14(9):596. doi: 10.1038/s41419-023-06103-5. PMID: 37673877 Free PMC article.

Cette analyse porte sur le décodage du transcriptome de la dystrophie musculaire de Duchenne au niveau du noyau unique révèle des corrélations cliniques-génétiques. Les conséquences cellulaires et moléculaires de l'absence de dystrophine chez l'homme ne sont que partiellement connues, ce qui est crucial pour le développement de nouvelles thérapies visant à ralentir ou arrêter la progression de la maladie. Il est analysé des biopsies musculaires du quadriceps de sept patients atteints de DMD âgés de 2 à 4 ans et de cinq témoins appariés selon l'âge et le sexe en utilisant le séquençage de l'ARN du noyau unique (snRNAseq) et les résultats obtenus sont corrélés avec les données cliniques. Le snRNAseq a permis d'identifier des différences significatives dans la proportion de la population cellulaire présente dans les échantillons musculaires, notamment une augmentation du nombre de fibres régénératives, de cellules satellites et de cellules progénitrices fibro-adipogènes (FAP) et une diminution du nombre de fibres lentes et de cellules musculaires lisses. Les échantillons de muscles Dans le cas des FAP, Il est observé la régulation de gènes impliqués dans la régénération de la matrice extracellulaire, mais aussi dans plusieurs voies de signalisation. **En effet, une analyse plus poussée du profil potentiel de communication intercellulaire a montré une dysrégulation du profil de communication dans les échantillons de DMD, identifiant les FAPs comme un régulateur clé de la signalisation cellulaire dans les échantillons de muscle DMD des jeunes patients présentant une faiblesse légère et stable étaient caractérisés par une augmentation des fibres régénératives, tandis que les patients plus âgés présentant une faiblesse modérée et progressive étaient caractérisés par une perte de fibres musculaires et une augmentation des cellules progénitrices fibro-adipogènes.** Une analyse du profil d'expression génique dans les fibres musculaires a permis d'identifier une forte signature régénérative dans les échantillons de DMD, caractérisée par l'augmentation des gènes impliqués dans la myogenèse et l'hypertrophie musculaire. En conclusion, cette étude a identifié des différences significatives aux niveaux cellulaire et moléculaire dans les différentes populations de cellules présentes dans les échantillons de muscles squelettiques de patients atteints de DMD par rapport aux témoins.

[Re-examination of therapeutic management of muscular dystrophies using a vascular smooth muscle-centered approach.](#)

Preethy S, Yamamoto N, Osaza S, Raghavan K, Dedeepiya VD, Iwasaki M, Abraham SJ. J Smooth Muscle Res. 2023;59:67-80. doi: 10.1540/jsmr.59.67. PMID: 37673649 Free PMC

Il est présenté dans cette analyse un ré-examen de la prise en charge thérapeutique des dystrophies musculaires à l'aide d'une approche centrée sur le muscle lisse vasculaire. Contrairement à l'accent mis depuis longtemps sur la physiopathologie des muscles squelettiques dans la recherche d'un remède à la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD), nous pensons que le dysfonctionnement de la dystrophine produite par les muscles lisses vasculaires est un facteur majeur de la pathologie de la maladie. Nous pensons qu'un glucane modificateur de la réponse biologique (BRMG), dont les études cliniques sur la DMD ont montré qu'il stimulait l'expression de la dystrophine du muscle lisse vasculaire et qu'il avait des effets anti-fibrotiques et anti-inflammatoires, pourrait jouer un rôle clé dans la réduction de la pathogenèse de la DMD. D'après l'évaluation des biomarqueurs, ce BRMG, qui est sûr et sans effets secondaires, réduit la pathogenèse de la DMD. **Il est décrit l'ensemble des mécanismes d'action possibles par lesquels ce BRMG contribue à atténuer les symptômes de la DMD en ciblant la dystrophine du muscle lisse, ainsi que ses avantages par rapport à d'autres modalités thérapeutiques, et comment il peut servir d'adjuvant précieux aux thérapies existantes.** Il est suggéré que l'utilisation d'adjuvants BRMG ciblant la dystrophine des muscles lisses serait une approche thérapeutique potentielle permettant de prolonger la durée de vie et d'allonger la durée de la déambulation dès l'apparition de la DMD. D'autres études sont nécessaires pour valider cette hypothèse.

[Expression and function of Four AAV-based constructs for dystrophin restoration in the mdx mouse model of duchenne muscular dystrophy.](#)

Potter RA, Griffin DA, Heller KN, Mendell JR, Rodino-Klapac LR. Biol Open. 2023 Sep 5:bio.059797. doi: 10.1242/bio.059797. Online ahead of print. PMID: 37670674 Free article.

Ce travail indique l'expression et la fonction de quatre constructions à base d'AAV pour la restauration de la dystrophine dans le modèle de souris mdx de la dystrophie musculaire de Duchenne. L'expression robuste de la dystrophine raccourcie et fonctionnelle a incité à développer des constructions basées sur le virus adéno-associé (AAV) pour une application clinique. Étant donné que plusieurs cassettes sont testées dans le cadre d'essais cliniques, cette étude a comparé l'efficacité des quatre combinaisons suivantes de promoteurs de la dystrophine raccourcie, avec les implications que cela implique pour les résultats des essais cliniques : Promoteur MHCK7 ou MCK avec un transgène de dystrophine raccourci contenant l'extrémité N-terminale et les répétitions de spectrine R1, R2, R3 et R24 (rAAVrh74.MHCK7.micro-dystrophine et rAAVrh74.MCK. micro-dystrophine, respectivement) ; une construction de dystrophine raccourcie contenant le site de liaison de l'oxyde nitrique neuronal (nNOS) (rAAVrh74.MHCK7.DV.mini-dystrophine) ; et une dystrophine raccourcie contenant l'extrémité C-terminale (rAAVrh74.MHCK7.micro-dystrophine.Cterm). **Les bénéfices fonctionnels et histologiques ont été examinés 4 semaines après l'administration intramusculaire chez des souris mdx. La rAAVrh74.MHCK7.micro-dystrophine a fourni l'expression transgénique la plus robuste et a augmenté de manière significative la force de sortie spécifique dans le muscle tibialis anterior.** L'environnement musculaire a été normalisé (réduction de la nucléation centrale), ce qui indique les avantages fonctionnels et histologiques de la rAAVrh74.MHCK7.micro-dystrophine. Ainsi, le choix du promoteur et la conception du

transgène sont essentiels pour une expression/distribution optimale de la dystrophine en vue d'une amélioration fonctionnelle maximale.

[DMD antisense oligonucleotide mediated exon skipping efficiency correlates with flanking intron retention time and target position within the exon.](#)

Goossens R, Verwey N, Ariyurek Y, Schnell F, Aartsma-Rus A. RNA Biol. 2023 Jan;20(1):693-702. doi: 10.1080/15476286.2023.2254041. PMID: 37667454 Free PMC article.

Cet article porte sur l'efficacité des oligonucléotides antisens DMD pour le saut d'exon est en corrélation avec le temps de rétention de l'intron flanquant et la position de la cible dans l'exon. Les mutations du gène DMD sont responsables de la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD). Le saut d'exon à l'aide d'oligonucléotides antisens (AON) pour restaurer le cadre de lecture perturbé de la dystrophine est une approche thérapeutique qui permet la production d'une protéine plus courte mais fonctionnelle. Comme les mutations responsables de la DMD peuvent affecter la plupart des 79 exons codant pour la dystrophine, une grande variété d'AON est nécessaire pour traiter la population de patients. La conception des AONs est largement guidée par des essais et des erreurs, et ce qui définit la possibilité de sauter un exon n'est pas encore clair. Il est utilisé ici une bibliothèque d'oligomères morpholino phosphorodiamidés (PMO) ayant des propriétés physiques similaires pour tester la possibilité de sauter un grand nombre d'exons de la DMD. Le transcrit de la DMD est épissé de manière non séquentielle, ce qui signifie que certains introns sont retenus plus longtemps dans le transcrit que les introns situés en aval. Il a été vérifié si le temps de rétention relatif des introns avait un effet significatif sur l'efficacité de l'AON et nous avons constaté que le ciblage d'un exon hors cadre flanqué à son extrémité 5' par un intron qui est retenu plus longtemps dans le transcrit (intron "lent") conduit à une efficacité de saut d'exon globalement plus élevée que lorsque l'intron flanquant à l'extrémité 5' est "rapide". **Indépendamment de la vitesse d'épissage des introns flanquants, il est constaté que le positionnement d'un AON plus près de l'extrémité 5' de l'exon cible conduit à une plus grande efficacité de saut d'exon que le ciblage de l'extrémité 3' d'un exon.** Les données présentées ici peuvent servir à orienter la sélection future des cibles et des sites de liaison préférentiels des AON pour la DMD et d'autres maladies pouvant faire l'objet de thérapies par saut d'exon.

[A highly sensitive and quantitative assay for dystrophin protein using Single Molecule Count Technology.](#)

Il est question dans cet article d'un essai quantitatif très sensible pour la protéine dystrophine en utilisant la technologie de comptage de molécules uniques. L'expression de la protéine dystrophine est un biomarqueur utilisé pour évaluer les traitements qui restaurent les niveaux de dystrophine des patients. Actuellement, un test semi-quantitatif utilisant le western blotting, qui normalise l'expression de la dystrophine par rapport à celle d'une population de contrôle, est utilisé pour le classement réglementaire. Cependant, les méthodes actuelles sont limitées en termes de sensibilité, de quantification et de reproductibilité. **Pour y remédier, un essai immunitaire sandwich quantitatif et très sensible utilisant la technologie de comptage de molécules uniques a été mis au point, avec la protéine recombinante de dystrophine comme calibre.** Les anticorps de capture et de détection ont été sélectionnés pour détecter la dystrophine de pleine longueur. En utilisant ce test optimisé, les niveaux de dystrophine dans les échantillons musculaires de sujets atteints de dystrophie myotonique (n =

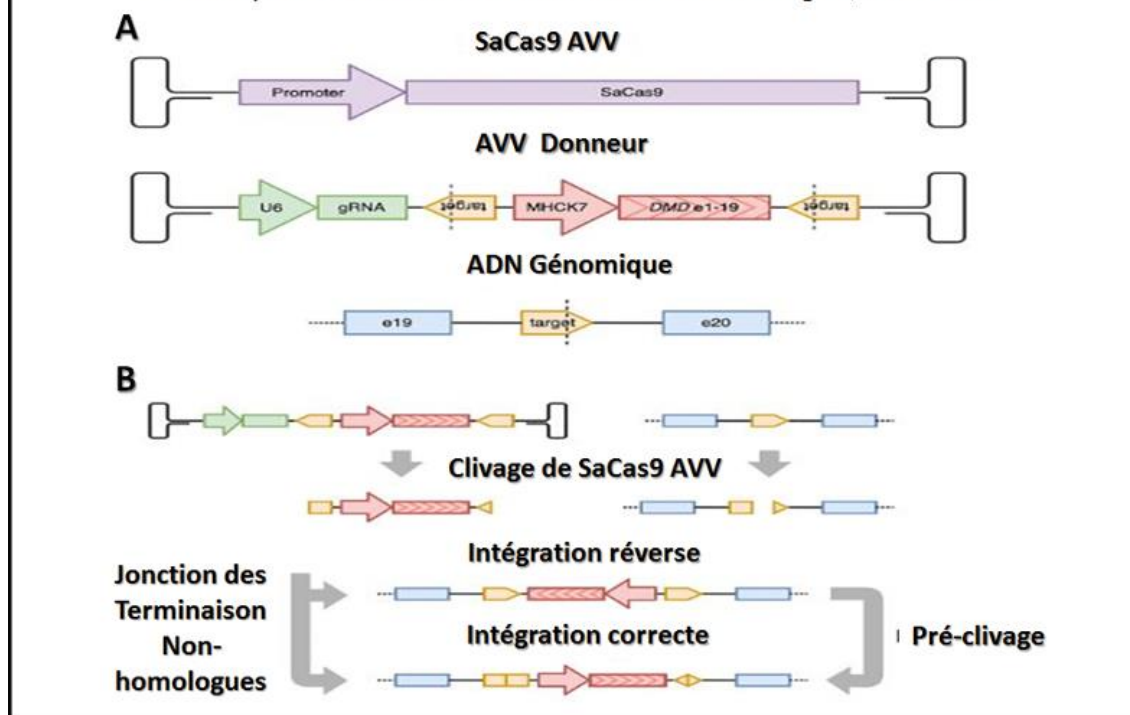


9) et de DMD (n = 8) étaient respectivement de  $93,2 \pm 31,9$  (fourchette : 49,4-145,3) et de  $14,5 \pm 6,8$  (fourchette : 6,18-22,6) fmol/mg de protéines totales. La plus faible concentration de dystrophine mesurée dans les échantillons de DMD était 5 fois supérieure à celle de la limite inférieure de quantification, un niveau non détecté par western blotting. Ces données indiquent que ce test mesure de manière précise et sensible la protéine dystrophine et peut être utile dans les essais cliniques évaluant la restauration de la dystrophine.

Cette étude porte sur [la Sécurité et l'efficacité de la thérapie DT-DEC01 chez les patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne](#) : Une étude de suivi sur 12 mois après administration systémique intra-osseuse. Il a été précédemment rapporté la sécurité et l'efficacité préliminaires jusqu'à six mois après l'administration de DT-DEC01, une nouvelle thérapie cellulaire chimérique exprimant la dystrophine (DEC) créée par la fusion de myoblastes d'un patient DMD et d'un donneur normal. Dans cette étude de suivi de 12 mois, il est rapporté la sécurité et les résultats fonctionnels de trois patients atteints de DMD après l'administration systémique intra-osseuse du DT-DEC01. La sécurité du DT-DEC01 a été confirmée par l'absence d'événements indésirables (EI) et d'événements indésirables graves (EIG) jusqu'à 21 mois après l'administration intra-osseuse du DT-DEC01. L'absence d'anticorps anti-HLA et d'anticorps spécifiques aux donneurs (DSA) a également confirmé la sécurité du traitement par DT-DEC01. Les évaluations fonctionnelles chez les patients ambulatoires ont révélé des améliorations dans le test de marche de 6 minutes (6MWT) et les fonctions chronométrées de l'évaluation ambulatoire North Star (NSAA). De plus, les améliorations du test PUL2.0 et de la force de préhension sont corrélées à une augmentation de la durée des potentiels de l'unité motrice (MUP) enregistrée par électromyographie (EMG) chez les patients ambulatoires et non ambulatoires. L'effet systémique du DT-DEC01 a été confirmé par l'amélioration des paramètres cardiaques et pulmonaires et des enregistrements d'activités quotidiennes. Cette étude de suivi a confirmé la sécurité et l'efficacité préliminaire du DT-DEC01 chez les patients atteints de DMD jusqu'à 12 mois après l'administration intra-osseuse. Le DT-DEC01 introduit un nouveau concept de thérapie cellulaire personnalisée à base de myoblastes, indépendante du type de mutation, ne nécessitant pas d'immunosuppression ni l'utilisation de vecteurs viraux, et n'entraînant aucun risque de mutations hors cible. Cela fait du DT-DEC01 une option thérapeutique prometteuse et universellement efficace pour tous les patients atteints de DMD. Voir également la figure 2 de l'article cité en référence.

## conception d'un système d'intégration ciblée indépendante de l'homologie pour la correction de mutations dans les 19 premiers exons de la DMD

Selon Stephenson Mol Ther Methods Clin Dev. 2023 Aug 18;30:486-499



Il est question dans cet article de [l'intégration ciblée indépendante de l'homologie CRISPR-Cas9 des exons 1 à 19 rétablit la dystrophine pleine longueur chez la souris](#). La plupart des altérations observées sont des délétions d'un ou plusieurs exons, qui peuvent théoriquement être corrigées par CRISPR-Cas9-mediated knockin. L'intégration ciblée indépendante de l'homologie est un mécanisme qui permet de réaliser une telle « knockin » sans dépendre des voies de réparation dirigées par l'homologie, qui sont inactives dans le muscle. Il a été conçu un système basé sur l'insertion dans l'intron 19 d'un fragment d'ADN contenant un méga-exon pré-épisé codant pour les exons 1-19 de la DMD, ainsi que le promoteur MHCK7, et cela fut délivré via une paire de vecteurs AAV9 chez des souris porteuses d'une duplication de l'exon 2 de la DMD. L'efficacité maximale a été obtenue en utilisant un ratio de 1:5 entre Cas9 et le virus adéno-associé (AAV) donneur, avec Cas9 sous le contrôle du promoteur SPC5-12. Cette approche a permis d'éditer 1,4 % des génomes dans le cœur, entraînant une correction de 30 % au niveau de la transcription et la restauration de 11 % des niveaux normaux de dystrophine. L'efficacité du traitement a été moindre dans les muscles squelettiques. Le séquençage a en outre révélé l'intégration de génomes AAV fragmentaires et recombinaison sur le site cible. **Ces données apportent la preuve de concept d'un système d'édition de gènes qui pourrait restaurer la dystrophine pleine longueur chez les individus porteurs de mutations en amont de l'intron 19, ce qui représente environ 25 % des patients atteints de la dystrophie musculaire de Duchenne.** La Figure 1 est présentée ci-contre. c'est la conception d'un système d'intégration ciblée indépendante de l'homologie pour la correction de mutations dans les 19 premiers exons de la DMD (A) Le système d'édition de gènes basé sur HITI est délivré par une paire de vecteurs AAV, dont l'un code pour l'enzyme Cas9 de *S. aureus*, et l'autre contient une cassette d'expression U6-gRNA et un fragment donneur, flanqué de sites cibles Cas9 dans l'orientation inverse par rapport à l'ADN génomique. Le donneur est constitué des 19 premiers exons de la DMD, sous le contrôle du promoteur MHCK7. (B) Cas9 est exprimé à partir du vecteur AAV et clive à la fois le vecteur donneur et l'ADN génomique.

Les extrémités sont réparées par jonction non homologue. L'intégration du donneur HITI dans l'orientation inverse reconstitue les sites cibles de Cas9 et permet un nouveau clivage jusqu'à ce que l'intégration soit correcte.

Dans cette analyse on trouve [une caractérisation clinique, pathologique et génétique d'une grande cohorte chinoise atteinte de dystrophinopathie féminine](#). Cent quarante femmes porteuses d'une variante de la DMD confirmée génétiquement et/ou pathologiquement ont été recrutées, dont 104 porteuses asymptomatiques et 36 porteuses symptomatiques. Vingt des 36 porteuses symptomatiques et 16 des 104 porteuses asymptomatiques étaient sporadiques, sans antécédents familiaux. Une analyse pathologique des muscles a été réalisée chez 53 porteurs et une analyse de l'inactivation du chromosome X (XCI) chez 19 porteurs. Chez les porteurs asymptomatiques, l'âge médian était de 35,0 ans (intervalle 2,0-58,0) et le taux sérique de créatine kinase (CK) était de 131 (intervalle 60-15 745) UI/L. L'âge médian, l'âge d'apparition et le taux de CK des porteurs symptomatiques étaient respectivement de 15,5 (intervalle 1,8-62,0) ans, 6,3 (intervalle 1,0-54,0) ans et 6 659 (intervalle 337-58 340) UI/L. Quatre femmes porteuses d'une translocation de l'autosome X ont présenté un phénotype de dystrophie musculaire de Duchenne (DMD). Un XCI asymétrique était présent chez 70,0 % des porteurs symptomatiques. Par rapport aux porteurs de la dystrophie musculaire de Becker (BMD), les porteurs de la DMD étaient plus susceptibles d'avoir un âge d'apparition précoce, une faiblesse musculaire rapidement progressive, un retard de la marche, des niveaux élevés de CK, une réduction sévère de la dystrophine et un XCI asymétrique. **Cette étude rapporte la plus grande série de femmes symptomatiques porteuses de DMD et suggère que la marche retardée, les niveaux élevés de CK, la réduction sévère de la dystrophine, la translocation de l'autosome X et le schéma XCI asymétrique sont associés à un phénotype sévère dans la dystrophinopathie féminine.**

Cette publication indique que [le dysfonctionnement de la manipulation du calcium et dommages cardiaques suite à un défi de précharge ventriculaire aiguë dans le cœur de la souris déficiente en dystrophine](#). Les résultats sont : Les cœurs des souris sauvages et dystrophiques présentaient une fonction contractile du ventricule gauche similaire. Suite à un défi de précharge, les cœurs dystrophiques présentaient une réduction des cardiomyocytes GCaMP6f-positifs et une augmentation du nombre de cardiomyocytes présentant des vagues de Ca<sup>2+</sup>/surcharge. **L'incidence des arythmies cardiaques était faible à la fois dans les cœurs de type sauvage et les cœurs dystrophiques en mode Langendorff sans charge. Cependant, après une élévation de la précharge à 20 mmHg, les cœurs des souris dystrophiques présentaient une incidence accrue de PVC par rapport aux cœurs des souris de type sauvage.** En conclusion, ces données indiquent une susceptibilité à la surcharge en Ca<sup>2+</sup> induite par la précharge, des dommages ventriculaires et un dysfonctionnement ventriculaire dans les cœurs mâles Dmdmdx-4Cv. Nos données soutiennent l'hypothèse selon laquelle la surcharge en Ca<sup>2+</sup> des cardiomyocytes est à l'origine du dysfonctionnement cardiaque dans la dystrophie musculaire.

L' article suivant porte [sur le préconditionnement ischémique à distance prévient la protéolyse associée au sarcolemme par l'inhibition de la MMP-2](#). La mort des myocytes se produit par différentes voies, mais la rupture de la membrane plasmique est le point clé de la transition d'une lésion réversible à une lésion irréversible. Dans les myocytes, trois grands groupes de protéines structurelles relient les milieux extracellulaires et intracellulaires et confèrent une stabilité structurelle à la membrane cellulaire : le complexe protéique associé à la dystrophine, le lien vinculine-intégrine et le cytosquelette sous-membranaire à base de spectrine. L'objectif était de déterminer si le préconditionnement ischémique à distance (rIPC) préserve les

protéines du cytosquelette associées à la membrane (dystrophine et  $\beta$ -dystroglycane) par l'inhibition de l'activité de la métalloprotéinase de type 2 (MMP-2). Un deuxième objectif était de décrire certains des signaux intracellulaires du rIPC qui modifient la fonction mitochondriale au début de la reperfusion. Des cœurs de rats isolés ont été soumis à 30 minutes d'ischémie globale et 120 minutes de reperfusion (I/R). Le rIPC a été réalisé par 3 cycles d'ischémie/reperfusion dans le membre inférieur (rIPC). Le rIPC a significativement diminué la taille de l'infarctus, induit la phosphorylation Akt/GSK-3  $\beta$  et l'inhibition de l'ouverture du MPTP. **Le rIPC a amélioré la fonction mitochondriale, en augmentant le potentiel membranaire, la production d'ATP et le contrôle de la respiration. L'I/R a augmenté la production d'ONOO-, qui active la MMP-2.** Cette enzyme dégrade la  $\beta$ -dystroglycane et la dystrophine et contribue à la rupture du sarcolemme. Le rIPC atténue la dégradation de la  $\beta$ -dystroglycane et de la dystrophine par l'inhibition de l'activité de la MMP-2. En outre, nous confirmons que le rIPC active différentes voies intracellulaires qui impliquent un pore Akt/Gsk3 $\beta$  et MPTP avec préservation de la fonction mitochondriale.

Cette analyse révèle [que l'hybridation in situ de l'ARNm montre une répartition déséquilibrée des transcriptions nucléaires/cytoplasmiques de la dystrophine dans les cellules myogéniques de Duchenne et les biopsies de muscles squelettiques.](#) Pour mieux comprendre la dynamique de la transcription du gène de la dystrophine (DMD) et sa localisation spatiale, il a été dosé la quantité d'ARNm de la DMD et défini sa compartimentation dans les myoblastes, les myotubes et les biopsies de muscles squelettiques de patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne (DMD). En utilisant la PCR numérique en gouttelettes, la PCR en temps réel et l'hybridation in situ RNAscope, il a été montré que la quantité de transcrits DMD est extrêmement réduite à la fois dans les cellules et les biopsies musculaires des patients DMD et qu'il existe des différences liées à la mutation. Il est également constaté que, par rapport aux témoins, la transcription de la DMD est considérablement réduite dans le cytoplasme, puisque jusqu'à 90 % de la transcription est localisée dans les noyaux, de préférence dans la région périnucléaire. **En utilisant des expériences de colocalisation ARN/protéine, nous avons montré qu'environ 40 % de l'ARNm DMD nucléaire est localisé dans les nucléoles à la fois dans les cellules myogéniques témoins et DMD.** Ces résultats montrent clairement que la quantité d'ARNm DMD mutant est fortement réduite dans les cellules myogéniques et les biopsies musculaires des patients. De plus, la compartimentation de l'ARNm DMD mutant est spatialement déséquilibrée en raison d'un déplacement de sa localisation vers les noyaux. Cette répartition anormale des transcrits contribue à la faible abondance et disponibilité du messenger de la dystrophine dans le cytoplasme. Cette nouvelle découverte a également des répercussions importantes pour les thérapies ciblées sur l'ARN.

Une nouvelle [étude montre que DOCK3 régule la régénération normale du muscle squelettique et le métabolisme du glucose.](#) DOCK (dedicator of cytokinesis) est une famille de 11 membres de facteurs d'échange de nucléotides guaninés (GEF) typiques exprimés dans le cerveau, la moelle épinière et les muscles squelettiques. Plusieurs protéines DOCK ont été

impliquées dans le maintien de plusieurs processus myogéniques tels que la fusion. Il fut précédemment identifié DOCK3 comme étant fortement régulé dans la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD), en particulier dans les muscles squelettiques des patients DMD et des souris dystrophiques. Les souris KO ubiquitaires Dock3 sur fond de dystrophine déficiente ont exacerbé les phénotypes des muscles squelettiques et cardiaques. **Il est généré des souris knock-out conditionnelles Dock3 pour le muscle squelettique (Dock3 mKO) afin de caractériser le rôle de la protéine DOCK3 exclusivement dans le lignage musculaire adulte.** Les souris Dock3 mKO présentaient une hyperglycémie significative et une augmentation de la masse grasse, ce qui indique un rôle métabolique dans le maintien de la santé des muscles squelettiques. Les souris Dock3 mKO présentent une architecture musculaire altérée, une activité locomotrice réduite, une régénération des myofibres altérée et un dysfonctionnement métabolique. **Il est identifié une nouvelle interaction entre DOCK3 et SORBS1 par l'intermédiaire du domaine C-terminal de DOCK3, qui pourrait expliquer sa dysrégulation métabolique.** L'ensemble de ces résultats démontre un rôle essentiel de DOCK3 dans les muscles squelettiques, indépendant de la fonction de DOCK3 dans les lignées neuronales.

Cet élégant travail porte [sur la génération de deux lignées de cellules souches pluripotentes induites à partir de patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne.](#) La dystrophie musculaire de Duchenne (DMD) est une maladie récessive liée à l'X qui entraîne la mort au début de l'âge adulte. Les patients atteints de DMD présentent des mutations nulles entraînant la perte de la protéine dystrophine fonctionnelle. **Il est généré ici deux lignées de cellules souches pluripotentes induites (iPSC), l'une avec une délétion de l'exon 51 et l'autre avec une mutation non-sens d'un seul nucléotide (c.10171C > T).** Les deux lignées exprimaient des niveaux élevés de marqueurs de pluripotence, avaient la capacité de se différencier en dérivés des trois couches germinales et possédaient des caryotypes normaux. Ces lignées iPSC peuvent servir d'outils puissants pour modéliser la DMD in vitro et de plateforme pour le développement thérapeutique.

On trouve dans cette [analyse les caractéristiques phénotypiques des porcs génétiquement modifiés DMD-XKOXWT.](#) Les porcs DMD-XKOXWT présentaient diverses caractéristiques communes aux patients humains porteurs de DMD, à savoir une hyperCKémie asymptomatique, des profils d'expression de la dystrophine dans les muscles squelettiques et cardiaques, des caractéristiques histopathologiques de dégénérescence des muscles squelettiques, des lésions myocardiques à l'âge adulte et une mort sporadique. Les anomalies pathologiques observées dans les muscles squelettiques des porcs DMD-XKOXWT indiquent une incidence fréquente d'anomalies pathologiques dans les tissus musculo-squelettiques des porteurs latents de DMD. **Ces résultats suggèrent que le risque d'anomalies myocardiques chez les femmes porteuses de la DMD est plus élevé qu'on ne le pensait auparavant.** Les conclusions apportent la démonstration que les porcs DMD-XKOXWT pouvaient servir de modèle animal de grande taille pour comprendre le mécanisme pathogène chez les porteurs de DMD et développer des thérapies pour les femmes porteuses de DMD.

Une nouvelle étude montre [l'identification d'une nouvelle mutation d'épissage de novo dans le gène de la dystrophie musculaire de Duchenne dans une famille iranienne.](#) Rapport du cas : Il y est étudié le cas d'un garçon de 8 ans qui présentait les caractéristiques cliniques de la DMD. Le dépistage des délétions/duplications a été effectué à l'aide d'une amplification par sonde multiplex ligation-dépendante, et un séquençage de l'exome entier a été réalisé afin d'identifier les variants potentiels. **Une nouvelle variante de novo du site d'épissage a été identifiée dans le gène DMD (DMD : c.8548-2A>G).** Afin d'explorer l'effet d'un nouveau



variant dans la DMD, diverses analyses in silico ont été effectuées pour étudier la pathogénicité du variant causal. Pour étudier la structure d'une protéine DMD et obtenir des informations sur l'impact du variant génétique sur le site d'épissage dans des modèles de DMD de type sauvage et muté, nous avons réalisé différentes études computationnelles. Le séquençage Sanger a été effectué pour confirmer le variant et analyser la ségrégation familiale. La discussion montre que ce nouveau variant de novo devrait avoir un effet sur l'épissage, ce qui conduit à la DMD en raison de son impact significatif sur la fonctionnalité de la dystrophine. On s'attend à ce que la nouvelle mutation perturbe la structure de la protéine.

On trouve ici des [données nouvelles sur les progrès dans le diagnostic et la thérapie de la dystrophinopathie](#). La dystrophie musculaire de Duchenne s'accompagne d'une perte osseuse et d'une ostéoporose, qui sont exacerbées par le traitement aux glucocorticoïdes. Les procédures de diagnostic des dystrophinopathies comprennent le dosage de la créatine kinase, l'analyse des haplotypes, l'analyse par Southern blot, l'analyse immunologique, la PCR multiplex, l'amplification par sonde dépendante de la ligature multiplex, le séquençage de l'ADN par Sanger et le séquençage de l'ADN de nouvelle génération. Le traitement pharmacologique des dystrophinopathies comprend des glucocorticoïdes (prednisone, prednisolone et deflazacort), de la vamorolone et de l'ataluren. Cependant, les inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ECA), les antagonistes des récepteurs de l'angiotensine (ARA) et les  $\beta$ -bloquants sont les traitements de première intention pour prévenir la cardiomyopathie dilatée chez les patients atteints de dystrophinopathie. Les stratégies de thérapie génique de la dystrophie musculaire de Duchenne comprennent le transfert de gènes, le saut d'exon, le recadrage d'exon et l'édition de gènes CRISPR. L'eteplirsén, un médicament antisens-oligonucléotide permettant de sauter l'exon 51 du gène de la dystrophine, est disponible sur le marché et peut aider jusqu'à 14% des patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne. **Il existe plusieurs médicaments approuvés par la FDA pour le saut de l'exon, notamment ExonDys-51 pour l'exon 51, Vyondys-53 et Viltolarsén pour l'exon 53 et Amondys-45 pour le saut de l'exon 45.** D'autres médicaments à base d'oligonucléotides antisens sont en cours de développement, notamment le casimersén pour l'exon 45, le suvodirsén pour l'exon 51 et le golodirsén pour le saut de l'exon 53. Les progrès réalisés dans le diagnostic et la thérapie des dystrophinopathies offrent de nouvelles perspectives pour leur découverte et leur prise en charge précoces.

Dans cette analyse on trouve [des informations sur l'efficacité d'un programme de télé réadaptation de 5 semaines avec des lunettes de réalité virtuelle chez des garçons atteints de Duchenne et de Becker au cours de l'étude COVID-19](#) : Un essai clinique. Les participants ont montré une augmentation de 19,55 m sur l'échelle 6MWT. La fonction motrice est également restée stable selon les autres échelles utilisées pour l'évaluer. Les résultats du North Start sont restés stables dans les deux traitements (valeur  $P = .199$ ). En outre, le test Time up and go a été plus court de 0,1 seconde dans le temps de télé réadaptation et la mesure de la fonction motrice dans les 3 dimensions n'a pas montré de différences significatives avec une valeur  $P = .084$ . Enfin, l'effort du nourrisson (EPInfant) a montré qu'au cours de l'entraînement, la fatigue augmentait au milieu et diminuait à la fin, mais la perception tout au long des sessions était plus faible, même si l'intensité de l'exercice augmentait. Les conclusions sont les suivantes : **Il n'y a pas de différence entre un traitement conventionnel et un traitement de télé-réadaptation, de sorte que l'outil de télé-réadaptation pourrait être utilisé sans nuire à ce type d'enfants, en facilitant leur accès aux thérapies et en stimulant l'apprentissage pour maintenir leur capacité fonctionnelle.** La télé-réadaptation peut aider

à maintenir la fonction motrice chez les enfants atteints de DMD et de BMD. L'effet d'apprentissage a contribué à réduire la sensation de fatigue des enfants pendant le programme.

Cette étude présente [un rapport sur un cas particulier](#) : un nouveau variant intronique profond modifiant l'épissage dans la DMD comme cause de la dystrophie musculaire de Becker. C'est le cas d'un homme chez qui on a finalement diagnostiqué une dystrophie musculaire de Becker (BMD ; MIM# 300376) après l'apparition d'une faiblesse musculaire à l'adolescence qui a progressivement conduit à d'importantes difficultés de marche à l'âge de 20 ans. Un diagnostic génétique a été recherché, mais l'examen initial n'a révélé aucune aberration dans le gène de la dystrophine (DMD), bien que l'immunohistochimie et l'analyse par Western blot aient suggéré le diagnostic de dystrophinopathie. **Finalement, après plus de 10 ans, une analyse de l'ARN a mis en évidence un épissage anormal où 154 nucléotides de l'intron 43 ont été insérés entre les exons 43 et 44, entraînant un décalage du cadre de lecture et un codon stop prématuré.** Un épissage normal du gène DMD a également été observé. En outre, une nouvelle variante c.6291-13537A>G de la DMD a été confirmée dans l'ADN génomique du patient. La fonction prédite de cette variante correspond aux résultats obtenus pour l'ARNm. En conclusion, nous démontrons ici que l'analyse de l'ARNm peut guider le diagnostic des variantes génétiques non codantes dans la DMD.

Il est question ici [du rôle de la fibrose dans la physiopathologie de la dystrophie musculaire](#). La dystrophie musculaire a des répercussions importantes et dramatiques sur les patients qui en sont atteints, notamment une fonte musculaire progressive entraînant une insuffisance pulmonaire et cardiaque et une réduction considérable de la durée de vie. Bien que l'accent ait été mis pendant de nombreuses années sur le dysfonctionnement induit par la perte de fonction de la dystrophine ou des composants apparentés du costamère du muscle strié, des études récentes ont démontré que les pathologies associées, en particulier la fibrose musculaire, contribuent également de manière négative à l'évolution des patients. Un nombre important de recherches a maintenant montré que le ciblage thérapeutique de ces pathologies d'accompagnement par le biais de leurs mécanismes moléculaires sous-jacents peut fournir de nouvelles approches pour la prise en charge des patients qui peuvent compléter la norme actuelle de soins. **Dans cette revue, il est discuté de l'interaction entre la fibrose musculaire et la pathologie de la dystrophie musculaire.** Une meilleure compréhension de ces processus permettra d'améliorer les options de prise en charge des patients, de restaurer la fonction musculaire et de réduire la morbidité et la mortalité des patients.

Il est présenté dans [ce rapport un nouveau cas rare de non compaction du ventricule gauche chez deux frères et sœurs chinois atteints de dystrophie musculaire de Becker causée par la délétion des exons 10 à 12 du gène DMD](#). **Dans la présente étude, il est identifié une mutation de délétion dans les exons 10 à 12 (EX10\_12 del) du gène DMD (séquence de référence NM\_004006.2) chez deux frères et sœurs chinois atteints de DMO et de LVNC par séquençage ciblé à haut débit de la prochaine génération (NGS) et par réaction en chaîne de la polymérase quantitative (qPCR).** Le proband était un homme de 22 ans admis pour dyspnée, distension abdominale et polysérosite. Il convient de noter que le patient et son jeune frère présentaient tous deux une atrophie musculaire progressive et une élévation de la créatine kinase (CK). L'examen au microscope optique et électronique des biopsies musculaires a montré les caractéristiques typiques des dystrophinopathies. L'imagerie par résonance magnétique cardiaque et l'échocardiographie ont montré que les deux frères présentaient une hypertrophie du ventricule gauche, une NCVG et une fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite. Enfin, le proband a subi une transplantation cardiaque à l'âge de 26 ans avec un suivi sans événement pendant 4 ans après la transplantation. **Ce cas enrichit**

**nos connaissances sur les symptômes, le génotype, les performances cardiaques, la prise en charge et le pronostic des patients atteints de DMO compliquée par une NCVG.** Il est recommandé d'envisager une évaluation cardiaque complète précoce pour les patients atteints de DMO afin d'exclure une NCVG, car cela peut avoir un impact significatif sur leur pronostic.

[Cette revue résume les connaissances sur la Pathogenèse cellulaire de la dystrophie musculaire de Duchenne : dégénérescence progressive des myofibres, inflammation chronique, myofibrose réactive et dysfonctionnement des cellules satellites.](#) La dystrophie musculaire de Duchenne est une maladie hautement progressive de la fonte musculaire de la petite enfance, caractérisée par des changements physiopathologiques et histopathologiques complexes dans le système contractile volontaire, y compris la myonécrose, l'inflammation chronique, la substitution des graisses et la myofibrose réactive. La perte continue de myofibres fonctionnelles et leur remplacement par des cellules non contractiles, ainsi que l'importante cicatrisation et la diminution de l'élasticité des tissus, entraînent une grave faiblesse des muscles squelettiques. En outre, les muscles dystrophiques présentent une capacité de régénération fortement diminuée pour contrer le processus continu de dégénérescence des fibres. Dans les tissus musculaires normaux, un pool abondant de cellules souches constitué de cellules satellites localisées entre le sarcolemme et la lame basale constitue une source riche pour la production de cellules progénitrices myogéniques activées qui sont impliquées dans la réparation efficace des myofibres et la régénération des tissus. Il est intéressant de noter que l'auto-renouvellement des cellules satellites pour maintenir un pool essentiel de cellules souches dans les muscles squelettiques matures est accru dans les fibres déficientes en dystrophine. Cependant, l'hyperplasie des cellules satellites n'entraîne pas une récupération efficace des muscles dystrophiques en raison de l'altération des divisions cellulaires asymétriques. **L'absence d'expression de l'isoforme Dp427-M de la dystrophine, qui est due à des défauts primaires du gène DMD, semble affecter les régulateurs clés de la polarité des cellules satellites, ce qui entraîne une différenciation réduite des progéniteurs myogéniques, qui sont essentiels pour la régénération des myofibres.** Cette revue souligne la complexité de la dystrophinopathie et décrit l'importance du rôle physiopathologique du dysfonctionnement des cellules satellites. Une brève discussion sur l'utilité bioanalytique de la protéomique cellulaire unique pour les études futures de la biologie des cellules satellites est fournie.

Cette récente analyse [révèle la trajectoire myopathologique de la dystrophie musculaire de Duchenne \(DMD\) révèle une absence de régénération due à la sénescence des cellules satellites.](#) L'absence de dystrophine entraîne une fonte et une dégénérescence musculaires progressives qui aboutissent à une insuffisance cardiorespiratoire. Malgré l'absence d'un remède définitif, des voies thérapeutiques innovantes émergent. Les études myopathologiques sont importantes pour mieux comprendre les mécanismes biologiques de la maladie et pour identifier des repères histopathologiques pour les évaluations cliniques. Ici il est mené une analyse myopathologique sur vingt-quatre biopsies musculaires de patients atteints de DMD, en mettant l'accent sur la régénération, les progéniteurs fibro-adipogènes et le comportement des cellules souches musculaires. Il y est décrit une augmentation du contenu en progéniteurs fibro-adipogéniques, orchestrateurs centraux de la progression fibrotique et du dépôt de lipides, en même temps qu'un déclin de la capacité de régénération musculaire. Cette déficience régénérative est fortement corrélée à l'activation et à l'expansion compromises des cellules souches musculaires. **En outre, cette étude met en évidence l'acquisition précoce d'un phénotype de sénescence par les cellules souches musculaires affectées par la DMD.** La présentation montre ici une trajectoire myopathologique intrinsèque à la DMD et cela permet d'établir la sénescence des cellules souches musculaires comme un indicateur essentiel pour de futures interventions thérapeutiques.

On va trouver dans [cette revue des mises à jour sur les approches pharmacothérapeutiques du traitement des dystrophies musculaires](#). Les dystrophies musculaires constituent un groupe hétérogène de troubles génétiques de la fonte musculaire qui sont subdivisés en fonction de la région du corps touchée par la faiblesse musculaire ainsi que de l'activité fonctionnelle des mutations génétiques sous-jacentes. La physiopathologie des dystrophies musculaires a en commun une inflammation chronique associée au remplacement de la masse musculaire par des cicatrices fibrotiques. Avec la progression de ces troubles, de nombreux patients souffrent de cardiomyopathies avec fibrose du tissu cardiaque. Les glucocorticoïdes anti-inflammatoires représentent la norme de soins pour la dystrophie musculaire de Duchenne, la dystrophie musculaire la plus répandue dans le monde ; cependant, l'exposition à long terme aux glucocorticoïdes entraîne des effets secondaires très néfastes, ce qui limite leur utilisation. **Il est donc important de développer de nouvelles approches pharmacothérapeutiques pour limiter l'inflammation et la fibrose afin de réduire les dommages musculaires et de promouvoir la réparation.** Cette revue concerne un examen précis de la physiopathologie, le contexte génétique et les stratégies thérapeutiques émergentes pour les dystrophies musculaires.

Cet article concerne [le vol spatial comme susceptible d'induire une diminution de la force chez Caenorhabditis elegans](#). La force neuromusculaire était plus faible chez les témoins en vol que chez les témoins au sol (baisse de 16,6 %,  $p < 0,05$ ), la dys-1 étant significativement plus affectée (23 % de force en moins,  $p < 0,01$ ) que les types sauvages. Les signatures transcriptionnelles de l'ontologie des gènes caractérisant les deux souches d'animaux plus faibles en vol corroborent fortement les résultats précédents pour toutes les espèces, enrichies de voies de réponse au stress régulées à la hausse et de processus mitochondriaux et cytosquelettiques régulés à la baisse. L'analyse des groupes de gènes fonctionnels a permis d'impliquer une diminution de la fonction neuronale, y compris une manipulation anormale du calcium et une signalisation de l'acétylcholine, dans les baisses de force induites par l'espace, sous le contrôle prévu des facteurs de transcription UNC-89 et DAF-19. Enfin, les modules de gènes spécifiquement altérés chez les animaux dys-1 en vol se regroupent à nouveau sur des voies neuronales/neuromusculaires, suggérant que la perte de force dans la DMD comprend une forte composante neuronale qui prédispose ces animaux à une perte de force exacerbée dans l'espace. Les conclusions sont les suivantes : **Des signatures génétiques hautement reproductibles sont fortement associées à la perte de force neuromusculaire induite par l'espace chez toutes les espèces et les modifications neuronales de la signalisation calcium/acétylcholine doivent faire l'objet d'une étude plus approfondie.** Ces résultats encouragent les efforts médicaux ciblés et fournissent un modèle in vivo pour envoyer en toute sécurité des animaux et des personnes dans l'espace lointain dans un avenir proche.

[Appendicular lean mass index changes in patients with Duchenne muscular dystrophy and Becker muscular dystrophy](#). Wong BL, Summer S, Horn PS, Rutter MM, Rybalsky I, Tian C, Shellenbarger KC, Kalkwarf HJ. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2023 Oct 25. doi: 10.1002/jcsm.13357. Online ahead of print. PMID: 37878526

On trouve ici [un bilan des changements de l'indice de masse maigre appendiculaire chez les patients atteints de la dystrophie musculaire de Duchenne et de la dystrophie musculaire de Becker](#). Les trajectoires de l'ALM et de l'ALMI des patients atteints de DMO ont été

parallèles à celles des témoins sains jusqu'à l'adolescence, contrairement à celles des patients atteints de DMD. Les scores Z de l'ALMI des patients atteints de DMO sont restés dans une fourchette de  $\pm 2$  SD sans décliner, tandis que ceux des patients atteints de DMD sont tombés en dessous de  $-2$  SD vers l'âge de 12 ans. Chez les patients atteints de DMO, l'ALM et l'ALMI augmentaient avec l'âge, avec un pic d'accumulation entre les âges de 10 et  $<14$  ans. L'ALMI a diminué après l'âge de 14 ans chez les patients atteints de DMD intermédiaire, contre 10 ans chez les patients atteints de DMD typique. Les patients présentant des mutations dans les exons 63-79 avaient une diminution plus importante de l'ALMI que ceux présentant d'autres génotypes après l'âge de 10 ans. Les conclusions sont les suivantes : **Les changements de l'ALMI liés à l'âge chez les patients atteints de BMD et de DMD intermédiaire diffèrent de ceux atteints de DMD typique, ce qui reflète leurs phénotypes cliniques.** L'ALM et l'ALMI devraient être étudiés plus avant chez les patients atteints de BMD et de sous-types de DMD pour leur valeur potentielle en tant que marqueurs de substitution permettant de caractériser la gravité de la BMD et de la DMD et d'éclairer les décisions en matière de soins cliniques et la conception des essais cliniques.

Dans cet analyse il est rapporté [que l'ivabradine améliore la progression de la cardiomyopathie chez un rat modèle de la dystrophie musculaire de Duchenne](#). Des preuves récentes montrent que la réduction de la fréquence cardiaque est attendue comme l'une des stratégies prometteuses pour le traitement de l'insuffisance cardiaque, mais l'administration d'une dose suffisante de  $\beta$ -bloquant pour les patients atteints de DMD avec tachycardie est difficile en raison de leur faible pression artérielle (PA). Cette étude visait donc à clarifier le rôle de l'ivabradine, qui supprime les stimulateurs cardiaques du nœud sinusal sans diminuer la tension artérielle, dans l'amélioration de la progression de la cardiomyopathie dans un modèle de rat atteint de DMD. Une administration unique d'ivabradine par voie transorale a entraîné une diminution de la fréquence cardiaque en fonction de la dose, sans réduction significative de la tension artérielle. **Des administrations transgastriques répétées de 5 mg/kg d'ivabradine deux fois par jour pendant 3 mois ont montré une amélioration de la cardiomyopathie chez les rats DMD d'après les observations échocardiographiques et histopathologiques (dysfonctionnement du ventricule gauche, dysfonctionnement du ventricule droit et fibrose myocardique) par rapport à l'administration d'un véhicule.** Ces résultats indiquent que l'ivabradine devrait constituer un autre choix de traitement pour les patients atteints de DMD et souffrant de tachycardie.

Cet article traite [des approches thérapeutiques basées sur la dystrophine et l'utrophine pour le traitement de la dystrophie musculaire de Duchenne](#) : **Une revue comparative.** Alors que la prise en charge médicale se concentre principalement sur le traitement symptomatique, des décennies de recherche ont permis de mettre au point les premières thérapies capables de restaurer le cadre de lecture affecté des transcrits de la dystrophine ou d'induire la synthèse d'une protéine de dystrophine tronquée à partir d'un vecteur, d'autres stratégies basées sur la thérapie génique et la signalisation cellulaire étant en cours de développement préclinique ou clinique. Néanmoins, des rapports récents montrent que des dystrophines potentiellement thérapeutiques peuvent être immunogènes chez les patients. Cela soulève la question de savoir si un paralogue de la dystrophine, l'utrophine, pourrait être une protéine thérapeutique plus appropriée. Il est comparé ici les séquences d'acides aminés et les structures de la dystrophine et de l'utrophine, en combinant les données publiées avec nos analyses in silico étendues. La discussion porte ensuite sur ces résultats dans le contexte des approches thérapeutiques pour la dystrophie musculaire de Duchenne. Plus précisément, un focus est dirigé sur les stratégies basées sur la livraison des gènes de la micro-dystrophine et de la micro-utrophine avec des vecteurs viraux adéno-associés recombinants, le saut d'exon des pré-ARNm de la dystrophine mutée, la lecture des codons de terminaison avec des petites molécules, la lecture des codons de terminaison à l'aide de petites molécules qui masquent les codons d'arrêt prématurés, la réparation du gène de la dystrophine par génie génétique à l'aide de



CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeats) et de CRISPR-associated protein 9 (CRISPR/Cas9), et l'augmentation des niveaux d'utrophine. **Ces analyses soulignent l'importance des différents domaines de la dystrophine et de l'utrophine dans le traitement de la dystrophie musculaire de Duchenne, ce qui permet d'envisager la conception de nouveaux composés thérapeutiques plus efficaces et moins immunoréactifs.** Bien que les sites de liaison nécessaires à l'actine et au  $\beta$ -dystroglycane soient présents dans les deux protéines, d'importantes distinctions fonctionnelles peuvent être identifiées dans ces domaines et d'autres parties des dystrophines tronquées pourraient nécessiter une nouvelle conception en raison de leurs qualités potentiellement immunogènes. Par ailleurs, les thérapies basées sur les utrophines pourraient constituer une approche plus sûre et plus efficace.

Cette analyse présente [les anomalies cérébrales dans la dystrophie musculaire de Becker : Évaluation par l'ITD basée sur les Voxels et l'analyse morphométrique.](#) Une diminution significative de l'anisotropie fractionnelle a été observée dans le planum temporale gauche et le lobule pariétal supérieur droit par rapport au groupe témoin et au groupe atteint de dystrophie musculaire de Becker. **Dans le sous-groupe Dp140-, une diminution de l'anisotropie fractionnelle a été observée dans le planum temporale gauche, mais aucun changement significatif n'a été observé dans le sous-groupe Dp140+.** L'analyse basée sur les ROI a donné les mêmes résultats. Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les groupes en ce qui concerne les volumes de matière grise ou blanche ou les paramètres IDT autres que l'anisotropie fractionnelle. Conclusions : Une analyse métrique de l'ITD est utile pour détecter les anomalies microstructurelles de la matière blanche dans la dystrophie musculaire de Becker qui peuvent être affectées par l'expression de l'isoforme Dp140.

Dans cet article il est présenté [que le fébuxostat est susceptible d'améliorer la dégénérescence musculaire et les troubles du mouvement du modèle mutant de la dystrophine chez Caenorhabditis elegans.](#) Des thérapies telles que l'administration de glucocorticoïdes, le saut d'exon des gènes mutants et l'introduction de mini-gènes de dystrophine ont été essayées, mais il n'existe pas de thérapie radicale pour la DMD. Dans cette étude, il est utilisé des *C. elegans* porteurs de mutations dans le gène *dys-1* comme modèle de DMD pour examiner les effets du fébuxostat (FBX). **On a appliqué le FBX à des animaux mutants *dys-1* portant un marqueur de noyaux musculaires et de mitochondries, et il est alors constaté que le FBX améliorait la perte musculaire. Il fut ensuite utilisé un modèle plus sévère, le double mutant *dys-1 ; unc-22*, et nous avons constaté que la mutation *dys-1* provoque une contraction musculaire affaiblie.** Il a été appliqué la FBX et d'autres composés aux animaux doublement mutants et il fut testé le mouvement. Il est donc constaté que l'administration de FBX en combinaison avec de l'acide urique avait les meilleurs effets sur le modèle DMD.

Ce travail concerne [un champ magnétique oscillant ce qui supprime la croissance des cristaux de glace pendant la congélation rapide du tissu musculaire des souris.](#) La médecine régénérative bénéficierait d'une méthode de cryoconservation sûre et efficace pour prévenir les perturbations structurelles causées par la formation de cristaux de glace dans les cellules et les tissus. Plusieurs tentatives ont été faites pour surmonter ce problème, dont l'une consiste à utiliser un champ magnétique oscillant (OMF). Cependant, le mécanisme sous-jacent n'est pas clair. **Dans cette étude, pour évaluer l'effet d'un champ magnétique oscillant sur la formation de cristaux de glace dans les muscles des pattes de souris, nous avons utilisé la méthode de la coupe congelée avec une vitesse de congélation plus lente que la normale, ce qui a entraîné la formation de cristaux de glace dans le tissu.** Il est alors évalué la taille moyenne et le nombre par unité de surface des trous de glace intracellulaires dans des sections

de tissu musculaire, avec et sans OMF. La croissance des cristaux de glace a été réduite dans les tissus congelés soumis à l'OMF. En outre, il fut évalué la structure et la fonction des protéines dans le tissu congelé soumis à l'OMF par immunocoloration à l'aide d'un anticorps anti-dystrophine et par histochimie enzymatique pour le NADH-TR et la myosine ATPase. Les résultats impliquent que la capacité de l'OMF à supprimer la croissance des cristaux de glace pourrait être liée à la stabilisation de l'eau liée dans les biomolécules pendant la congélation.

Cette investigation [porte sur les anomalies cognitives dans la dystrophie musculaire de Becker](#) : un lien mystérieux entre la déficience en dystrophine et les fonctions exécutives. Il a été réalisé une évaluation neuropsychologique approfondie sur 28 patients atteints de dystrophie musculaire de Becker, âgés de 18 à 65 ans. Comme sujets témoins, il est sélectionné 20 patients atteints de dystrophie musculaire des ceintures, dont le tableau clinique était similaire, à l'exception de l'intégrité cognitive. **L'évaluation, bien qu'étendue à tous les domaines, s'est concentrée sur les capacités de contrôle préfrontal, avec une distinction entre les processus inhibiteurs de l'attention sélective et les processus activateurs de la mémoire de travail.** Résultats et conclusions : Des sous-performances significatives ont été trouvées exclusivement dans les tests Dual Task et PASAT, pour démontrer une atteinte sélective de la mémoire de travail qui, sans causer de déficience intellectuelle, réduit le potentiel intellectuel des patients atteints de dystrophie musculaire de Becker.

Le travail présenté [indique des stratégies de thérapie cellulaire pour la dystrophie musculaire de Duchenne](#) : Une revue systématique des applications cliniques. Malgré des efforts de recherche considérables, la découverte d'un traitement curatif de la DMD reste insaisissable, ce qui souligne la nécessité d'étudier de nouvelles approches thérapeutiques. Les thérapies cellulaires sont apparues comme des approches prospectives pour traiter la physiopathologie sous-jacente de la DMD. **Cette revue examine la situation actuelle des thérapies cellulaires, y compris les cellules CD133 +, les cellules précurseurs du muscle, les mésoangioblastes, les cellules mononucléaires dérivées de la moelle osseuse, les cellules souches mésenchymateuses, les cellules dérivées de la cardiosphère et les cellules chimériques exprimant la dystrophine.** Au total, 12 études ont été jugées éligibles, car il s'agissait d'essais cliniques de thérapie cellulaire, d'applications cliniques ou de rapports de cas avec des résultats quantitatifs. L'évaluation a porté sur les limites et les avancées potentielles dans ce domaine de recherche particulier, ainsi que sur la sécurité et l'efficacité des thérapies cellulaires dans le contexte de la DMD. D'une manière générale, les données disponibles indiquent que diverses approches de thérapie cellulaire peuvent constituer une nouvelle modalité de traitement sûre et efficace pour les patients atteints de DMD. Toutefois, d'autres études sont nécessaires pour comprendre

Cette analyse présente [un aperçu du rôle du microbiote intestinal dans la dystrophie musculaire de Duchenne](#) : **une étude liée à l'âge chez la souris mdx.** De nombreuses études ont mis en évidence la relation étroite entre le microbiote intestinal et le muscle squelettique. Les objectifs de cette étude étaient i) de caractériser la composition du microbiote intestinal au cours du temps jusqu'à l'âge de 1 an, chez des souris mdx déficientes en dystrophine ; ii) d'analyser la structure-fonction de l'intestin et l'expression des gènes liés aux métabolites dérivés des bactéries dans l'iléon, le sang, le muscle tibial antérieur et le muscle soléaire afin d'étudier les interactions inter-organes. Les souris Mdx ont montré une réduction significative du nombre global de différentes unités taxonomiques opérationnelles et de leur abondance ( $\alpha$ -diversité). Le génotype Mdx a prédit 20 % de la divergence de la  $\beta$ -diversité, avec une grande modification taxonomique des quatre phyla : Actinobacteria,

Proteobacteria, Tenericutes, Deferribacteres et les genres inclus. **Il est intéressant de noter que la motilité intestinale et l'expression des gènes de la jonction serrée et du récepteur Ffar2 ont été régulées à la baisse dans l'iléon du génotype mdx.** Parallèlement, l'inflammation liée au microbiote intestinal a été révélée par une augmentation des marqueurs inflammatoires circulants (TNF, IL-6, MCP-1) et de la voie Tlr4/Myd88 de l'inflammation musculaire (TLR4 connu comme récepteur des métabolites bactériens). Enfin, chez les souris mdx, l'adiponectine est réduite dans le sang et son récepteur modulé dans les muscles. Cette étude met en évidence une composition spécifique du microbiote intestinal et souligne les interactions inter-organes dans la physiopathologie de la souris mdx, le microbiote intestinal pouvant être considéré comme un organe métabolique central.

Ce travail porte sur [l'interleukine 4 qui apparait comme susceptible d'améliorer la prise de greffe des cellules souches dérivées de l'adiposité en interagissant avec les progéniteurs fibro/adipogènes chez les souris dystrophiques.](#) La thérapie par cellules souches dérivées de l'adipeuse (CSDA) est prometteuse en tant que traitement efficace de la dystrophinopathie. Les progéniteurs fibro/adipogènes (FAP) jouent un rôle essentiel dans la myogenèse des cellules satellites musculaires et contribuent à la fibrose musculaire et à l'infiltration adipocytaire. La voie de l'interleukine 4 (IL-4) agit comme un interrupteur qui régule les fonctions des FAP. L'interaction entre les FAP et les cellules greffées n'est pas claire. **Dans cette étude, il fut utilisé un système de co-culture pour étudier l'interaction possible entre les FAP de souris dystrophiques et les ADSC surexprimant l'IL4 (IL4-ADSC) et les ADSC de contrôle.** La transplantation systémique d'ADSC IL4 et d'ADSC témoins chez des souris dystrophiques a été réalisée pendant 16 semaines, après quoi la fonction motrice et les améliorations moléculaires ont été évaluées. La surexpression de l'IL4 dans les CDAA a favorisé de manière significative la myogenèse in vitro, en augmentant l'expression de Pax7, Myogenin et MyHC. La co-culture a indiqué que, bien que les myoblastes dérivés des ADSC de contrôle aient favorisé la différenciation adipogénique et fibrogénique des FAP, les FAP n'ont pas affecté de manière significative la myogenèse des myoblastes dérivés des ADSC. Cependant, la surexpression de l'IL4 dans les ADSC a inhibé leur promotion de la différenciation des FAPs dépendante des myotubes d'une part et a encouragé les FAPs à améliorer la myogenèse d'autre part. Les souris dystrophiques auxquelles on a administré des myoblastes dérivés de l'IL4-ADSC présentaient une capacité motrice significativement meilleure, davantage de cellules greffées montrant une expression de dystrophine, et moins de fibrose musculaire, d'adipocytes intramusculaires et d'infiltration de macrophages que les souris auxquelles on a administré des myoblastes dérivés de l'ADSC de contrôle. En conclusion, l'activation de l'IL4 a renforcé le potentiel thérapeutique de la transplantation de CDA chez les souris dystrophiques, probablement en améliorant la myogenèse des CDA IL4 et en modifiant la diaphonie entre les cellules souches greffées et les FAP résidentes.

Le texte suivant porte sur [le stress physiologique améliore la modélisation de la cardiomyopathie dystrophique par les cellules souches.](#) L'insuffisance cardiaque contribue à la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD), qui résulte de mutations qui abaissent la dystrophine, rendant la membrane plasmique sujette à des perturbations. La rupture de la membrane des cardiomyocytes chez les patients atteints de DMD produit un profil de lésion sérique similaire à d'autres types de lésions myocardiques avec la libération de créatinine kinase et d'isoformes de troponine. Les cardiomyocytes dérivés de cellules souches pluripotentes humaines (hiPSC-CM) sont très utiles mais peuvent être améliorés. Nous avons généré des hiPSC-CM DMD et soumis ces cellules à une contrainte mécanique équi-biaxiale pour reproduire le stress in vivo. Par rapport aux cellules saines, les DMD hiPSC-CMs ont montré une plus grande sensibilité à la déformation équi-biaxiale après 2 heures à une déformation de 10%. **Il a été généré un profil basé sur les aptamères des protéines libérées par les cellules hiPSC-CM au repos et soumises à une contrainte, et il fut identifié une forte corrélation entre le protéome induit par la contrainte mécanique des cellules hiPSC-CM et le sérum des patients atteints de DMD.** Cela permet d'exposer les

hiPSC-CM à l'annexine A6 recombinante, un agent de recollement des protéines, et il fut constaté une réduction de la libération des biomarqueurs dans les hiPSC-CM DMD et les hiPSC-CM de contrôle soumises à une contrainte. Ainsi, l'application d'une contrainte mécanique aux hiPSC-CMs produit un modèle qui reflète un profil de lésion in vivo, fournissant une plateforme pour évaluer l'intervention pharmacologique.

L'analyse suivante indique [la découverte des véritables caractéristiques du réarrangement du gène de la dystrophine et amélioration du diagnostic moléculaire des dystrophies musculaires de Duchenne et de Becker](#). Actuellement, il n'existe pas de méthode intégrative pour la détection précise de tous les variants potentiels de la DMD, une lacune qui se trouve comblée à l'aide du séquençage à lecture longue. Le panel de séquençage à lecture longue développé dans cette étude a été appliqué à 129 sujets, dont 11 avaient des cas non résolus auparavant. **Les résultats ont montré que cette méthode permettait de détecter avec précision les mutations de la DMD, qu'il s'agisse de variations d'un seul nucléotide ou de variations structurelles.** En outre, ces résultats ont révélé que la duplication/délétion continue d'exon dans la cohorte DMD/BMD peut être attribuée à des réarrangements segmentaires complexes et que la duplication/délétion non contiguë est généralement attribuée à une inversion intragénique ou à une translocation interchromosomique. Il a été confirmé que les mutations dans les introns profonds produisaient un pseudoexon. En outre, les variations chez les femmes porteuses ont été identifiées avec précision. La méthode intégrée et précise de dépistage du gène DMD proposée dans cette étude pourrait améliorer le diagnostic moléculaire de la DMD/BMD.

L'étude présentée [indique que la réalimentation en NAD+ réduit les aspects de la maladie du muscle strié dans un modèle canin de la dystrophie musculaire de Duchenne](#). La dystrophie musculaire de Duchenne (DMD) est une maladie liée à l'X causée par des mutations dans le gène DMD et la perte de la protéine dystrophine, qui conduit finalement à la fragilité et à la nécrose de la membrane des myofibrilles, avec finalement une atrophie musculaire et des contractures. Les garçons atteints meurent généralement au cours de leur deuxième ou troisième décennie en raison d'une insuffisance respiratoire ou d'une cardiomyopathie. Parmi les stratégies thérapeutiques développées pour la DMD, les approches de thérapie génique restaurent partiellement l'expression de la micro-dystrophine ou de la quasi-dystrophine. **Cependant, en dépit de nombreuses tentatives pour développer des thérapies définitives pour la DMD, la norme de soins reste les corticostéroïdes, qui n'ont que des avantages palliatifs.** Les modèles animaux ont joué un rôle clé dans l'étude de la pathogenèse de la DMD et dans la mise au point de traitements. Le chien Golden retriever muscular dystrophy (GRMD) présente un phénotype qui s'aligne sur l'évolution progressive de la DMD. Par conséquent, les études sur les chiens peuvent être mieux transposées à l'homme. Des études récentes ont suggéré que le contenu cellulaire en nicotinamide adénine dinucléotide (NAD+) pourrait être un déterminant essentiel de la fonction des muscles striés. Il est montré ici que la teneur en NAD+ était diminuée dans les muscles striés de la GRMD, entraînant une altération de l'une des enzymes cosubstrates du NAD+, la PARP-1. En outre, il est démontré que l'augmentation de la teneur en NAD+ à l'aide de la nicotinamide (NAM), un précurseur naturel du NAD+, réduit modestement les aspects de la maladie du muscle strié. L'ensemble de ces résultats permet de mieux comprendre le mécanisme de la DMD.

Cette analyse indique [l'existence d'une homéostasie du fer dérégulée dans les cardiomyocytes déficients en dystrophine](#) : **correction par édition de gènes et traitement pharmacologique.** À notre connaissance, cette étude a démontré pour la première fois une altération du métabolisme du fer dans les cardiomyocytes DMD humains, et une inversion potentielle de cet effet par la correction de la mutation DMD ou un traitement pharmacologique. Cela implique que les composés régulant la surcharge en fer peuvent servir de nouveaux agents thérapeutiques dans la cardiomyopathie associée à la DMD. Perspective translationnelle : La cardiomyopathie liée à la DMD est associée à une surcharge en fer et au stress oxydatif et aux dommages mitochondriaux qui en résultent. **Des anomalies dans le maintien de l'homéostasie du fer et la surcharge en fer qui en résulte peuvent expliquer les caractéristiques pathologiques précédemment observées de la cardiomyopathie associée à la DMD, telles que l'augmentation du stress oxydatif, et servir de point de départ à la recherche de nouvelles stratégies thérapeutiques.** La déféroxamine et la pioglitazone, des médicaments approuvés par la FDA pour le traitement de la surcharge en fer et du diabète, respectivement, ont démontré un effet positif sur la réduction du niveau de ROS dans les cardiomyocytes déficients en dystrophine ; par conséquent, nous pensons qu'il serait bénéfique de poursuivre les études pour valider leur efficacité et leur efficacité.

Cette étude présente l'évidence que [la déficience en dystrophine qui altère la formation des jonctions cellulaires au cours de la myogenèse embryonnaire.](#) Les mutations du gène DMD sont à l'origine de la dystrophie musculaire de Duchenne, une maladie neuromusculaire grave liée au chromosome X qui se manifeste par l'acquisition de fonctions motrices chez les jeunes garçons. La DMD est diagnostiquée après 2 à 4 ans, mais l'absence de dystrophine a un impact avant l'apparition des symptômes chez les patients, ce qui pose un sérieux défi dans l'optimisation des normes de soins. Dans ce rapport, il est étudié les conséquences précoces de la déficience en dystrophine au cours du développement du muscle squelettique. **Il est utilisé le profilage transcriptomique unicellulaire pour caractériser la trajectoire myogénique des cellules souches pluripotentes humaines et il est montré que les cellules DMD bifurquent vers une branche alternative lorsqu'elles atteignent le stade du somite.** Ici, la déficience en dystrophine a été liée à des dysrégulations marquées des familles de jonctions cellulaires impliquées dans les transitions d'états cellulaires caractéristiques de la somitogenèse. Dans l'ensemble, ce travail démontre qu'in vitro, la déficience en dystrophine a des conséquences précoces au cours du développement myogénique, ce qui devrait être pris en compte dans les futures stratégies thérapeutiques pour la DMD.

Il est présenté ici que [le traitement à l'empagliflozine sauve les courants Na anormalement réduits dans les cardiomyocytes ventriculaires des souris mdx déficientes en dystrophine.](#) Les arythmies cardiaques contribuent de manière significative à la mortalité dans la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD), une maladie musculaire grave causée par des mutations du gène codant pour la protéine intracellulaire dystrophine. L'une des principales sources de vulnérabilité aux arythmies chez les patients atteints de DMD est l'altération de la conduction des impulsions ventriculaires, qui prédispose à l'asynchronisme ventriculaire, à la diminution du débit cardiaque et au développement de circuits réentrants. En utilisant le modèle de souris mdx déficiente en dystrophine pour la DMD humaine, il fut précédemment rapporté que l'absence de dystrophine entraîne une perte significative du pic du courant Na (INa) dans les cardiomyocytes ventriculaires. **Cette découverte a fourni une explication mécaniste des défauts de conduction ventriculaire et des arythmies concomitantes dans le cœur dystrophique. Dans la présente étude, il fut exploré l'hypothèse selon laquelle l'empagliflozine (EMPA), un inhibiteur du cotransporteur sodium/glucose 2 utilisé en clinique pour traiter le diabète de type II et l'insuffisance cardiaque non diabétique,**



**permet de récupérer le pic de perte d'INa dans les cardiomyocytes ventriculaires déficients en dystrophine.** Il est alors constaté que l'INa des cardiomyocytes dérivés de souris mdx, qui avaient reçu des doses cliniquement pertinentes d'EMPA pendant 4 semaines, était rétabli à un niveau de type sauvage. De plus, l'incubation de cardiomyocytes ventriculaires mdx isolés avec 1  $\mu$ M d'EMPA pendant 24 heures a augmenté de manière significative leur INa maximal. Cet effet était indépendant de l'inhibition de l'échangeur Na-H 1 par le médicament. Ces résultats impliquent que le traitement à l'EMPA peut sauver le pic INa anormalement réduit des cardiomyocytes ventriculaires déficients en dystrophine. L'administration à long terme d'EMPA peut diminuer la vulnérabilité à l'arythmie chez les patients atteints de DMD.

Il apparaît selon cette [étude que l'administration d'uridine favorise la normalisation de la fonction mitochondriale du cœur chez les souris déficientes en dystrophine et diminue la fibrose tissulaire.](#) Ce travail montre l'effet du modulateur métabolique uridine sur le fonctionnement et l'ultrastructure des mitochondries cardiaques chez des souris mdx déficientes en dystrophine. L'administration intrapéritonéale d'uridine (30 mg/kg/jour pendant 28 jours) a amélioré le transport du K<sup>+</sup> et a augmenté sa teneur dans les mitochondries cardiaques des souris mdx jusqu'au niveau des animaux de type sauvage. Ceci s'est accompagné d'une diminution significative du niveau de malondialdéhyde et d'une augmentation du nombre de mitochondries dans le cœur des souris mdx. **Parallèlement, l'uridine n'a pas affecté l'hyperfonctionnalité des mitochondries chez les souris mdx, qui se manifeste par une augmentation de la capacité de rétention du calcium.** Néanmoins, il est à noter que l'uridine provoque une diminution significative du niveau de fibrose dans le cœur des souris mdx, ce qui atteste d'un effet positif de la thérapie.

Cette étude présente [des informations sur la fonction cognitive chez les porteurs de DMD : série de cas personnels et revue de la littérature.](#) L'amélioration des conditions cliniques a permis aux médecins d'accorder plus d'attention à la fonction cognitive des patients atteints de DMD, ce qui a conduit à la description d'une déficience cognitive non seulement chez les hommes atteints, mais aussi chez les femmes porteuses. Cette étude avait pour but d'étudier les troubles cognitifs dans une cohorte de porteurs de DMD et de résumer les connaissances actuelles sur les troubles intellectuels et le profil neuropsychologique des porteurs de DMD/BMD. La série de cas proposée se compose de 22 patients porteurs provenant de deux centres différents (IRCCS Mondino, Pavie et Policlinico Gemelli, Rome), pour lesquels il a été recueilli rétrospectivement des données cognitives, cliniques et génétiques. Pour l'analyse de la littérature, il fut sélectionné 9 études publiées en anglais entre 2011 et 2023 et citées dans PubMed. Il est alors constaté que le QI moyen des porteurs de DMD était inférieur (74 ; très faible) au score moyen de la courbe normale (100 comme score standard moyen). En outre, environ 50 % d'entre eux se situaient dans la fourchette "QI extrêmement bas", contre 2 à 3 % dans la population générale. Une incidence plus élevée de la déficience intellectuelle a été confirmée chez les porteurs symptomatiques de DMD (QI moyen de 66 ; extrêmement faible) de l'IRCCS Mondino, mais pas chez les asymptomatiques (QI moyen de 99 ; moyen), par rapport à la population générale. La littérature actuelle, bien que limitée, semble confirmer la présence d'une déficience cognitive chez les porteurs, bien que plus légère que chez les hommes atteints, mais avec un profil neuropsychologique similaire. Toutefois, d'autres études sont nécessaires pour approfondir cette question et fournir un soutien éducatif adéquat.

Cette analyse concerne [la cognition sociale chez deux frères atteints de dystrophie musculaire de Becker](#) : **une étude exploratoire révélant des phénotypes comportementaux divergents.** Ces patients atteints de dystrophie musculaire de Becker étaient significativement

différents en termes de précision interceptive, le patient 1 étant extrêmement précis et le patient 2 étant significativement moins précis que son frère mais plus précis que le témoin. Il est intéressant de noter qu'ils présentaient des modèles opposés de distance interpersonnelle. Le patient 1 était à l'aise avec une distance interpersonnelle très courte ( $\leq 50$  cm du partenaire/objet) par rapport au témoin et au patient 2. En revanche, le patient 2 préférait une plus grande distance par rapport au témoin et au patient 1. Le patient 1 a également présenté des difficultés dans les compétences sociales et émotionnelles lors de l'évaluation psychopathologique. **Conclusions : Il est évident qu'il s'agit d'un petit échantillon ; néanmoins, il s'agit également de la première description de tels aspects dans la BMD et du premier rapport sur un tel modèle comportemental divergent.** Comme les troubles de la cognition sociale affectent la qualité de vie et les relations sociales, d'autres études sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes impliqués.

Il est question dans cet article [de l'interaction entre la dystrophie musculaire de Duchenne et la résistance à l'insuline](#). La dystrophie musculaire de Duchenne (DMD), causée par une déficience de la protéine fonctionnelle dystrophine, est une maladie musculaire fatale et progressive qui s'accompagne fréquemment d'un dérèglement métabolique. Il est exploré ici les conséquences physiologiques de la déficience en dystrophine dans le contexte de l'obésité et de la résistance à l'insuline. **Il est émis l'hypothèse que la déficience en dystrophine augmente la fréquence de la résistance à l'insuline et que la résistance à l'insuline potentialise la pathologie musculaire causée par la déficience en dystrophine.**

Cette analyse [porte sur le développement de dérivés de la négamycine à restriction conformationnelle pour une puissante activité de réactivation](#). La (+)-négamycine, qui est un antibiotique de type dipeptide contenant une structure hydrazide, présente une activité de réactivation qui permet de restaurer la dystrophine chez la souris mdx, modèle de la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD). Lors de notre précédente étude sur la relation structure-activité de la négamycine, nous avons constaté que son analogue naturel, la 3-épi-désoxynégamycine (TCP-107), sans activité antimicrobienne, présentait une activité de réactivation supérieure à celle de la négamycine. Dans cette étude, nous avons conçu et synthétisé des dérivés conformationnellement restreints de la TCP-107 à base de cyclopropane et évalué leur activité de réactivation dans le test du rapporteur cellulaire contre une mutation de type TGA dérivée de la DMD. Il en résulte qu'un isomère down-cis, le TCP-304, a montré une activité de relecture significative parmi les quatre isomères. En outre, le TCP-306, un dérivé acylé par l'acide l- $\alpha$ -aminoundécanoïque, possédait une activité environ trois fois supérieure à celle du TCP-304. Ces dérivés down-cis ont montré une activité de lecture dépendante de la dose et ont été efficaces non seulement pour les mutations TGA mais aussi pour les mutations TAG. **Ces résultats suggèrent que la restriction conformationnelle des dérivés de la négamycine par l'introduction de l'anneau cyclopropane est efficace pour démontrer une puissante activité de lecture.**

Cette étude concerne [l'haploinsuffisance de DAG1 qui est associée à une hyperCKémie sporadique et familiale, isolée ou pauci-symptomatique](#). Les variantes de perte de fonction bi-alléliques de DAG1 provoquent une dystrophie musculaire sévère et une maladie muscle-

œil-cerveau. Une contribution possible de la déficience en DAG1 à des phénotypes musculaires plus légers a été suggérée. Il fut étudié les antécédents génétiques de douze sujets présentant une hyperCKémie légère à sévère persistante afin de disséquer le rôle de DAG1 dans cette pathologie. Les tests génétiques ont été réalisés par séquençage de l'exome (ES) ou par des panels NGS personnalisés comprenant divers gènes impliqués dans un spectre de troubles musculaires. Des analyses histopathologiques et par Western blot ont été réalisées sur des échantillons de biopsie musculaire prélevés chez trois patients. Il fut aussi identifié sept nouveaux variants tronquants hétérozygotes de DAG1 ségrégeant avec une hyperCKémie isolée ou pauci-symptomatique dans toutes les familles. **Les variants étaient rares et on a prédit qu'ils conduisaient à une décroissance de l'ARNm médiée par le non-sens ou à la formation d'un transcrit tronqué.** Dans quatre cas, les variants DAG1 ont été hérités de parents affectés de la même manière. L'analyse histopathologique a révélé une diminution de l'expression des sous-unités de la dystroglycane et le Western blot a confirmé une réduction significative de l'expression de la bêta-dystroglycane dans les muscles.

Cette analyse indique [l'impact de la double tâche sur la mobilité fonctionnelle et l'interaction du niveau fonctionnel et de l'équilibre chez les patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne](#). Des différences significatives dans les résultats du test TUG entre les conditions ont été observées à la fois dans le groupe DMD et dans le groupe de développement typique ( $p < 0,05$ ). **Les enfants atteints de DMD ont présenté des temps de réalisation plus longs que les enfants au développement normal ( $p < 0,05$ ).** Chez les enfants atteints de DMD, il y avait une corrélation significative entre les scores TUG dans différentes conditions de tâches et l'évaluation de l'équilibre ( $p < 0,05$ ,  $r = 0,571$  à  $-0,819$ ). Les scores plus faibles de la MFM-32 chez les enfants atteints de DMD étaient corrélés à une performance plus faible du TUG dans les différentes conditions ( $p < 0,05$ ,  $r = 0,586$  à  $-0,868$ ). Signification : Cette étude met en lumière la nature multiforme des défis liés à la double tâche chez les personnes atteintes de DMD, contribuant ainsi à une meilleure compréhension des implications pour les stratégies de réadaptation.

Ce travail montre [une évaluation des effets pro-régénérateurs et anti-inflammatoires de l'acide isolécanique dans le muscle : Traitement potentiel de la dystrophie musculaire de Duchenne](#). Des recherches antérieures ont montré que l'inhibition pharmacologique de la GSK-3 $\beta$  favorise la différenciation myogénique et joue un rôle important dans la modulation des processus inflammatoires. L'acide isolécanorique (ILA) est un produit naturel isolé à partir d'une culture fongique qui présente des propriétés inhibitrices de la GSK-3 $\beta$ . La présente étude visait à étudier les propriétés pro-régénératrices et anti-inflammatoires de ce composé naturel dans le contexte de la DMD. **Ces résultats ont montré que l'ILA favorise nettement la différenciation myogénique des myoblastes en augmentant la signalisation de la  $\beta$ -Caténine et en renforçant le potentiel myogénique des cellules souches de souris et humaines.** Une découverte importante est que la voie GSK-3 $\beta$ / $\beta$ -Caténine est altérée dans les muscles des souris dystrophiques et que l'ILA améliore la formation de myofibres des CSM dystrophiques. Le traitement avec ce composé naturel améliore la régénération musculaire des souris dystrophiques et, par conséquent, les performances fonctionnelles. En outre, l'ILA améliore la réponse inflammatoire dans les explants musculaires et les macrophages isolés de souris dystrophiques, atténuant ainsi la fibrose après une lésion musculaire. Dans l'ensemble, Il est démontré que l'ILA module à la fois l'inflammation et la régénération musculaire, contribuant ainsi à améliorer le phénotype dystrophique.

Cette analyse concerne [la cognition sociale chez deux frères atteints de dystrophie musculaire de Becker](#) : **une étude exploratoire révélant des phénotypes comportementaux divergents.** Ces patients atteints de dystrophie musculaire de Becker étaient significativement différents en termes de précision interceptive, le patient 1 étant extrêmement précis et le patient 2 étant significativement moins précis que son frère mais plus précis que le témoin. Il est intéressant de noter qu'ils présentaient des modèles opposés de distance interpersonnelle. Le patient 1 était à l'aise avec une distance interpersonnelle très courte ( $\leq 50$  cm du partenaire/objet) par rapport au témoin et au patient 2. En revanche, le patient 2 préférait une plus grande distance par rapport au témoin et au patient 1. Le patient 1 a également présenté des difficultés dans les compétences sociales et émotionnelles lors de l'évaluation psychopathologique. **Conclusions : Il est évident qu'il s'agit d'un petit échantillon ; néanmoins, il s'agit également de la première description de tels aspects dans la BMD et du premier rapport sur un tel modèle comportemental divergent.** Comme les troubles de la cognition sociale affectent la qualité de vie et les relations sociales, d'autres études sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes impliqués.

Il est question dans cet article [de l'interaction entre la dystrophie musculaire de Duchenne et la résistance à l'insuline.](#) La dystrophie musculaire de Duchenne (DMD), causée par une déficience de la protéine fonctionnelle dystrophine, est une maladie musculaire fatale et progressive qui s'accompagne fréquemment d'un dérèglement métabolique. Il est exploré ici les conséquences physiologiques de la déficience en dystrophine dans le contexte de l'obésité et de la résistance à l'insuline. **Il est émis l'hypothèse que la déficience en dystrophine augmente la fréquence de la résistance à l'insuline et que la résistance à l'insuline potentialise la pathologie musculaire causée par la déficience en dystrophine.**

Cette analyse porte sur [le développement de dérivés de la négamycine à restriction conformationnelle pour une puissante activité de réactivation.](#) La (+)-négamycine, qui est un antibiotique de type dipeptide contenant une structure hydrazide, présente une activité de réactivation qui permet de restaurer la dystrophine chez la souris mdx, modèle de la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD). Lors de notre précédente étude sur la relation structure-activité de la négamycine, nous avons constaté que son analogue naturel, la 3-épi-désoxynégamycine (TCP-107), sans activité antimicrobienne, présentait une activité de réactivation supérieure à celle de la négamycine. Dans cette étude, nous avons conçu et synthétisé des dérivés conformationnellement restreints de la TCP-107 à base de cyclopropane et évalué leur activité de réactivation dans le test du rapporteur cellulaire contre une mutation de type TGA dérivée de la DMD. Il en résulte qu'un isomère down-cis, le TCP-304, a montré une activité de relecture significative parmi les quatre isomères. En outre, le TCP-306, un dérivé acylé par l'acide 1- $\alpha$ -aminoundécanoïque, possédait une activité environ trois fois supérieure à celle du TCP-304. Ces dérivés down-cis ont montré une activité de lecture dépendante de la dose et ont été efficaces non seulement pour les mutations TGA mais aussi pour les mutations TAG. **Ces résultats suggèrent que la restriction conformationnelle des dérivés de la négamycine par l'introduction de l'anneau cyclopropane est efficace pour démontrer une puissante activité de lecture.**

Cet article concerne [le Ptpn23 qui contrôle la formation des tubules T cardiaques en favorisant l'assemblage du complexe Dystrophine-Glycoprotéine](#). Le niveau d'expression de Ptpn23 a été réduit dans les cœurs défaillants de patients et de souris atteints de cardiomyopathie dilatée. La délétion génétique de Ptpn23 a entraîné une désorganisation des tubules T avec des diamètres élargis et une cardiomyopathie dilatée progressive sans affecter l'organisation des sarcomères. La mutagenèse somatique mosaïque médiée par AAV9 a en outre indiqué un rôle cellulaire autonome de Ptpn23 dans la régulation de la formation des tubules T. **Des analyses génétiques et biochimiques ont montré que Ptpn23 était essentiel pour l'intégrité des costamères, qui ancrent la membrane des tubules T aux disques Z, par le biais d'interactions avec l' $\alpha$ -actinine et la dystrophine.** La suppression de l' $\alpha$ -actinine a modifié la localisation subcellulaire de Ptpn23 et des DGC. De plus, l'inactivation génétique de la dystrophine a entraîné des défauts des tubules T similaires à ceux de la perte de fonction de Ptpn23 sans affecter la localisation de Ptpn23 au niveau des disques Z. Enfin, l'inactivation inductible de Ptpn23 à l'âge de 1 mois a montré que Ptpn23 est également nécessaire au maintien des tubules en T dans les cardiomyocytes adultes.

Cet article porte [sur l'établissement d'une méthode de quantification par HPLC-MS triple quadrupole pour la protéine Dystrophine dans le muscle squelettique de la souris et de l'homme](#). Pour évaluer quantitativement la protéine dystrophine humaine dans les échantillons de biopsie musculaire, il est impératif de détecter de manière cohérente aussi peu que 0,003 % de la protéine dystrophine par rapport à la teneur totale en protéines du muscle. La quantification de la protéine dystrophine a traditionnellement été réalisée par immunoblotting semi-quantitatif ou immunohistochimie ; cependant, il existe un besoin croissant d'établir une méthode quantitative plus précise en utilisant la chromatographie liquide et la spectrométrie de masse (LC-MS) pour mesurer la protéine dystrophine. **Dans cette étude, une nouvelle méthode de quantification a été établie à l'aide d'une plateforme d'expérimentation murine appliquée à la quantification clinique de la protéine dystrophine humaine.** Cette méthode, qui utilise une approche de type spike-in avec une LC-MS triple quadripôle, a permis de quantifier la dystrophine chez les souris transgéniques DMD humaines et de type sauvage, mais pas chez les souris DMD-null. En conclusion, nous avons établi une méthode de quantification de la dystrophine par HPLC-LC-MS avec une nouvelle approche "spike-in". Ces résultats indiquent que notre méthodologie pourrait être appliquée à plusieurs dispositifs LC-MS pour permettre la mesure précise de la protéine dystrophine chez les patients atteints de DMD.

Cette analyse sous le Titre : [Diagnostic moléculaire des dystrophinopathies au Sri Lanka en vue de prédictions phénotypiques](#); donne un aperçu d'une région d'Asie du Sud aux ressources limitées. Dans l'ensemble de la cohorte de patients (n = 236), la mPCR a uniquement permis d'identifier des délétions dans le gène DMD chez 131/236 patients (DMD-120, BMD-11). Dans la même cohorte, la MLPA a confirmé les délétions chez 149/236 patients [DMD-138, BMD -11]. Ces résultats suggèrent que la mPCR a un taux de détection de 95% (131/138) parmi tous les patients qui ont reçu un diagnostic. Les points chauds de délétion distale et proximale pour la DMD étaient les exons 45-55 et 6-15. L'exon 45-60 a été identifié comme un nouveau point chaud de variation in-frame. L'exon 45-59 était un point chaud pour les délétions de la DMO. Les comparaisons avec la littérature internationale montrent des variations significatives dans les fréquences de délétion et de duplication du



gène DMD dans différentes populations. Conclusion : **Les délétions et les duplications du gène DMD sont concentrées dans les exons 45-55 et 2-20 respectivement, ce qui correspond aux points chauds de la variation globale.** Des disparités dans les fréquences de délétion et de duplication ont été observées en comparant nos données à celles d'autres populations asiatiques et occidentales. Il a été identifié un taux de détection des délétions de 95 % pour la mPCR, ce qui en fait une approche de diagnostic moléculaire initiale viable pour les pays à faibles ressources où la MLPA pourrait être utilisée pour évaluer les cas négatifs de mPCR et les cas avec des frontières de mutation ambiguës. Ces résultats peuvent avoir des implications importantes pour l'identification précoce de la DMD avec des ressources limitées au Sri Lanka et pour le développement d'algorithmes de diagnostic moléculaire adaptés qui sont spécifiques à la région et à la population et facilement mis en œuvre dans des contextes à ressources limitées.

L'article ci-dessous indique une [nouvelle activation de pseudoexon due à la formation de points de branche ultra rares dans la dystrophie musculaire de Duchenne.](#) Les variants introniques profonds qui créent ou améliorent un site d'épissage sont de plus en plus souvent signalés comme une cause importante de maladies monogéniques. Cependant, les variants à intrusion profonde qui activent des pseudoexons en affectant un point de branchement sont extrêmement rares dans les maladies monogéniques. Il est décrit ici un nouveau variant « deep-intronic » DMD qui a créé un point de branchement chez un patient atteint de dystrophie musculaire de Duchenne (DMD). Un garçon de 7 ans a été recruté parce qu'il était suspecté d'être atteint de DMD sur la base de ses caractéristiques cliniques, d'imagerie musculaire et pathologique. **Les tests génétiques de routine n'ont pas permis de découvrir une variante pathogène de la DMD.** Il est alors effectué une analyse de l'ARNm de la dystrophine dérivé du muscle et détecté un transcrit aberrant contenant un pseudoexon. Un séquençage génomique Sanger plus poussé et des analyses bioinformatiques ont révélé une nouvelle variante d'épissage deep-intronic dans la DMD (NM\_004006.2:c.5325+1759G>T), qui a créé une nouvelle séquence de point de branchement et donc activé un nouveau pseudoexon de dystrophine (NM\_004006.2:r.5325\_5326ins5325+1779\_5325+1855). Cette étude met en évidence le rôle significatif des altérations du point de branchement dans la pathogenèse des maladies monogéniques.

Il s'agit ici de [la caractérisation de la variabilité phénotypique dans la dystrophie musculaire de Becker pour la pratique clinique et la préparation aux essais : Une étude de suivi sur deux ans.](#) Parmi l'hétérogénéité clinique, une atteinte plus sévère est souvent observée chez les patients ayant un del 45-X, avec une progression de la maladie sur deux ans. Le 6MWT semble sensible pour détecter les modifications par rapport à la ligne de base au cours du suivi, alors qu'aucune variation n'a été observée par le test MRC. **L'IRM musculaire des membres inférieurs est en corrélation avec les paramètres cliniques.** Cette étude souligne que la variabilité phénotypique des patients adultes atteints de DMO rend difficile la description d'une évolution uniforme et justifie la nécessité d'identifier des paramètres prédictifs et des biomarqueurs pour stratifier les patients.

On trouve dans [cette étude un traitement de la dystrophie musculaire de Duchenne avec un vecteur lentiviral contenant le gène de la mini-dystrophine in vivo](#). De nombreux chercheurs cherchent à restaurer la dystrophine tronquée à l'aide de vecteurs viraux. Cependant, la faible capacité d'emballage et l'immunogénicité des vecteurs ont entravé leur application clinique. Il a été construit quatre vecteurs lentiviraux avec des gènes de dystrophine tronqués et optimisés en termes de séquence, pilotés par des promoteurs spécifiques aux muscles. Les quatre vecteurs lentiviraux ont exprimé de façon stable la mini-dystrophine dans des cellules musculaires C2C12 in vitro. Pour estimer l'effet du traitement in vivo, **Il a été transféré les vecteurs lentiviraux dans des souris néonatales C57BL/10ScSn-Dmdmdx par injection locale**. Les niveaux d'expression de la dystrophine modifiée ont augmenté et leur distribution a également été restaurée chez les souris traitées. Dans le même temps, elles ont présenté une restauration de la force de traction et une diminution du nombre de cellules mononucléaires. Les rémissions ont duré de 3 à 6 mois in vivo. De plus, aucun site d'intégration des vecteurs n'a été distribué dans les oncogènes. En résumé, cette étude a démontré de manière préliminaire la faisabilité et la sécurité des vecteurs lentiviraux contenant de la mini-dystrophine pour la thérapie génique de la DMD et a fourni une nouvelle stratégie pour restaurer la dystrophine tronquée.

Cette étude [porte sur des frères atteints de dystrophie musculaire de Becker qui présentent une discordance dans les résultats de la tomodynamométrie des muscles squelettiques](#) : A case report. Les grandes variations observées dans la progression de l'atrophie musculaire dans la dystrophie musculaire de Becker sont considérées comme multifactorielles, y compris les différences dans les mutations et les facteurs environnementaux. Dans ce cas, deux frères âgés de 2 et 3 ans présentaient la même mutation DMD, confirmant leur diagnostic de dystrophie musculaire de Becker. À l'âge de 16 ans, ils ont commencé à utiliser des mains courantes pour monter et descendre les escaliers en raison d'une faiblesse musculaire progressive. Au cours d'un suivi de 18 ans, le frère aîné a toujours présenté des taux sériques de créatine kinase élevés, nettement supérieurs aux taux médians. **Les résultats de la tomodynamométrie musculaire ont révélé que les sections transversales du grand fessier et du vaste fémoral du frère aîné ne représentaient respectivement que la moitié et le tiers de celles du frère cadet**. Les valeurs tomodynamométriques moyennes du grand fessier et du vaste fémoral étaient significativement plus faibles chez le frère aîné. Ce rapport suggère que l'atrophie musculaire dans la dystrophie musculaire de Becker ne peut être expliquée uniquement par la mutation de la dystrophine ou par des facteurs environnementaux.

Cette analyse concerne [des vieux muscles , mais une morphologie préservée et stabilité des déterminants antigéniques pour de bon dans des cryosections de muscle vastus lateralis humain datant de plusieurs dizaines d'années](#). Le typage des fibres par immunohistochimie sur des cryosections de biopsies de muscles squelettiques humains est un outil essentiel pour le diagnostic et la recherche sur les maladies musculaires, le vieillissement et les réponses à l'entraînement physique et à la désaccoutumance. La préservation de la qualité de ces échantillons congelés peut s'avérer difficile, surtout s'ils sont conservés pendant de longues périodes avant le traitement histologique, ce qui est souvent le cas dans les études comportant un grand nombre de sujets et/ou des échantillonnages répétés espacés de plusieurs années. **II**

est démontré dans cet article que la morphologie et la réactivité des épitopes des isoformes de la chaîne lourde de myosine et de la dystrophine sont bien préservées dans des cryosections non fixées et non colorées de *m. vastus lateralis* humain (n = 241) conservées jusqu'à 18 ans. Toute variation de l'intensité de la coloration entre les échantillons n'était pas liée à l'âge du donneur de la biopsie ou à la période de stockage des cryosections non colorées, et dans tous les cas, les images obtenues étaient appropriées pour l'analyse d'image, telle que la détermination de la composition du type de fibre et de la surface de section transversale de la fibre, et l'analyse quantitative de la capillarisation musculaire.

Cette analyse porte [le maintien de la susceptibilité au stress chez la souris mdx, modèle de la dystrophie musculaire de Duchenne, après la surexpression de PGC-1 \$\alpha\$  ou l'ablation de IDO1 ou CD38](#). Dans le modèle de souris mdx de la DMD légèrement affectée, un bref stress de scruff provoque l'inactivité, tandis qu'un stress de subordination plus sévère entraîne la létalité. Ici, nous avons étudié la voie de la kynurénine de la dégradation du tryptophane et la voie métabolique du nicotinamide adénine dinucléotide (NAD<sup>+</sup>) chez les souris mdx et leur implication en tant que médiateurs possibles de la pathologie liée au stress chez les souris mdx. **Il a été identifié une régulation à la baisse de la dérivation de l'acide kynurénique, une branche neuroprotectrice de la voie de la kynurénine, dans le muscle squelettique mdx, associée à une activité de régulation transcriptionnelle atténuée du coactivateur 1 alpha (PGC-1 $\alpha$ ) du récepteur gamma activé par les proliférateurs de péroxysomes.** Le rétablissement de la dérivation de l'acide kynurénique par la surexpression du PGC-1 $\alpha$  spécifique du muscle squelettique chez les souris mdx n'a pas empêché l'inactivité induite par le scruff, pas plus que l'abrogation de l'activité de la voie extrahépatique de la kynurénine par la délétion génétique de l'enzyme limitant le taux de la voie, l'indoleamine-oxygénase 1. Il est également montré que la réduction de la production de NAD<sup>+</sup> dans le muscle squelettique mdx après l'exposition à un stress de subordination correspond à des niveaux élevés de catabolites du NAD<sup>+</sup> produits par l'ectoenzyme cluster of differentiation 38 (CD38), qui ont été impliqués dans la production de NAD<sup>+</sup> dans le muscle squelettique mdx.

Cet article traite de [la médecine de précision utilisant le séquençage du génome entier identifie une nouvelle variante de la dystrophine \(DMD\) pour la dystrophie musculaire liée à l'X chez un chat](#). Les activités de l'aspartate aminotransférase (687 UI/L) et de la créatine kinase (24 830 UI/L) étaient augmentées et une légère hypokaliémie (3,7 mmol/L) était présente. Des échantillons de biopsie du muscle du trapèze ont confirmé une myopathie dégénérative et régénérative et des altérations protéiques identifiées par immunohistochimie ont permis de diagnostiquer une forme de MD liée à l'X déficiente en dystrophine. **Le séquençage du génome a permis d'identifier une variante de gain de stop (c.4849C>T ; p.Gln1617Ter) de la dystrophine.** Les efforts de médecine de précision/génomique pour le chat domestique et en médecine vétérinaire soutiennent la découverte de variantes de maladies et de modèles animaux et offrent des possibilités de traitements ciblés pour les animaux de compagnie.

Cet article apporte [des considérations pratiques pour la thérapie génique « Delandistrogene Moxeparvec » chez les patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne](#). Avant la perfusion, il est recommandé : (1) de rechercher des titres d'anticorps antivirus adéno-associé du sérotype 74 de l'isolat rhésus <1 : 400 ; (2) évaluer la fonction hépatique, la numération plaquettaire et la troponine-I ; (3) s'assurer que les patients sont à jour de leurs vaccinations et éviter la coadministration de vaccins avec la perfusion ; (4) administrer des corticostéroïdes supplémentaires

à partir d'un jour avant la perfusion (pour les patients déjà sous corticostéroïdes) ; et (5) reporter l'administration de doses aux patients présentant une infection ou une maladie hépatique aiguë jusqu'à la résolution de l'événement. Après la perfusion, il est recommandé : (1) de surveiller la fonction hépatique chaque semaine (trois mois après la perfusion) et, si nécessaire, de continuer jusqu'à ce que les résultats soient normaux ; (2) de surveiller les taux de troponine I chaque semaine (premier mois après la perfusion, en continuant si nécessaire) ; (3) d'obtenir une numération plaquettaire chaque semaine (deux semaines après la perfusion), en continuant si nécessaire ; et (4) de maintenir le régime de corticostéroïdes pendant au moins 60 jours après la perfusion, à moins qu'une diminution plus rapide ne soit indiquée. Conclusions : Bien que le profil de sécurité clinique du « delandistrogène moxeparvovec » ait été cohérent, contrôlable et gérable, **ces considérations pratiques peuvent atténuer les risques potentiels dans un contexte de pratique clinique réel.**

Ce travail porte sur [les micro-dystrophines délivrées par thérapie génique colocalisent avec l'utrophine transgénique dans les fibres musculaires squelettiques dystrophiques](#). L'utrophine, l'homologue fœtal de la dystrophine, a été signalée à plusieurs reprises comme étant régulée à la hausse dans le muscle DMD humain en tant que mécanisme compensatoire, mais on ne sait pas si  $\mu$ Dys déplace l'utrophine de pleine longueur. **Dans cette étude, des souris déficientes en dystrophine/utrophine avec une surexpression transgénique de l'utrophine pleine longueur dans les muscles squelettiques ont reçu par voie systémique de faibles doses d'AAV6-CK8e-Hinge3- $\mu$ Dys ( $\mu$ DysH3) ou d'AAV6-CK8e- $\mu$ Dys5 ( $\mu$ Dys5).** Il est utilisé l'immunofluorescence pour évaluer qualitativement la localisation de la  $\mu$ Dys avec l'utrophine transgénique et l'oxyde nitrique synthase neuronale (nNOS) dans les muscles du quadriceps. **La protéine  $\mu$ Dys résultant des deux thérapies géniques se colocalisait aux membranes des myofibres avec l'utrophine transgénique.** Il y est également confirmé une colocalisation sarcolemmale de la nNOS avec la  $\mu$ Dys5, mais pas avec l'expression de l'utrophine transgénique ou la  $\mu$ DysH3. L'expression transgénique d'utrophine et les protéines  $\mu$ Dys produites par les deux thérapies stabilisent le complexe dystrophine-glycoprotéine, comme observé par la localisation sarcolemmale du  $\beta$ -dystroglycane. Cette étude suggère que la thérapie génique  $\mu$ Dys n'inhibera probablement pas la compensation endogène par l'utrophine dans le muscle DMD.

Ce travail représente une étude ouverte de [phase 2 sur la sécurité et l'efficacité d'une dose hebdomadaire d'ATL1102 chez des patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne non ambulatoire et pharmacologie chez la souris mdx](#). **Huit participants sur neuf recevaient une dose stable de corticostéroïdes.** L'ATL1102 a été généralement sûr et bien toléré. Aucun événement indésirable grave n'a été signalé. Aucun participant ne s'est retiré de l'étude. Les effets indésirables les plus fréquemment rapportés étaient l'érythème au site d'injection et la décoloration de la peau. Il n'y a pas eu de changement statistiquement significatif du nombre de lymphocytes entre le début de l'étude et les semaines 8, 12 ou 24, mais le nombre de lymphocytes T CD3+CD49d+ était statistiquement plus élevé à la semaine 28 qu'à la semaine 24, quatre semaines après la dernière dose (changement moyen de  $0,40 \times 10^9/L$ , IC à 95 % 0,05, 0,74 ;  $p = 0,030$ ). La force musculaire fonctionnelle, mesurée par les tests PUL2.0, EK2 et Myoset pour la préhension et le pincement, et la fraction de graisse des muscles de l'avant-bras mesurée par IRM sont restées stables tout au long de la période d'essai. Conclusion : **L'ATL1102, un nouveau médicament antisens en cours de développement pour le traitement de l'inflammation qui exacerbe les lésions des fibres musculaires dans la DMD, semble être sûr et bien toléré chez les garçons non ambulants atteints**

**de DMD.** La stabilisation apparente observée sur de multiples paramètres de progression de la maladie musculaire évalués pendant la durée de l'étude justifie la poursuite du développement de l'ATL1102 pour le traitement de la DMD.

Il est présenté ici que [la chloroquine diminue la fibrose cardiaque et améliore la fonction cardiaque dans un modèle murin de dystrophie musculaire de Duchenne](#). Comme l'a montré l'immunohistochimie LC3, un petit nombre d'autophagosomes a été détecté dans les cardiomyocytes des souris mdx et des souris témoins de type sauvage (WT). Le nombre d'autophagosomes a été significativement augmenté par un stress cardiaque induit par l'isoprotérénol pendant 4 semaines dans les cardiomyocytes des souris mdx mais pas dans ceux des souris WT. Simultanément, l'isoprotérénol a augmenté la fibrose des cardiomyocytes chez les souris mdx mais pas chez les souris WT. **L'administration de chloroquine a significativement diminué la fibrose des cardiomyocytes chez les souris mdx, même après un traitement à l'isoprotérénol.** La taille et la fonction du ventricule gauche ont été évaluées par échocardiographie. La contraction du ventricule gauche a diminué chez les souris mdx après un traitement à l'isoprotérénol par rapport aux souris témoins, ce qui a été atténué par l'administration de chloroquine. Conclusions : L'insuffisance cardiaque chez les patients DMD peut être traitée par la chloroquine, et le mécanisme implique probablement les effets anti-inflammatoires de la chloroquine.

Cet article présente [une caractérisation de CD90/Thy-1 en tant que signature moléculaire cruciale pour la différenciation myogénique dans les cellules humaines dérivées de l'urine grâce au séquençage de l'ARN d'une seule cellule](#). Les cellules humaines dérivées de l'urine (UDC) sont des cellules cultivées primaires provenant des voies urinaires supérieures et sont connues pour être multipotentes. Il a été précédemment développé des UDC transduites par MYOD1 (MYOD1-UDC) comme modèle récapitulant la pathogenèse de la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD) causée par un manque de dystrophine. Les MYOD1-UDC permettent également d'évaluer l'efficacité du saut d'exon à l'aide d'oligonucléotides antisens. Cependant, malgré l'introduction de MYOD1, certains MYOD1-UDC n'ont pas réussi à former des myotubes, probablement en raison de l'hétérogénéité des UDC. Ici, **il est effectué des analyses de séquençage de l'ARN d'une seule cellule et révélé que CD90/Thy-1 était fortement exprimé dans une sous-population limitée d'UDC ayant un pouvoir myogénique élevé.** En outre, les CD90-positifs MYOD1-UDC, mais pas les CD90-négatifs, peuvent former des myotubes exprimant des niveaux élevés de chaîne lourde de myosine et de dystrophine. Notamment, la surexpression de CD90 dans les MYOD1-UDCs CD90-négatives n'a pas favorisé la différenciation myogénique, tandis que la suppression de CD90 dans les UDCs. CD90-positives a entraîné une diminution de la formation de myotubes et de l'expression de la chaîne lourde de la myosine. CD90 peut donc contribuer à la fusion des MYOD1-UDC à noyau unique en myotubes, mais n'est pas crucial pour promouvoir l'expression des facteurs de régulation musculaire tardive. Enfin, nous avons confirmé que les MYOD1-UDC positives à CD90 provenant de patients atteints de DMD constituaient un outil précieux pour obtenir une évaluation stable et hautement reproductible du saut d'exon à l'aide d'oligonucléotides antisens.



Il est rapporté dans ce travail [une identification et une caractérisation de la protéine spécifique du testicule dérivée du locus de la dystrophine](#) : un gène spécifique du testicule dans la région intronique du gène de la dystrophine du rat. Le chromosome X des mammifères présente un enrichissement en gènes associés au développement des cellules germinales. Il a été précédemment généré un modèle de dystrophie musculaire de Becker (DMB) chez le rat, caractérisé par une mutation in-frame du gène de la dystrophine, situé sur le chromosome X et responsable du codage d'une protéine cruciale pour l'intégrité musculaire. Les rats mâles atteints de BMD sont stériles en raison de l'absence de spermatides normales dans l'épididyme. Dans les tubules séminifères des rats BMD, les spermatides allongées présentaient une morphologie anormale. **Pour élucider la cause de l'infertilité, il fut identifié un gène putatif contenant un cadre de lecture ouvert situé dans la région intronique entre les exons 6 et 7 du gène de la dystrophine, spécifiquement supprimé chez les rats mâles atteints de BMD.** Ce gène identifié, ainsi que sa protéine codée, ont fait l'objet d'une détection spécifique dans les testicules, exclusivement localisés dans les spermatides rondes à allongées au cours de la spermiogenèse. Par conséquent, on a désigné la protéine codée comme étant la protéine spécifique du testicule dérivée du locus de la dystrophine (DTSP). Étant donné l'absence de DTSP dans les testicules des rats BMD, nous avons émis l'hypothèse que la perte de DTSP contribuait à l'infertilité observée chez les rats BMD mâles.

L'analyse ci-dessous présente [l'évolution du rôle du Viltolarsen dans le traitement de la dystrophie musculaire de Duchenne](#). L'espérance de vie médiane à la naissance est d'environ 30 ans en raison de la progression rapide et sévère de la maladie. Actuellement, il n'existe pas de traitement curatif de la DMD et la norme de soins consiste principalement en une thérapie palliative et des glucocorticoïdes pour atténuer les symptômes et améliorer la qualité de vie. Les progrès récents de la technologie des oligonucléotides antisens phosphorodiamidate morpholino (PMO) se sont révélés optimistes en offrant une thérapie de fond plutôt qu'un traitement palliatif en corrigeant l'anomalie génétique primaire de la DMD par le saut d'exon. Cependant, en raison de la grande variance des mutations du gène de la dystrophine à l'origine de la DMD, il est difficile d'adapter une thérapie efficace à la plupart des patients. Le Viltolarsen est efficace chez 8 % des patients et saute avec précision l'exon 53, rétablissant le cadre de lecture et produisant une forme fonctionnelle de dystrophine ainsi qu'un phénotype de maladie moins sévère. Les résultats des essais précliniques et cliniques récemment achevés montrent une augmentation significative de l'expression de la protéine dystrophine, l'absence d'effets indésirables graves et la stabilisation de la fonction motrice. **En résumé, le viltolarsen a donné de l'espoir à ceux qui s'efforcent d'offrir aux patients une option thérapeutique sûre et viable pour la prise en charge de la DMD.** Cette revue présente une vue d'ensemble de la présentation, de la physiopathologie, de la génétique et des directives de traitement actuelles de la DMD, du profil pharmacologique du viltolarsen, ainsi qu'un résumé de la sécurité et de l'efficacité avec des aperçus supplémentaires sur la base de données d'essais cliniques récents

On trouve ici une analyse sur [le projet de lignes directrices à l'intention de l'industrie Dystrophie musculaire de Duchenne](#), dystrophie musculaire de Becker et dystrophinopathies apparentées - Mise au point de traitements potentiels pour l'ensemble du spectre de la maladie. Résultats : Les orientations permettent de mieux comprendre la DMD et ses variantes, en mettant l'accent sur l'engagement des patients, les critères de diagnostic, l'histoire naturelle, les biomarqueurs et les essais cliniques. **Elles soulignent le développement de médicaments axés sur le patient, l'importance de la dystrophine en tant que biomarqueur et le rôle essentiel de l'imagerie par résonance magnétique dans l'évaluation de la progression de la maladie.** En outre, les lignes directrices abordent l'importance de la cardiomyopathie dans la DMD et le domaine en plein essor de la thérapie génique. Conclusions : La mise à jour des lignes directrices offre une compréhension globale de la DMD, en mettant l'accent sur les approches centrées sur le patient, les modèles d'essais innovants et l'importance des biomarqueurs. L'accent mis sur la cardiomyopathie et la thérapie génique témoigne de l'évolution de la recherche sur la DMD. Il s'agit d'une feuille de route cruciale pour les promoteurs, qui pourrait déboucher sur de meilleurs traitements de la DMD.

Cette étude informe sur [l'haplotype IAAM LTBP4 est protecteur contre la cardiomyopathie déficiente en dystrophine. Méthodes et résultats](#) : Il est recueilli rétrospectivement 3138 mesures échocardiographiques de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FE), de la fraction de raccourcissement (SF) et du volume de fin de diastole (EDV) chez 819 participants atteints de DMD, 541 provenant d'une cohorte multicentrique italienne et 278 de la Cooperative International Neuromuscular Group Duchenne Natural History Study (CINRG-DNHS). En utilisant des modèles d'équation d'estimation généralisée (GEE), il est estimé le taux annuel de diminution de la FE (-0,80 %) et de la FS (-0,41 %), tandis que l'augmentation du VDE n'était pas significativement associée à l'âge. En utilisant un modèle multivarié d'équation d'estimation généralisée (GEE), il est observé que les mutations préservant l'expression de l'isoforme C-terminal Dp71 de la dystrophine étaient corrélées à une diminution du VDE (-11,01 ml/m<sup>2</sup>, p = 0,03), tandis que celles de dp116 étaient corrélées à une diminution de la FE (-4,14%, p = <0,001). Le génotype rs10880 du gène LTBP4, dont il a déjà été démontré qu'il prolongeait la déambulation, était également associé à une augmentation de la FE et à une diminution du VDE (+3,29 %, p = 0,002, et -10,62 ml/m<sup>2</sup>, p = 0,008) dans un modèle récessif. Conclusions : **Il est présenté quantitativement la progression de la dysfonction systolique dans la DMD, confirmons l'effet de l'expression de l'isoforme distale de la dystrophine sur le cœur déficient en dystrophine et identifions un effet important du génotype LTBP4 sur la DCM dans la DMD.**

Cet article porte [sur l'impact du miR-155-5p sur la différenciation des myotubes](#) : Elucider les cibles moléculaires dans les troubles des muscles squelettiques. Les microARN sont de petites molécules régulatrices qui contrôlent l'expression des gènes. Une propriété émergente des miARN musculaires est la régulation coopérative des événements transcriptionnels et épitranscriptionnels contrôlant le phénotype musculaire. miR-155 a été associé à la dystrophie musculaire et à l'atrophie des cellules musculaires. Cependant, la fonction du miR-155 et ses cibles moléculaires dans les dystrophies musculaires restent mal comprises. Grâce à des approches in silico et in vitro, nous identifions des profils transcriptionnels distincts induits par miR-155-5p dans les cellules musculaires. Les myotubes traités ont modifié l'expression de 359 gènes (166 régulés à la hausse et 193 à la baisse). **Il a été réanalysé les données transcriptomiques musculaires de patients déficients en dystrophine et détecté un**

**chevauchement avec les profils d'expression génique dans les myotubes traités par miR-155.** Cette analyse indique que le miR-155 régule un ensemble de transcrits, dont Aldh1l, Nek2, Bub1b, Ramp3, Slc16a4, Plce1, Dync1i1 et Nr1h3. L'analyse d'enrichissement montre que 20 cibles sont impliquées dans le métabolisme, la régulation du cycle cellulaire, la maintenance des cellules musculaires et le système immunitaire. De plus, la cytométrie numérique a confirmé une augmentation significative des macrophages M2, indiquant les effets du miR-155 sur la réponse immunitaire dans les muscles dystrophiques. Il est mis en évidence une critique de l'effet de miR-155 sur les muscles dystrophiques.

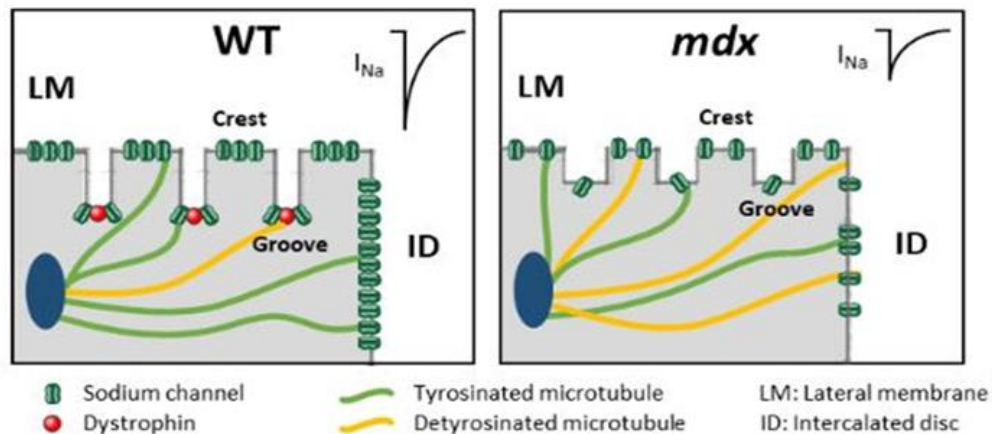
Dans ce travail on trouve [une association d'un nouveau variant génétique non sens de la dystrophine \(DMD\) chez un chat atteint de dystrophie musculaire liée au chromosome X et d'une évolution clinique bénigne.](#) La dystrophie musculaire liée à l'X chez le chat (FXMD) est une maladie peu courante, avec peu de rapports décrivant ses variantes génétiques pathogènes. Un chat domestique à poil court mâle castré de 9 ans a été présenté avec un gonflement musculaire persistant et des difficultés respiratoires depuis l'âge de 3 ans. L'activité sérique de l'alanine aminotransférase, de l'aspartate transaminase et de la créatine kinase était anormalement élevée. Les examens physiques et neurologiques ont révélé un gonflement musculaire au niveau du cou et du membre proximal, une démarche lente et des difficultés respiratoires occasionnelles. L'électromyogramme a révélé des décharges pseudomyotoniques et des décharges répétitives complexes avec un son de "bombardier de plongée". L'histopathologie a révélé une nécrose musculaire et une régénération. Le séquençage du génome entier a permis d'identifier une nouvelle et unique variante génétique hémizygote non sens, c.8333G > A dans la dystrophine (DMD), causant potentiellement un codon de terminaison prématuré (p.Trp2778Ter). **Sur la base d'une combinaison de résultats cliniques et histologiques et de la présence de la variante génétique non-sens de la DMD, ce cas a été considéré comme un cas de FXMD,** qui présentait des signes cliniques légers et une survie à long terme, même si la caractérisation immunohistochimique faisait défaut.

Il est indiqué dans cette analyse que [les inhibiteurs d'HDAC pouvaient être considérés comme traitement pharmacologique de la dystrophie musculaire de Duchenne :](#) **un parcours de découverte du laboratoire aux patients.** Des preuves antérieures que le ciblage de l'équilibre entre les histones acétyltransférases (HAT) et les histones désacétylases (HDAC), par l'exposition aux inhibiteurs d'HDAC (HDACis), pouvait améliorer la myogenèse squelettique, ont suscité l'intérêt d'utiliser les HDACis pour promouvoir la régénération musculaire. L'identification ultérieure de l'activation constitutive des HDAC dans les muscles déficients en dystrophine, causée par un dérèglement de la signalisation du monoxyde d'azote (NO), a justifié les interventions thérapeutiques basées sur les HDACi pour la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD). **Dans cette revue, il est présenté les preuves moléculaires, précliniques et cliniques de l'efficacité des HDACi pour contrer la progression de la maladie en ciblant les réseaux pathogènes d'expression génique dans de multiples types de cellules musculaires résidentes chez les patients atteints de DMD.** Étant donné que le givinostat ouvre la voie aux interventions basées sur les HDACi dans la DMD, les HDACi de nouvelle génération présentant des profils thérapeutiques et une efficacité optimisés pourraient également être explorés en vue de combinaisons synergiques avec d'autres stratégies thérapeutiques

Cette étude présente [la continuité des soins avec l'ataluren chez les patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne avec des mutations non-sens après la perte de l'ambulation](#). Expérience personnelle. Les stratégies thérapeutiques comprennent les corticostéroïdes ou la plus récente thérapie génique/lecture du codon stop. L'ataluren (Translarna®) est un médicament oral qui favorise la lecture des codons stop prématurés causés par une mutation non-sens (nm) afin de produire une dystrophine pleine longueur. Il a été autorisé par l'EMA en 2014 pour les patients ambulatoires atteints de nmDMD âgés de  $\geq 5$  ans. Notre objectif est de rapporter des données sur l'utilisation à long terme de l'ataluren chez des patients italiens atteints de nmDMD, en mettant l'accent sur la continuité du traitement après la perte d'ambulation (LoA). Quatre patients atteints de DMD, âgés de 16 à 24 ans, qui ont perdu leur mobilité entre 12 et 14 ans, ont continué à prendre de l'ataluren après la perte d'autonomie. Le patient le plus âgé, 24 ans, fait encore quelques pas. **Même chez les patients présentant un déclin moteur, les performances au PUL-test sont stables et la fonction respiratoire satisfaisante chez tous ; deux patients ont développé une cardiomyopathie sévère, stable chez l'un d'entre eux.** La continuité thérapeutique avec l'ataluren devrait être proposée à tous les patients nmDMD après la LoA, étant donné son profil favorable de sécurité et d'efficacité. Toutefois, il est recommandé de poursuivre les recherches afin d'identifier d'autres résultats et objectifs thérapeutiques cliniquement significatifs après la LoA.

Ce travail porte sur un examen complet de la jonction muscle-tendon : [Structure, fonction, lésions et réparation](#). La jonction muscle-tendon (JTM) est une interface tissulaire très spécifique où le fascia du muscle croise la matrice extracellulaire du tendon. **La jonction muscle-tendon fonctionne comme une structure particulière facilitant la transmission de la force des fibres musculaires contractives au système squelettique, permettant ainsi le mouvement.** Étant donné que l'articulation temporo-mandibulaire est continuellement exposée à des forces mécaniques constantes au cours de l'activité physique, elle est susceptible de subir des lésions. Les ruptures de l'articulation temporo-mandibulaire s'accompagnent souvent de lésions des tissus tendineux et musculaires. Dans cette revue, il est tenté de fournir une définition précise de l'articulation temporo-mandibulaire, de décrire en détail sa structure subtile et d'introduire des approches thérapeutiques liées à l'ingénierie tissulaire de l'articulation temporo-mandibulaire. Il est espéré que notre illustration détaillée de la MTJ et notre résumé des réalisations représentatives de la recherche aideront les chercheurs à mieux comprendre la MTJ et inspireront de nouvelles idées et des percées pour la recherche future.

## Distribution subcellulaire de Nav1.5 dans des conditions physiopathologiques.



Il est indiqué dans ce travail [une diminution de la détyrosination des microtubules module la distribution subcellulaire de Nav1.5 et rétablit le courant sodique dans les cardiomyocytes mdx](#). L'atténuation de la détyrosination des MT dans les CM mdx a rétabli l' $I_{Na}$  et amélioré la localisation de Nav1.5 au niveau de la crête LM et de l'ID. Ainsi, la densité réduite de l' $I_{Na}$  dans les cellules entières, caractéristique des CM mdx, n'est pas seulement la conséquence de l'absence de dystrophine dans les sillons LM, mais est également due à une réduction de Nav1.5 au niveau de la crête LM et de l'ID, secondaire à une augmentation de la détyrosination des MT de base. Dans l'ensemble, **ces résultats identifient la détyrosination des MT comme une cible thérapeutique potentielle pour moduler l' $I_{Na}$  et la distribution subcellulaire de Nav1.5 dans des conditions physiopathologiques**. Une illustration résume la situation

Avec cet article on obtient une [information récente sur le saut d'exon à médiation cellulaire normalise l'expression de la dystrophine et la fonction musculaire dans un nouveau modèle de souris de la dystrophie musculaire de Duchenne](#). La thérapie cellulaire pour la dystrophie musculaire a connu un succès limité, principalement en raison de la faible prise de greffe des cellules du donneur, en particulier dans les muscles fibrotiques à un stade avancé de la maladie. Il a été mis au point un système de saut d'exon à médiation cellulaire qui exploite la nature multinucléée des myofibres pour obtenir une correction croisée des noyaux dystrophiques résidents par le petit ARN nucléaire U7 conçu pour sauter l'exon 51 du gène de la dystrophine. **Il est alors observé que la co-culture de cellules myogéniques DMD humaines génétiquement corrigées (mais pas de cellules WT) avec leurs homologues dystrophiques dans un rapport de 1:10 ou 1:30 conduit à une production de dystrophine à un niveau plusieurs fois supérieur à celui prédit par une simple dilution**. Ceci est dû à la diffusion du snRNA U7 dans les noyaux résidents dystrophiques voisins. Lorsqu'elles sont

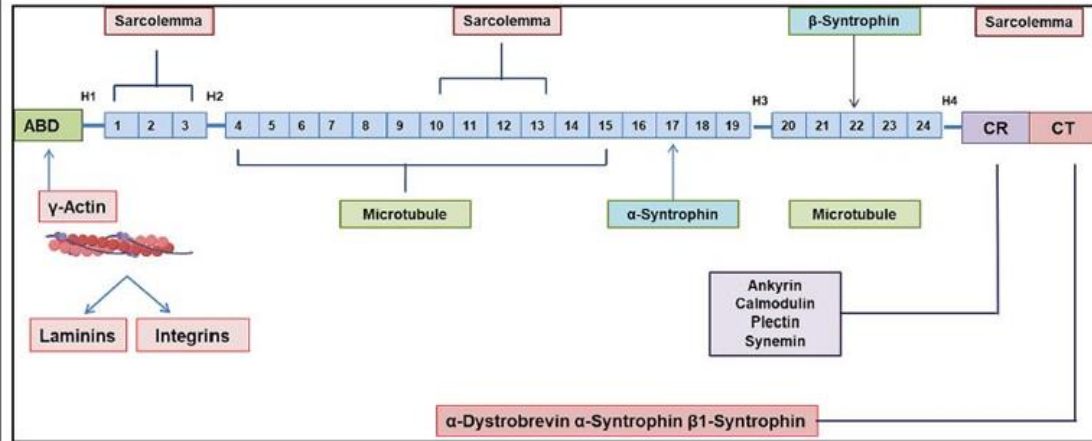


transplantées dans des souris NSG-mdx-Δ51 portant une mutation de l'exon 51, les cellules myogéniques humaines génétiquement corrigées produisent de la dystrophine à un niveau beaucoup plus élevé que les cellules WT, bien dans la fourchette thérapeutique, et conduisent à une récupération de la force même avec un taux de greffe de seulement 3 à 5 %. Ce niveau de production de dystrophine est une étape importante vers l'efficacité clinique de la thérapie cellulaire.

Cette analyse porte sur [la distribution et aspect de la myosine, de la dystrophine et du collagène IV dans le tissu musculaire extraoculaire affecté par le strabisme par rapport au tissu de contrôle](#). Dans le muscle extraoculaire affecté par le strabisme, l'analyse morphologique a mis en évidence des fibres musculaires de taille différente. Des fibres musculaires immatures et une quantité accrue de tissu conjonctif ont également été observées. De fortes corrélations positives ont été identifiées entre la myosine et le collagène IV et entre la dystrophine et le collagène IV. Conclusions : **La présence de fibres musculaires nouvellement formées, l'augmentation du tissu conjonctif et les diamètres variables des fibres musculaires striées squelettiques indiquent la diminution de la qualité des muscles extraoculaires dans les cas de strabisme.** La dystrophie musculaire du strabisme se caractérise par des niveaux réduits de myosine et de dystrophine et par une quasi-absence de collagène IV dans les fibres musculaires striées squelettiques affectées par le strabisme. Une thérapie adjuvante visant à normaliser le métabolisme de ces muscles peut être appropriée parallèlement au traitement concomitant du strabisme.

Ce travail indique que [la protéine connue sous le sigle de fhl2b assure la protection des muscles extraoculaires dans les modèles de dystrophies musculaires chez le poisson zèbre et son expression ectopique améliore les muscles corporels affectés](#). Dans les dystrophies musculaires, les fibres musculaires perdent leur intégrité et meurent, entraînant des souffrances importantes et une mort prématurée. Il est frappant de constater que les muscles extraoculaires sont épargnés et fonctionnent bien malgré la progression de la maladie. Bien qu'il ait été démontré que les MOE diffèrent de la musculature corporelle, les mécanismes qui sous-tendent cette résistance inhérente aux dystrophies musculaires restent inconnus. Ici, une démonstration indique que d'importantes différences dans l'expression des gènes en réponse aux dystrophies musculaires entre les OME et les muscles du tronc chez le poisson zèbre grâce à un profilage transcriptomique. **Il est montré que la protéine LIM Fhl2 augmente en réponse à l'inactivation de la desmine, de la plectine et de l'obscure, des protéines du cytosquelette dont l'inactivation provoque différentes dystrophies musculaires, et qu'elle contribue à la protection des OME contre la maladie.** De plus, nous montrons que l'expression ectopique de fhl2b peut partiellement sauver le phénotype musculaire dans le modèle de dystrophie musculaire de Duchenne du poisson zèbre sapje, améliorant de manière significative leur survie. Par conséquent, Fhl2 est un agent protecteur et un gène cible candidat pour la thérapie des dystrophies musculaires.

## Illustration des différents domaines de la protéine dystrophine et de leurs partenaires d'interaction.

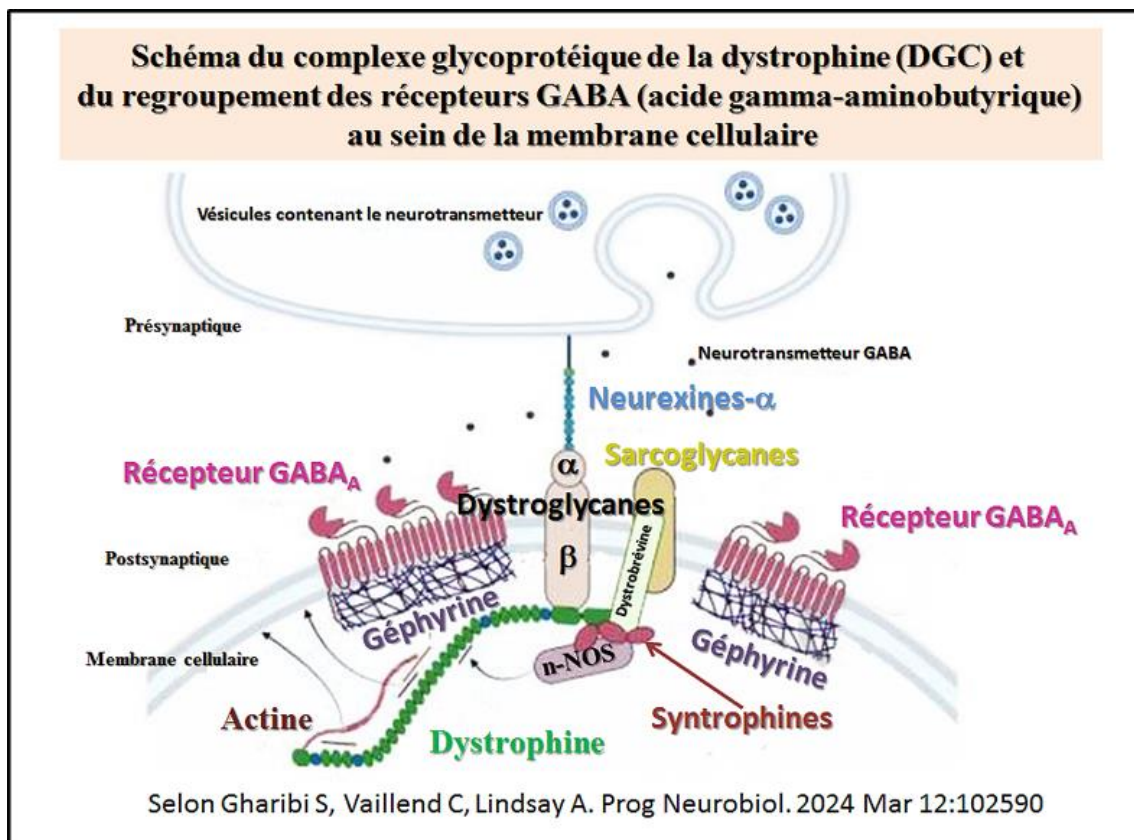


Selon Elaslali AM, et al., Int J Biol Macromol. 2024 Feb 29;264(Pt 1):130544.

On trouve ici une revue sur [les connaissances mécanistes sur la structure et la fonction de la protéine dystrophine dans la pathophysiologie et le ciblage thérapeutique de la dystrophie musculaire de Duchenne](#). Parmi les différentes formes de dystrophie musculaire, la dystrophie musculaire est l'une des plus courantes et des plus lourdes de conséquences, affectant principalement les garçons. Cette maladie est due à des mutations du gène de la dystrophine, un acteur clé dans le maintien de la structure et de la fonction des fibres musculaires. **Le manuscrit explore les caractéristiques structurales de la protéine dystrophine et leurs rôles essentiels dans la DMD.** Il est présenté une analyse approfondie des approches thérapeutiques prometteuses ciblant la dystrophine et leurs implications pour la gestion thérapeutique de la DMD. Plusieurs thérapies visant à restaurer la protéine dystrophine ou à traiter la pathologie secondaire ont obtenu une autorisation de mise sur le marché, et de nombreuses autres sont en cours de développement clinique. En particulier, de récentes avancées dans les approches génétiques ont démontré la possibilité de restaurer des formes de dystrophine partiellement fonctionnelles. Cette revue fournit également une vue d'ensemble de l'état des essais cliniques pour les principales approches thérapeutiques génétiques de la DMD. En outre, il y est résumé les approches thérapeutiques en cours et les mécanismes d'action avancés pour la restauration de la dystrophine, ainsi que les défis associés aux traitements de la DMD. Ci-dessus un portrait-robot de la dystrophine présente les principaux partenaires de la dystrophine et leur cible sur sa structure.

Avec ce travail figure [une interprétation clinique et génétique des variants faux sens incertains de la dystrophie musculaire de Duchenne : preuves à partir d'études de l'ARNm et des protéines](#). Trois des neuf patients présentaient un phénotype de dystrophie musculaire de Duchenne (DMD) et les six autres patients avaient un diagnostic présumé de dystrophie musculaire de Becker (BMD) ou de sarcoglycanopathie sur la base de leurs caractéristiques cliniques et pathologiques. **Les tests génétiques de routine n'ont détecté chez eux que 9**

**variants faux sens prédits pour la DMD, dont 6 étaient nouveaux et interprétés comme ayant une signification incertaine.** Les études de l'ARNm des gènes de la sarcoglycane dérivé du muscle n'ont révélé aucun transcrit aberrant. Les études de l'ARNm de la dystrophine ont confirmé que 3 variants faux sens prédits de la DMD (c.2380G > C, c.4977C > G et c.5444A > G) étaient en fait des variants d'épissage et de décalage du cadre de lecture dus à un épissage aberrant. Les 9 variants DMD ont été réinterprétés comme pathogènes ou probablement pathogènes sur la base d'études de l'ARNm et des protéines. Par conséquent, 3 patients présentant des variants d'épissage de la DMD et 6 patients présentant des variants faux-sens confirmés de la DMD ont été diagnostiqués comme atteints de DMD et de BMD, respectivement. Conclusion : Cette étude souligne l'importance de la biopsie musculaire et de l'épissage aberrant pour l'interprétation clinique et génétique des variants faux-sens incertains de la DMD.



Cette étude fournit [une revue sur la réponse de peur non conditionnée chez les vertébrés déficients en dystrophine](#). Les modèles animaux de DMD déficients en dystrophine présentent une réactivité accrue au stress qui se manifeste par des périodes d'immobilité prolongées. Lorsque la menace est répétitive ou grave, les phénotypes de la dystrophinopathie peuvent être exacerbés et même provoquer une mort subite. **Il est donc évident qu'une sensibilité accrue aux stimuli stressants ou menaçants chez les vertébrés déficients en dystrophine est une cause légitime d'inquiétude pour les patients atteints de DMD, qui pourrait avoir un impact sur la neurocognition et la physiopathologie.** Cette revue examine notre compréhension actuelle des mécanismes et des conséquences de la réaction de peur hypersensible dans les modèles précliniques de DMD et les défis potentiels auxquels est confrontée la transposition clinique. Voir dans la figure 3, une représentation schématique du complexe glycoprotéique de la dystrophine (DGC) et du regroupement des récepteurs GABA (acide gamma-aminobutyrique) dans les neurones.

Il apparait avec ce travail [que la trilobatine contribue à l'amélioration de la myopathie dans un modèle murin de dystrophie musculaire de Duchenne.](#) Le flavonoïde trilobatine (TLB) présente un potentiel antioxydant et anti-inflammatoire. Son profil de sécurité élevé et son action efficace en font une thérapie puissante pour le processus de myonécrose musculaire dystrophique. Il a donc été recherché à étudier l'action du TLB sur les lésions dans un modèle de DMD, la souris mdx. Des animaux mâles âgés de huit semaines ont été traités avec 160 mg/kg/jour de trilobatine pendant 8 semaines. Les animaux témoins ont été traités avec une solution saline. Après le traitement, la force musculaire, les taux sériques de créatine kinase (CK), l'histopathologie (myofibres nécrotiques, fibres régénérées/noyaux centraux, diamètre de Feret et zone inflammatoire) et les taux de catalase et de NF- $\kappa$ B (western blotting) des muscles quadriceps (QUA), du diaphragme (DIA) et du tibialis anterior (TA) ont été mesurés. La TLB a permis d'augmenter significativement la force musculaire et de réduire les niveaux sériques de CK chez les animaux dystrophiques. **Le QUA des souris mdx a montré une réduction de la catalase et du nombre de fibres avec un noyau centralisé après le traitement au TLB.** Dans le DIA des animaux dystrophiques, le TLB a réduit les myofibres nécrotiques, la zone inflammatoire et le NF- $\kappa$ B et a augmenté le nombre de fibres régénérées et le diamètre total des fibres. Dans l'AT, le TLB a augmenté le nombre de fibres régénérées et réduit les niveaux de catalase chez ces animaux. Il est conclu que dans le modèle expérimental mdx, le traitement par le TLB est bénéfique pour le traitement de la DMD.

Cette étude [montre le variant de novo p.Asp3368Gly du gène de la dystrophine comme étant associé à une cardiomyopathie dilatée liée à l'X et à une myopathie squelettique :](#) **Caractéristiques cliniques et analyse in silico.** Étudier les bases moléculaires de la cardiomyopathie dilatée liée à l'X chez une femme de 37 ans. Des examens cliniques et génétiques ont été effectués. Les tests génétiques ont été réalisés par séquençage de l'exome entier (WES) à l'aide de la plateforme Illumina. Selon le protocole standard, une variante trouvée par WES a été confirmée chez tous les membres disponibles de la famille par reséquençage Sanger capillaire bidirectionnel. L'effet de la variante a été étudié en utilisant une prédiction in silico de la pathogénicité. Le cas index était une femme de 37 ans chez qui on a diagnostiqué une CMD à l'âge de 33 ans. Une transversion A>G hétérozygote germinale au nucléotide 10103 du gène DMD, conduisant à une substitution acide aspartique-glycine à l'acide aminé 3368 de la protéine DMD (c.10103A>G p.Asp3368Gly), a été identifiée et confirmée par séquençage Sanger basé sur la PCR de l'exon 70. La prédiction in silico suggère que cette variante pourrait avoir un impact délétère sur la structure et la fonctionnalité de la protéine (CADD = 30). L'analyse génétique a été étendue aux parents au premier degré de la probante (mère, père et sœur) et, en raison de l'absence du variant chez les deux parents, la substitution p.Asp3368Gly a été considérée comme survenant de novo. Ensuite, l'analyse de séquençage direct de son fils de 8 ans a permis d'identifier qu'il était hémizygoté pour la même variante. **Le jeune patient ne présentait aucun signe ou symptôme attribuable à la CMD, mais il a signalé une asthénie et a présenté une hypertrophie bilatérale des mollets à l'examen clinique.** Les tests de laboratoire ont révélé des niveaux élevés de créatinine kinase (valeur maximale de 19 000 UI/L). Nous rapportons une présentation précoce de cardiomyopathie dilatée chez une femme de 33 ans due à une variante pathogène de novo du gène de la dystrophine (DMD) (p.Asp3368Gly). L'identification génétique de cette variante a permis un diagnostic précoce d'une maladie des muscles squelettiques chez son fils.

Cette analyse présente [une amélioration de la fonction du muscle diaphragme après transplantation de cellules satellites chez des souris dystrophiques.](#) Le muscle diaphragme est essentiel à la respiration et ses dysfonctionnements peuvent être fatals. De nombreux troubles affectent le diaphragme, notamment les dystrophies musculaires. Malgré l'importance clinique



du ciblage du diaphragme, peu d'études ont évalué la fonction du diaphragme à la suite d'un traitement expérimental donné, la plupart d'entre elles portant sur des médicaments anti-inflammatoires ou sur la thérapie génique. Les approches thérapeutiques basées sur les cellules ont réussi à promouvoir la régénération musculaire dans plusieurs modèles murins de dystrophie musculaire, mais elles se sont principalement concentrées sur les muscles des membres. **Il est montré ici que la transplantation de seulement 5 000 cellules satellites directement dans le diaphragme entraîne une greffe cohérente et robuste de myofibres chez des souris dystrophiques mutantes pour la dystrophine et la protéine apparentée à la fukutine.** Les cellules transplantées alimentent également le réservoir de cellules souches, comme le montre la présence de cellules satellites dérivées du donneur. Les mesures de force ont montré une augmentation de la force du diaphragme dans les muscles greffés. Ces résultats démontrent la faisabilité de la transplantation de cellules pour cibler le diaphragme malade et améliorer sa contractilité.

Cette étude porte sur [la Gestion de certains événements indésirables après la thérapie génique Delandistrogène Moxeparavec pour les patients atteints de la dystrophie musculaire de Duchenne.](#) Les membres du groupe ont convenu que le choix des évaluations de base devrait être éclairé par les indications cliniques individuelles, le jugement du prestataire de soins et les informations de prescription. Le dosage des corticostéroïdes pour le traitement des ETR devrait être optimisé en tenant compte du risque individuel par rapport au bénéfice pour chaque indication. Dans tous les cas impliquant des patients avec un TRAE confirmé, des consultations avec les spécialistes appropriés ont été suggérées. Conclusions : Le panel Delphi a établi des considérations consensuelles pour l'évaluation et la prise en charge des effets indésirables potentiels chez les patients recevant du délandistrogène moxeparavec, y compris les vomissements, les lésions hépatiques aiguës, la myocardite et la myosite à médiation immunitaire.

Cet article étudie [les Mitochondries et espèces réactives de l'oxygène](#) : La balance des pouvoirs thérapeutiques pour la dystrophie musculaire de Duchenne. **L'absence de dystrophine fonctionnelle chez les patients atteints de DMD réduit la rigidité du sarcolemme et augmente les dommages liés à la contraction, déclenchant une cascade d'événements conduisant à la dégénérescence des cellules musculaires, à l'inflammation chronique et au dépôt de tissu fibrotique et adipeux.** Les efforts déployés au cours de la dernière décennie ont abouti à l'approbation clinique de nouveaux médicaments pour la DMD qui visent à restaurer la fonction de la dystrophine. Cependant, il est souhaitable de disposer de thérapies combinées capables de restaurer l'expression de la dystrophine et de cibler la myriade d'événements cellulaires altérés dans les muscles dystrophiques. Les muscles sont de grands consommateurs d'énergie, sensibles aux défauts mitochondriaux. Les mitochondries génèrent une source importante d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et sont, à leur tour, sensibles à un bon équilibre redox. Chez les patients atteints de DMD et dans les modèles animaux, il existe des preuves irréfutables que les déficiences mitochondriales jouent un rôle clé dans l'échec de l'homéostasie énergétique. Il est alors souligné ici les principaux aspects du dysfonctionnement mitochondrial et du stress oxydatif dans la DMD et discuté des récentes découvertes liées aux molécules ciblant les mitochondries et le stress oxydatif en tant qu'approche thérapeutique. À cet égard, le double ciblage des mitochondries et de l'homéostasie redox apparaît comme une option clinique potentielle dans la DMD.



Ce travail indique [Le paysage complexe des mutations DMD : vers une médecine personnalisée](#). La dystrophie musculaire de Duchenne (DMD) est une maladie génétique grave caractérisée par une dégénérescence musculaire progressive, avec des complications respiratoires et cardiaques, causée par des mutations du gène DMD, codant pour la protéine dystrophine. **Les différentes mutations du gène DMD entraînent des phénotypes et une gravité de la maladie différents. Il est essentiel de comprendre les corrélations génotype/phénotype pour optimiser les soins cliniques, car des thérapies spécifiques aux mutations et des approches thérapeutiques innovantes deviennent disponibles.** Les gènes modificateurs de la maladie, des variants trans-actifs qui influencent la gravité de la maladie et l'expressivité phénotypique, peuvent moduler la réponse au traitement et devenir de nouvelles cibles thérapeutiques. La découverte d'un plus grand nombre de gènes modificateurs de la maladie par le biais d'études approfondies de cartographie génomique offre la possibilité d'affiner les évaluations pronostiques pour les personnes atteintes de DMD. Cette revue donne un aperçu des corrélations génotype/phénotype et de l'influence des gènes modificateurs dans la DMD.

On trouve ici des informations sur [les Effets du temps de la journée sur la contractilité musculaire ex vivo après une ablation à court terme des cellules satellites](#). Le couple isométrique musculaire fluctue en fonction de l'heure du jour et cette variation est due à l'influence des gènes de l'horloge moléculaire circadienne. Les cellules satellites (CS), la population de cellules souches musculaires, expriment également des gènes de l'horloge moléculaire et plusieurs gènes liés à la contractilité oscillent selon un schéma diurne. Actuellement, il existe peu de preuves de la relation entre les CS et la contractilité, bien que l'ablation à long terme des CS altère la fonction contractile du muscle. On ne sait pas s'il existe des altérations aiguës de la contractilité à la suite de l'ablation des CS et en fonction du moment de la journée. Il est alors recherché à savoir si l'ablation à court terme des CS affectait la fonction contractile à deux moments de la journée, et si de telles altérations conduisaient à des degrés différents de lésions induites par la contraction excentrique. En utilisant un modèle de souris établi pour épuiser les CS, il fut caractérisé l'expression des gènes de l'horloge musculaire et la contractilité ex vivo à deux moments de la journée (matin 0700 h et après-midi, 1500 h). Les animaux « SC+ du matin » ont montré des réductions de ~25-30% des forces spécifiques téaniques/excentriques et, après une blessure excentrique, ont montré ~30% moins de perte de force et ~50% moins de fibres dystrophinégatives par rapport aux homologues SC- ; aucune différence n'a été notée entre les groupes de l'après-midi (SC+ du matin :  $-5.63 \pm 0,61$ , matin-SC- :  $-7,93 \pm 0,61$  ; N/cm<sup>2</sup> ;  $p < 0,05$ ) (matin-SC+ :  $32 \pm 2,1$ , matin-SC- :  $64 \pm 10,2$  ; fibres dystrophinégatives ;  $p < 0,05$ ). Comme la cinétique du Ca<sup>++</sup> sous-tend la production de force, nous avons également évalué la force de contraction induite par la caféine comme marqueur indirect de la disponibilité du Ca<sup>++</sup>, et nous avons trouvé des réductions de force similaires chez les souris « SC+ du matin » par rapport aux souris SC-. La conclusion est que la production de force est réduite en présence de « SC du matin » mais pas de l'après-midi, ce qui suggère que les SC peuvent avoir une influence sur la fonction contractile en fonction du moment de la journée.

Une analyse [informe sur un traitement par ataluren chez quatre porteurs symptomatiques de la maladie de Duchenne](#). Une étude pilote. Les femmes porteuses de mutations du gène de la dystrophine ne sont généralement pas affectées car l'allèle X sauvage peut produire une quantité suffisante de la protéine dystrophine. Cependant, environ 8 à 10 % d'entre elles peuvent présenter des symptômes musculaires et 50 % de celles qui ont plus de 40 ans développent une cardiomyopathie. La présence de symptômes définit l'individu comme un "porteur symptomatique ou manifeste". Bien qu'il n'existe pas de traitement efficace de la DMD, des thérapies sont disponibles pour ralentir le déclin de la force musculaire et retarder l'apparition et la progression des troubles cardiaques et respiratoires. Il s'agit notamment de l'ataluren pour les patients présentant des mutations non-sens et des thérapies par oligonucléotides antisens pour les patients présentant des délétions spécifiques. **Les femmes porteuses de DMD symptomatiques ne sont pas incluses dans ces indications et peu de données documentent leur prise en charge, souvent laissée à la discrétion de chaque médecin, dans la littérature.** Dans cet article, nous rapportons les résultats cliniques et instrumentaux de quatre porteuses symptomatiques de DMD, âgées de 26 à 45 ans, qui ont été traitées par ataluren pendant 21 à 73 mois (moyenne 47,3), et évaluées annuellement pour la force musculaire et les fonctions respiratoire et cardiologique. Deux patients conservent une mobilité indépendante à l'âge de 33 et 45 ans, respectivement. Aucun d'entre eux n'a développé d'atteinte respiratoire ou de cardiomyopathie. Aucun effet indésirable clinique ni aucune anomalie pertinente dans les valeurs de laboratoire de routine n'ont été observés.

Ce nouveau travail [montre que la cortactine interagit avec l' \$\alpha\$ Dystrobrevin-1 et régule la morphologie de la jonction neuromusculaire murine](#). Les jonctions neuromusculaires transmettent des signaux du système nerveux aux muscles squelettiques, déclenchant leur contraction, et leur bonne organisation est essentielle pour la respiration et les mouvements volontaires. L' $\alpha$ Dystrobrevin-1 est un composant cytoplasmique du complexe dystrophine-glycoprotéine et a des fonctions essentielles dans la régulation de l'intégrité des fibres musculaires et des jonctions neuromusculaires. **Des études antérieures ont identifié que l' $\alpha$ -Dystrobrevin-1 joue un rôle dans l'organisation de la jonction neuromusculaire et que sa phosphorylation à l'extrémité C-terminale est nécessaire à ce processus.** Le crible protéomique a identifié plusieurs interacteurs putatifs de l' $\alpha$ Dystrobrevin-1 recrutés sur le site Y730 à l'état phosphorylé et non phosphorylé. Parmi les diverses protéines modulant l'actine, nous avons identifié la cortactine, régulateur du complexe Arp2/3. Il est alors montré que, tout comme l' $\alpha$ -Dystrobrevin-1, la cortactine est fortement enrichie au niveau de la machinerie postsynaptique neuromusculaire et il a été obtenu des résultats suggérant que ces deux protéines interagissent dans les homogénats cellulaires et au niveau des jonctions neuromusculaires. L'analyse de la morphologie synaptique chez les souris knock-out pour la cortactine a montré des anomalies dans le muscle soléaire à contraction lente et non dans le tibialis anterior à contraction rapide. Cependant, l'examen de la force musculaire n'a pas révélé de déficits apparents chez les animaux knock-out.

Cette analyse indique [l'existence des Modèles d'altération cérébrale chez les enfants atteints de dystrophie musculaire de Duchenne](#) : Une approche d'apprentissage automatique de l'imagerie par résonance magnétique. **L'expérience de classification établit une discrimination significative entre les deux populations (précision de 97,2 %) et les poids du modèle prospectif ont montré que la DMD affecte principalement l'intégrité microstructurale des faisceaux de fibres longues, en particulier dans les pédoncules cérébelleux (bilatéralement), dans le rayonnement thalamique postérieur**

**(bilatéralement), dans le fornix et dans le lemniscus médian (bilatéralement).** Il est également constaté une réduction de l'épaisseur corticale, principalement dans le cortex moteur, le cortex cingulaire, l'aire hippocampique et l'insula. Conclusions : Cette étude a permis d'identifier un petit ensemble d'altérations du SNC probablement associées au diagnostic de DMD.

Cette étude porte sur [le stress glycatif inhibe l'hypertrophie et altère l'intégrité de la membrane cellulaire dans le muscle squelettique de souris surchargé](#). L'administration continue d'AGE a augmenté les niveaux d'AGE fluorescents, de Nε-(carboxyméthyl) lysine et d'hydroimidazolone-1 dérivé du méthylglyoxal dans le plasma et le muscle squelettique. Le poids du muscle plantaire, la surface transversale des fibres musculaires, le taux de synthèse des protéines et le nombre de myonucléi ont augmenté avec la surcharge fonctionnelle dans les deux groupes ; cependant, l'augmentation a été significativement réduite par le traitement aux AGE. Certains muscles des souris traitées aux AGE ont été détruits par la surcharge fonctionnelle. **Une analyse protéomique a été réalisée pour explorer les mécanismes de suppression de l'hypertrophie musculaire et de destruction des myofibres par les AGE. Lorsqu'une analyse en composantes principales a été réalisée sur 4659 données obtenues par analyse protéomique, il a été observé que le traitement par AGE n'affectait l'expression des protéines que dans les muscles fonctionnellement surchargés.** L'analyse d'enrichissement des 436 protéines extraites à l'aide de la méthode K-means a permis d'identifier un groupe de protéines impliquées dans l'adhésion cellulaire. Conformément à cette découverte, il a été confirmé que les protéines du complexe dystrophine-glycoprotéine et les protéines liées à l'adhésion cellulaire augmentaient avec la surcharge fonctionnelle ; toutefois, ce phénomène a été atténué par le traitement aux AGE. En outre, le traitement des cellules musculaires C2C12 avec des AGE a inhibé leur capacité à adhérer et a augmenté la perméabilité de la membrane cellulaire. Conclusions : Cette étude indique que le stress glycatif peut être un nouveau facteur pathogène dans les dysfonctionnements des muscles squelettiques en provoquant la perte de l'intégrité membranaire et en empêchant la prise de masse musculaire.

Cette étude présente une [Approche pragmatique de la neuroréhabilitation pour améliorer la qualité de vie dans la dystrophie musculaire de Duchenne : Un rapport de cas](#). La dégénérescence des muscles squelettiques est induite par une maladie génétique. Il s'agit d'une affection courante liée au chromosome X qui provoque une hypertrophie des mollets et une faiblesse musculaire proximale chez les enfants. Elle entraîne fréquemment une mortalité précoce, une immobilisation en fauteuil roulant et des retards dans le développement moteur. Les interventions de physiothérapie visent à optimiser les capacités fonctionnelles et la qualité de vie des personnes atteintes de DMD. **Ce rapport de cas souligne l'efficacité de la physiothérapie dans la gestion de la progression de la DMD.** Cette étude présente un cas présentant des symptômes cliniques notables, soulignant l'urgence de traitements avancés pour lutter contre cette maladie débilitante. Des mesures de résultats telles que l'indice de masse corporelle, la spirométrie, le test musculaire manuel et l'échelle de qualité de vie de l'Organisation mondiale de la santé sont utilisées pour rendre compte des progrès réalisés par le patient. Le plan de traitement a été mis en œuvre pendant six semaines, cinq fois par semaine. Les stratégies de physiothérapie comprennent la gestion du régime alimentaire, les techniques d'étirement et d'attelle, et l'entraînement pulmonaire. Alors que les traitements actuels se concentrent sur la gestion des symptômes, les recherches en cours sont prometteuses pour le développement de thérapies plus efficaces afin d'améliorer les résultats et la qualité de vie des personnes affectées. Les soins multidisciplinaires, y compris la

rééducation neurophysiothérapeutique, jouent un rôle crucial dans la gestion des symptômes et des complications de la DMD, soulignant l'importance d'un soutien global pour les patients.

L'analyse suivante concerne [un variant non-sens de novo dans le gène DMD associé à une dystrophie musculaire déficiente en dystrophine liée à l'X chez un chat](#). Il est trouvé deux nouveaux variants à fort impact : une délétion de 1 pb dans felCat9 et un variant non-sens identique dans felCat9 et AnAms1.0. **La validation du génome entier et du séquençage Sanger a montré que la délétion dans felCat9 était un faux positif en raison d'un mauvais assemblage.** Parmi les 357 chats, le variant non-sens n'a été trouvé que chez le chat affecté, ce qui indique qu'il s'agit d'un variant de novo. Conclusion et importance clinique : Il est ici identifié un variant de novo chez le chat atteint et le génotypage par séquençage de nouvelle génération de l'ensemble du gène DMD s'est avéré nécessaire pour les chats atteints, car les parents du chat atteint n'avaient pas le variant à risque.

Cette étude démontre l'existence [d'une Implication de la chirurgie réfractive cornéenne dans la dystrophie musculaire de Duchenne](#). La Dystrophie Musculaire de Duchenne (DMD) présente des effets systémiques caractéristiques, notamment une atrophie musculaire sévère, une cardiomyopathie et des manifestations oculaires. La réalisation de chirurgies réfractives de la cornée chez des patients atteints de DMD soulève des inquiétudes quant au positionnement du patient, au risque de cataracte et à d'autres comorbidités. **Les rapports publiés sur la kératectomie photoréfractive, les kératomileuses in situ assistées par laser et l'extraction de lenticules par petite incision manquent dans cette population.** Il est présenté ici le cas d'un patient évalué en vue d'une chirurgie réfractive cornéenne. Cet article traite également de la compréhension actuelle de la DMD, des manifestations oculaires connues et des facteurs à prendre en compte lors de l'évaluation d'un patient en vue d'une éventuelle chirurgie corrective de la vision au laser.

Cet article rapporte un [Suivi clinique à long terme d'une famille atteinte de dystrophie musculaire de Becker associée à une importante délétion du gène DMD](#). Les patients atteints de la maladie de Duchenne présentent une faiblesse musculaire progressive, sont généralement dépendants d'un fauteuil roulant dès le début de l'adolescence et développent des complications respiratoires et cardiaques qui les conduisent à la mort vers l'âge de 20 ou 30 ans. **La dystrophie musculaire de Becker est également causée par des mutations du gène DMD, mais les symptômes sont moins graves et la progression est plus lente que pour la dystrophie de Duchenne.** L'article présente le cas d'un patient atteint de dystrophie musculaire de Becker qui était encore ambulant à l'âge de 61 ans et dont le phénotype était plus léger que celui de la dystrophie musculaire de Duchenne, malgré l'absence de 46 % du gène DMD. Les membres de sa famille atteints présentaient des phénotypes et des évolutions cliniques tout aussi légers. Ces données ont permis de comprendre la criticité de diverses régions de la dystrophine et de développer des constructions de micro-dystrophine pour compenser l'absence de dystrophine fonctionnelle dans la maladie de Duchenne.

Avec ce travail il est question [du Dysfonctionnement moteur de l'intestin dans la dystrophie musculaire de Duchenne](#) : Une revue. L'objectif de cette revue est d'offrir une perspective complète sur les connaissances actuelles concernant les manifestations gastro-intestinales dans la DMD, en mettant l'accent sur les preuves obtenues chez les patients atteints de DMD et les souris mdx. **Elle comprend une évaluation de la symptomatologie, des voies étiologiques et des approches correctives potentielles.** Ce document pourrait fournir des informations utiles sur les implications gastro-intestinales de la DMD qui pourraient servir d'orientation précieuse pour les futurs efforts de recherche dans ce domaine. Ce manuscrit souligne l'efficacité des souris mdx, un modèle animal de la DMD, dans l'élucidation des mécanismes et l'exploration des altérations pathologiques du tractus gastro-intestinal. Les conséquences gastro-intestinales évidentes chez les patients atteints de DMD et les modèles de souris mdx constituent un domaine d'intérêt important pour les chercheurs. L'exploration approfondie de ce domaine pourrait faciliter le développement d'approches thérapeutiques plus efficaces et améliorer le bien-être des personnes touchées par la maladie.

La présente étude concerne [La sécrétion métabolique différentielle entre les sarcomes à cellules fusiformes et les rhabdomyosarcomes dérivés de la souris mdx est à l'origine du développement du type de tumeur.](#) En revanche, le sarcome à cellules fusiformes (SCS) a rarement été rapporté chez les patients ou les souris mdx. Dans cette étude, il a été utilisé la métabolomique pour mieux comprendre la rareté du développement du SCS chez les souris mdx. La chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse ont été utilisées pour comparer les profils métaboliques des tumeurs SCS et RMS développées spontanément chez les souris mdx, et des essais de supplémentation en métabolites et des expériences de silencing ont été utilisés pour évaluer les effets des différences métaboliques dans les cellules dérivées des tumeurs SCS. Les niveaux de 75 métabolites présentaient des différences entre RMS et SCS, dont 25 étaient significativement altérés. **Une caractérisation plus poussée a révélé une régulation à la baisse des acides aminés non essentiels, y compris l'alanine, dans les tumeurs SCS.** La supplémentation en alanine a favorisé la croissance, la transition épithéliale-mésenchymateuse et l'invasion des cellules SCS. La réduction de l'alanine intracellulaire par knockdown du transporteur d'alanine Slc1a5 a réduit la croissance des cellules SCS. La sécrétion plus faible de métabolites et la prolifération réduite des tumeurs SCS peuvent expliquer le taux de détection plus faible du SCS chez les souris mdx. Le ciblage des voies de déplétion de l'alanine pourrait constituer une nouvelle stratégie thérapeutique.

Cette analyse concerne [le défi de la précharge et de la postcharge du ventricule droit induit un dysfonctionnement contractile et une arythmie dans les cœurs isolés de souris mâles déficientes en dystrophine.](#) Ainsi, le dysfonctionnement du ventricule droit dans la DMD se développe très tôt dans la progression de la maladie. Ici, il a été imposé à des cœurs isolés de souris de type sauvage (Wt) et de souris dystrophiques (Dmdmdx-4Cv) à un test de précharge/postcharge de 30 minutes pour vérifier l'hypothèse selon laquelle la VR dystrophique est susceptible de dysfonctionner en cas de charge élevée. Les jeunes cœurs dystrophiques ont présenté un développement de pression plus important que le type sauvage dans des conditions de base (Langendorff), mais après l'épreuve du VR, ils ont présenté une fonction contractile similaire à celle du type sauvage. **À la suite de l'épreuve de VR, les jeunes cœurs dystrophiques présentaient une incidence accrue de contractions ventriculaires prématurées (CVP) par rapport au type sauvage.** Les cœurs des souris dystrophiques et de type sauvage d'âge moyen présentaient une fonction contractile similaire dans les conditions de base. Après l'épreuve du VR, les cœurs des souris dystrophiques d'âge



moyen présentaient un dysfonctionnement sévère du VR et des arythmies, y compris des tachycardies ventriculaires. Après l'épreuve de charge du VR, les cœurs dystrophiques présentaient une libération de lactate déshydrogénase (LDH) plus importante que les souris de type sauvage, ce qui indique des lésions. Ces données indiquent des changements dépendants de l'âge dans la fonction VR avec la charge en cas de déficience en dystrophine, soulignant la nécessité d'éviter une charge VR soutenue pour prévenir le dysfonctionnement et l'arythmie.

Cette étude porte sur la [Restauration de la Dystrophine-Dp71 par AAV dans le cerveau de souris Dp71-Null : résultats moléculaires, cellulaires et comportementaux](#). Les progrès récents de la recherche préclinique ont permis de compenser les dysfonctionnements musculaires et cérébraux associés à la DMD, notamment grâce à des stratégies de saut d'exon. Toutefois, cette approche n'a pas été étudiée pour les mutations distales du gène DMD entraînant la perte de la protéine Dp71. Dans cette étude, il est recherché une restauration de l'expression cérébrale de Dp71 chez la souris transgénique Dp71-null en utilisant un virus adéno-associé (AAV) administré soit par des injections intracardiaques à P4 (ICP4), soit par des injections intracérébroventriculaires bilatérales (ICV) chez l'adulte. L'administration par ICP4 du vecteur AAV9-Dp71 a permis l'expression de 2 à 14% de la Dp71 dans le cerveau, tandis que l'administration par ICV a permis la surexpression de la Dp71 dans l'hippocampe et le cortex de souris adultes, avec une expression anecdotique dans le cervelet. **La restauration de la Dp71 était principalement localisée dans les « endfeets » gliaux qui entourent les capillaires, et elle était associée à une localisation partielle des protéines associées à la Dp71, de l' $\alpha$ 1-syntrophine et des canaux à eau AQP4, ce qui suggère une restauration correcte d'un échafaudage de protéines impliquées dans la fonction de la barrière hémato-encéphalique et l'homéostasie de l'eau.** Cependant, cela ne s'est pas traduit par des améliorations significatives des troubles comportementaux affichés par les souris Dp71-null. Le potentiel et les limites de cette stratégie médiée par AAV sont discutés. Cette étude de preuve de concept identifie des marqueurs moléculaires clés pour estimer l'efficacité des stratégies de sauvetage de la Dp71 et ouvre de nouvelles voies pour améliorer la thérapie génique ciblant les troubles cognitifs associés à un sous-groupe de patients DMD sévèrement atteints.

Cette nouvelle analyse informe sur [le Casimersen \(AMONDYS 45™\) : Un oligonucléotide antisens pour la dystrophie musculaire de Duchenne](#). Le Casimersen (AMONDYS 45™) est un oligonucléotide antisens de la sous-classe des oligomères morpholino phosphorodiamidés développé par Sarepta therapeutics. Il a été approuvé par la Food and Drug Administration (FDA) en février 2021 pour traiter la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD) chez les patients dont la mutation du gène DMD permet de sauter l'exon 45. **Administré par voie intraveineuse, le casimersen se lie au pré-ARNm du gène DMD pour sauter une région mutée d'un exon, produisant ainsi une protéine de dystrophine tronquée en interne mais fonctionnelle chez les patients atteints de DMD.** Cette protéine est essentielle au maintien de la structure de la membrane des myocytes. Alors que le casimersen poursuit actuellement la phase III des essais cliniques dans différents pays, il a été approuvé par la FDA dans le cadre du programme d'approbation accélérée en raison de l'augmentation observée de la production de dystrophine. Cet article aborde la physiopathologie de la DMD, résume les traitements disponibles à ce jour et fournit une évaluation complète du casimersen (AMONDYS 45™).

Ce travail concerne [le dérèglement de la Pannexine 1 dans la dystrophie musculaire de Duchenne et exacerbation des caractéristiques dystrophiques chez les souris mdx](#). Il est démontré ici que les niveaux de PANX1 et la fonction des canaux sont réduits dans les lignées cellulaires de myoblastes DMD dérivées de patients. Les souris Panx1-/-/mdx ont une durée de vie significativement réduite et un poids corporel diminué en raison de la perte de masse maigre. Leur tibialis anterior était plus affecté que leurs muscles soléaires et présentait une masse réduite, une perte de myofibres, une augmentation des myofibres à noyau central et un nombre inférieur de cellules souches musculaires par rapport aux souris Panx1+/-/mdx. **Ces effets néfastes ont été associés à des déficiences fonctionnelles musculaires et locomotrices.** In vitro, la surexpression de PANX1 dans les myoblastes DMD dérivés de patients a amélioré leur différenciation et leur fusion. Conclusions : Collectivement, nos résultats suggèrent que la dysrégulation de PANX1/Panx1 dans la DMD exacerbe plusieurs aspects de la maladie. En outre, ces résultats suggèrent que l'augmentation des niveaux de PANX1 dans les muscles dystrophiques pourrait avoir un effet thérapeutique bénéfique.

On trouve ici [une revue sur les thérapies géniques basées sur CRISPR](#) : Des traitements précliniques aux traitements cliniques. Ces dernières années, les répétitions palindromiques courtes et régulièrement espacées (CRISPR) et la protéine associée à CRISPR (Cas) sont apparues comme un outil révolutionnaire d'édition de gènes pour traiter les maladies héréditaires affectant différents systèmes organiques, tels que le sang et les muscles. Les maladies génétiques hématologiques et neuromusculaires bénéficient toutes deux des approches d'édition du génome, mais leur traduction clinique se heurte à des difficultés différentes. La capacité des technologies CRISPR/Cas9 à modifier les cellules souches hématopoïétiques ex vivo a considérablement accéléré le développement de thérapies génétiques pour les maladies du sang. Au cours de la dernière décennie, de nombreux essais cliniques ont été lancés et donnent aujourd'hui des résultats encourageants. L'approbation récente par la FDA de Casgevy, le premier médicament à base de CRISPR/Cas9 pour la drépanocytose sévère et la  $\beta$ -thalassémie dépendante des transfusions, représente une étape importante dans ce domaine et souligne le grand potentiel de cette technologie. Des efforts précliniques similaires permettent actuellement d'étendre les thérapies CRISPR à d'autres troubles hématologiques tels que les immunodéficiences primaires. Dans le domaine neuromusculaire, la polyvalence de CRISPR/Cas9 a été déterminante pour la génération de nouveaux modèles cellulaires et animaux de la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD), offrant des plateformes innovantes pour accélérer le développement préclinique de solutions thérapeutiques. **Plusieurs interventions correctives ont été proposées pour restaurer génétiquement la production de dystrophine à l'aide de la boîte à outils CRISPR et ont donné des résultats prometteurs dans différents modèles animaux de la DMD.** Bien que ces avancées représentent un grand pas en avant vers la traduction clinique des thérapies CRISPR/Cas9 pour la DMD, il reste encore de nombreux obstacles à surmonter, tels que les méthodes d'administration in vivo associées à des doses élevées de vecteur viral, ainsi que des problèmes de sécurité et d'immunologie. Collectivement, les résultats obtenus dans les domaines hématologique et neuromusculaire soulignent l'impact transformateur de CRISPR/Cas9 pour les patients atteints de ces maladies débilitantes. Comme chaque domaine souffre de défis différents et spécifiques, la traduction clinique des thérapies CRISPR peut progresser différemment en fonction de la maladie génétique. Les recherches et les essais cliniques en cours porteront sur les risques et les limites de ces thérapies, notamment l'efficacité à long terme, la génotoxicité potentielle et les réactions immunitaires indésirables. Cette revue donne un aperçu des diverses applications des technologies basées sur CRISPR

dans des contextes précliniques et cliniques pour les troubles sanguins monogéniques et la dystrophie musculaire et compare les progrès réalisés dans les deux domaines tout en soulignant les tendances actuelles, les difficultés et les défis à relever.

Ce travail présente [les thérapies cellulaires chimériques](#) : une nouvelle approche pour la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD) et la régénération musculaire. Les stratégies basées sur le chimérisme représentent un concept pionnier qui a conduit à des avancées révolutionnaires en médecine régénérative et en transplantation. **Cette nouvelle approche offre un potentiel thérapeutique pour le traitement de diverses maladies, y compris les maladies héréditaires. Les études en cours sur les cellules chimériques ont conduit au développement de cellules chimériques exprimant la dystrophine (DEC) qui ont été introduites comme thérapie potentielle pour la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD).** La DMD est une maladie génétique qui entraîne la mort prématurée des adolescents et reste incurable avec les méthodes actuelles. La thérapie DEC, créée par la fusion de myoblastes humains provenant de donneurs normaux et de donneurs atteints de DMD, s'est avérée sûre et efficace lorsqu'elle a été testée dans des modèles expérimentaux de DMD après administration systémique par voie intra-osseuse. Ces études ont confirmé une augmentation de l'expression de la dystrophine, en corrélation avec des améliorations fonctionnelles et morphologiques dans les muscles atteints de DMD, y compris les muscles cardiaques, respiratoires et squelettiques. En outre, l'application de la thérapie DEC dans une étude clinique a confirmé sa sécurité et son efficacité à long terme chez les patients atteints de DMD. Cette revue résume le développement de la technologie des cellules chimériques testée dans des modèles précliniques et des études cliniques, en soulignant le potentiel de la thérapie DEC dans la régénération et la réparation musculaires, et présente les thérapies à base de cellules chimériques comme une nouvelle approche prometteuse pour la régénération et la réparation musculaires et le traitement de la DMD et d'autres maladies neuromusculaires..

Cette analyse montre [la caractérisation respiratoire d'un modèle humanisé de souris atteinte de dystrophie musculaire de Duchenne](#). La déficience en dystrophine entraîne une inflammation, une fibrose et une atrophie musculaire. **Les garçons atteints de DMD présentent une faiblesse musculaire progressive au niveau du diaphragme qui entraîne une insuffisance respiratoire au cours de la deuxième ou de la troisième décennie de vie.** Le modèle de souris DMD le plus courant - la souris mdx - n'est pas suffisant pour évaluer les médicaments génétiques qui ciblent spécifiquement la séquence du gène DMD humain (hDMD). C'est pourquoi une nouvelle souris transgénique portant le gène hDMD avec une délétion de l'exon 52 a été créée (hDMD $\Delta$ 52;mdx). Il est ainsi caractérisé la fonction respiratoire et la pathologie dans ce modèle en utilisant la pléthysmographie du corps entier, l'histologie et l'immunohistochimie. À l'âge de 6 mois, les souris hDMD $\Delta$ 52;mdx présentent une respiration maximale réduite, une pathologie de la jonction neuromusculaire et une fibrose dans tout le diaphragme, qui s'aggrave à l'âge de 12 mois. En conclusion, la souris hDMD $\Delta$ 52;mdx présente une pathologie respiratoire modérée et constitue un modèle animal pertinent pour étudier l'impact de nouvelles thérapies génétiques, y compris l'édition de gènes, sur la fonction respiratoire.

Ce travail présente [le récepteur des glucocorticoïdes comme agissant localement pour protéger le muscle dystrophique et le cœur pendant la maladie](#). Les corticostéroïdes

pharmacologiques constituent la norme de soins pour la DMD ; cependant, ils ont des effets secondaires graves et leurs avantages moléculaires ne sont pas clairs. **On ne sait pas si la signalisation des corticostéroïdes physiologiques et de leurs récepteurs joue un rôle modificateur dans l'étiologie naturelle de la DMD.** Ici, il fut éliminé le récepteur des glucocorticoïdes (GR, codé par Nr3c1) spécifiquement dans les myofibres et les cardiomyocytes des souris de type sauvage et mdx52 afin de disséquer son rôle dans la dystrophie musculaire. Les souris doublement invalidées présentaient des phénotypes significativement plus graves que les souris témoins mdx52 en ce qui concerne la force de préhension, le temps de suspension, la pathologie inflammatoire et l'expression des gènes. Dans le cœur, la suppression du GR a agi de manière additive avec la perte de dystrophine pour exacerber la cardiomyopathie, entraînant une hypertrophie du cœur, une expression pathologique des gènes et un dysfonctionnement systolique, ce qui est cohérent avec un déséquilibre de la signalisation minéralocorticoïde. Les résultats montrent que les fonctions physiologiques de la GR jouent un rôle protecteur au cours de la dystrophie musculaire, ce qui contraste directement avec son rôle dégénératif dans d'autres états pathologiques. Ces données donnent un nouvel aperçu des corticostéroïdes dans la physiopathologie de la maladie et établissent un nouveau modèle pour étudier les rôles cellulaires autonomes des récepteurs nucléaires et les mécanismes des corticostéroïdes pharmacologiques.

Ce travail porte [sur l'identification de gènes pivots et de siRNA thérapeutiques pour développer une nouvelle thérapie d'appoint pour la dystrophie musculaire de Duchenne.](#) 855 DEGs régulés à la hausse et 324 DEGs régulés à la baisse ont été sélectionnés à partir de l'ensemble de données GSE38417. Cinq des dix principaux gènes pivots ont été considérés comme des gènes candidats non liés à une réponse immunitaire excessive, et trois de ces candidats étaient systématiquement et significativement régulés à la hausse chez les souris mdx à 2 M et 4 M par rapport aux souris C57 appariées selon l'âge, notamment Colla2, Fbn1 et Fn1. **En outre, les trois gènes candidats validés qui sont régulés à la hausse peuvent être régulés à la baisse de manière significative par trois siRNA rationnels ( $p < 0,0001$ ), respectivement.** Conclusion : COL1A2, FBN1 et FN1 peuvent être de nouveaux biomarqueurs de la DMD, et les siRNA conçus dans cette étude ont aidé à développer une thérapie d'appoint pour la dystrophie musculaire de Duchenne.

Il est question ici de [la leucyl-ARNt synthétase qui contribue à la faiblesse musculaire par l'activation du complexe 1 de la cible mammalienne de la rapamycine et la suppression de l'autophagie dans un modèle murin de la dystrophie musculaire de Duchenne.](#) L'altération de l'autophagie est l'une des caractéristiques cellulaires de la DMD, contribuant à la progression de la maladie. Les mécanismes moléculaires qui sous-tendent l'inhibition de l'autophagie dans la DMD ne sont pas bien compris. **Dans la présente étude, le modèle de souris DMD mdx est utilisé pour étudier les voies de signalisation conduisant à la suppression de l'autophagie. Le complexe 1 de la cible mammalienne de la rapamycine (mTORC1) est hyperactif dans les muscles de la DMD, ce qui s'accompagne d'une faiblesse musculaire et d'une altération de l'autophagie.** De manière surprenante, Akt, un régulateur en amont bien connu de mTORC1, n'est pas responsable de l'activation de mTORC1 ou des phénotypes musculaires dystrophiques. Au contraire, la leucyl-ARNt synthétase (LeuRS) est surexprimée dans les muscles mdx par rapport au type sauvage. LeuRS est connu pour activer mTORC1 dans un mécanisme non canonique qui implique une interaction avec RagD, un activateur de

mTORC1. L'interruption de l'interaction de LeuRS avec RagD par l'inhibiteur BC-LI-0186 réduit l'activité de mTORC1, rétablit l'autophagie et améliore les lésions des myofibres dans les muscles mdx. En outre, l'inhibition de LeuRS par BC-LI-0186 améliore la force musculaire dystrophique de manière dépendante de l'autophagie. Dans l'ensemble, ces résultats révèlent une fonction non canonique de la protéine ménagère LeuRS en tant que cible thérapeutique potentielle dans le traitement de la DMD.

L'étude présente [les modèles porcins pour la recherche translationnelle sur la dystrophie musculaire de Duchenne](#). Des modèles porcins génétiquement adaptés ressemblant à des mutations humaines de la DMD récapitulent les caractéristiques biochimiques, cliniques et pathologiques de la DMD, avec une progression accélérée de la maladie par rapport aux patients humains. **Les porcs DMD ont été utilisés pour évaluer des concepts thérapeutiques tels que l'édition de gènes pour recadrer un cadre de lecture DMD perturbé ou la livraison de vecteurs chromosomiques artificiels portant le gène DMD complet.** En outre, les porcs DMD ont joué un rôle déterminant dans la validation de nouvelles modalités de diagnostic telles que la tomographie optoacoustique multispectrale (MSOT) pour le suivi non invasif de la progression de la maladie. Les porcs DMD peuvent donc contribuer à combler le fossé entre les études de preuve de concept dans des modèles cellulaires ou de rongeurs et les études cliniques chez les patients.

Il est question ici [de définir précisément si la thérapie génique est sûre ?](#) Un deuxième décès après la thérapie de la maladie de Duchenne. Les données actuelles sont : Pour la première fois, en juin 2023, le delandistrogène moxeparvovec (SRP-9001), une thérapie génique de remplacement basée sur un vecteur de virus adéno-associé (AAV), a été approuvée aux États-Unis pour les enfants âgés de 4 à 5 ans atteints de DMD. D'autres thérapies géniques prometteuses sont en cours de développement préclinique ou d'essais cliniques, y compris des stratégies à médiation CRISPR/Cas9 pour restaurer l'expression de la dystrophine. Deux décès survenus à la suite d'une thérapie génique de la DMD avec des vecteurs AAV à forte dose ont été attribués à des réponses immunitaires médiées par l'AAV. La maladie préexistante à l'origine de la thérapie est très probablement impliquée dans la toxicité fatale de l'AAV. **Conclusions : Bien que les applications de thérapie génique des vecteurs AAV soient généralement considérées comme sûres, l'administration systémique de fortes doses de vecteurs peut entraîner des effets secondaires graves avec une issue potentiellement fatale chez certains patients, en particulier après l'activation du système immunitaire.** À l'avenir, de nouvelles méthodes d'immunosuppression, de réduction de la dose d'AAV et de vecteurs alternatifs seront donc de plus en plus à l'ordre du jour.

Une nouvelle investigation [concerne l'administration systémique de dystrophine pleine longueur chez les souris DMD](#). La thérapie génique actuelle pour la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD) utilise le virus adéno-associé (AAV) pour délivrer de la dystrophine miniaturisée (micro-dystrophine ou  $\mu$ Dys), qui n'offre pas une protection totale pour les muscles striés car il manque de nombreux domaines fonctionnels importants dans la dystrophine de pleine longueur (FL). **Il est ainsi développé ici un système de triple vecteur pour délivrer la dystrophine FL dans les muscles squelettiques et cardiaques.** Il fut



rationnellement divisé la dystrophine FL en trois fragments (N, M et C) liés à deux paires orthogonales d'intégrines divisées, ce qui permet un assemblage efficace et unidirectionnel de la dystrophine FL. Les trois fragments emballés dans un AAV myotrope (MyoAAV4A) restaurent l'expression de la FL-dystrophine dans les muscles squelettiques et cardiaques des souris mâles mdx 4cv. Les composants du complexe dystrophine-glycoprotéine sont également restaurés dans le sarcolemme des muscles dystrophiques. La FL-dystrophine délivrée par MyoAAV4A améliore de manière significative l'histopathologie musculaire, la contractilité et la force globale, de manière comparable à la  $\mu$ Dys, mais contrairement à la  $\mu$ Dys, elle rétablit également la signalisation ERK défectueuse dans le cœur. La thérapie génique FL-dystrophine promet donc d'offrir une protection supérieure pour la DMD.

Cette étude présente [l'expression différentielle des transcrits DMD en tant que nouveau biomarqueur pronostique dans des mésothéliomes histologiquement divers.](#) L'analyse a porté sur 57 échantillons de mésothéliome épithélioïde, 23 biphasiques, deux sarcomatoïdes et cinq sous-types histologiques non spécifiés (NOS). L'analyse univariée a révélé qu'une forte expression du gène DMD et de son transcrite Dp71 était significativement associée à une survie plus courte chez les patients atteints de mésothéliome ( $P=0,003$  et  $P<0,001$ , respectivement). **Dans une analyse multivariée, l'association entre l'expression de Dp71 et la survie est restée significative [hazard ratio (HR) 2,29, intervalle de confiance à 95 % (IC) : 1,24-4,23,  $P=0,008$ ] chez tous les patients atteints de mésothéliome, ainsi que chez les patients atteints de mésothéliome sans délétions profondes de CDKN2A (HR 3,58, IC à 95 % : 1,31-9,80,  $P=0,01$ ).** L'analyse des voies a révélé un enrichissement des voies du cycle cellulaire ( $P=3,01 \times 10^{-4}$ ) et de la recombinaison homologue ( $P=0,01$ ) dans les gènes différentiellement exprimés (DEG) entre les groupes à Dp71 élevé et à faible Dp71. En outre, des corrélations ont été observées entre l'expression des transcrits de Dp71 et les cellules du microenvironnement tumoral, notamment une faible corrélation positive avec les macrophages ( $R=0,32$ ,  $P=0,002$ ), en particulier les macrophages M2 ( $R=0,34$ ,  $P=0,001$ ). **Ces résultats indiquent que l'expression différentielle de transcrits DMD spécifiques est associée à une faible survie chez les patients atteints de mésothéliome.** Le transcrite Dp71 spécifique peut servir de biomarqueur potentiel pour prédire la survie des patients dans divers sous-types histologiques de mésothéliome. D'autres études sont nécessaires pour comprendre le rôle des transcrits spécifiques de la dystrophine dans les cellules cancéreuses et les cellules TME, ainsi que leurs implications dans la pathogenèse et la progression du mésothéliome. L'identification des patients présentant un risque de survie médiocre sur la base de l'expression des transcrits DMD peut guider les stratégies de traitement du mésothéliome, en informant les décisions concernant l'intensité du traitement, les calendriers de suivi, l'éligibilité aux essais cliniques et, en fin de compte, la planification des soins de fin de vie.

L'analyse concerne [les souris DMD mdx présentent une oligodendrogénèse défectueuse, une compaction retardée de la myéline et une hypomyélinisation persistante.](#) Outre les lésions musculaires progressives, de nombreux patients atteints de DMD présentent également des déficits neurologiques d'étiologie inconnue. Pour étudier les mécanismes potentiels des déficits neurologiques de la DMD, il fut évalué l'oligodendrogénèse et la myélinisation postnatales dans le modèle de souris Dmdmdx. Dans la niche de cellules souches de la zone ventriculaire-sous-ventriculaire (V-SVZ), il est constaté que la production de cellules progénitrices d'oligodendrocytes (OPC) était déficiente, avec des densités et une prolifération

d'OPC réduites, malgré une organisation normale de la niche de cellules souches. Dans le corps calleux Dmdmdx, un grand tractus de matière blanche adjacent à la zone de stress végétatif, il est également observé une prolifération réduite des OPC et moins d'oligodendrocytes. **La microscopie électronique à transmission a en outre révélé une myéline nettement plus fine, un nombre accru de structures anormales de la myéline et une compaction retardée de la myéline, l'hypomyélinisation persistant jusqu'à l'âge adulte.** Ces résultats révèlent des altérations du développement des oligodendrocytes et de la myélinisation qui confirment l'hypothèse selon laquelle les modifications de l'imagerie du tenseur de diffusion observées chez les patients atteints de DMD reflètent des changements développementaux dans l'architecture de la myéline.

Ce travail présente [une variante structurelle complexe rare d'une nouvelle inversion intragénique combinée à une translocation réciproque t\(X;1\)\(p21.2;p13.3\) dans la dystrophie musculaire de Duchenne.](#) Les variants structurels (SV) sont rarement observés dans la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD), une maladie principalement marquée par des délétions et des mutations ponctuelles dans le gène DMD. Les SVs dans la DMD restent difficiles à détecter de manière fiable en raison de la capacité limitée de détection des SVs de la technologie de séquençage à lecture courte classiquement utilisée. Il est présenté ici une famille, un garçon et sa mère, présentant des signes cliniques de dystrophie musculaire, des taux élevés de créatinine kinase et une déficience intellectuelle. **Une biopsie musculaire du garçon a révélé une déficience en dystrophine.** Les techniques moléculaires de routine n'ont pas permis de détecter d'anomalies dans le gène DMD, mais l'analyse des transcrits de l'ARNm de la dystrophine a révélé l'absence des exons 59 à 79. Le séquençage ultérieur du génome entier à lecture longue a permis d'identifier une variante structurelle complexe rare, une nouvelle inversion intragénique de 77 kb et une translocation équilibrée t(X;1)(p21.2;p13.3) dans le gène DMD, élargissant ainsi le spectre génétique de la dystrophinopathie. Ces résultats suggèrent que les SV devraient être envisagées dans les cas où les techniques moléculaires conventionnelles ne parviennent pas à identifier des variants pathogènes.

L'analyse indique que [la génération de cellules souches musculaires fonctionnelles allogènes et xénogéniques pour la transplantation intramusculaire.](#) Les cellules satellites, cellules souches du tissu musculaire squelettique, ont une capacité de régénération remarquable et un potentiel thérapeutique en médecine régénérative. Cependant, le faible rendement des cellules satellites provenant de muscles autologues ou de donneurs entrave l'adoption de la transplantation de cellules satellites pour le traitement des maladies musculaires, y compris la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD). Pour remédier à cette limitation, il fut donc recherché à savoir si les cellules satellites pouvaient être dérivées d'hôtes animaux allogènes ou xénogéniques. **Tout d'abord, l'injection de cellules souches pluripotentes induites par la DMD (iPSC) de souris corrigées par CRISPR/Cas9 dans des blastocystes de souris portant un système d'ablation des cellules satellites de l'hôte a donné lieu à des chimères intraspécifiques portant exclusivement des cellules satellites dérivées de l'iPSC.** En outre, l'injection de cellules DMD-iPSC génétiquement corrigées dans des blastocystes de rat a entraîné la formation de chimères interspécifiques rat-souris portant des cellules satellites de souris. De manière remarquable, les cellules satellites dérivées des iPSC ou les myoblastes dérivés produits dans des chimères intraspécifiques ou interspécifiques ont restauré

l'expression de la dystrophine chez les souris DMD après une transplantation intramusculaire, et ont contribué au pool de cellules satellites. Collectivement, cette étude démontre la faisabilité de la production de cellules souches thérapeutiquement compétentes à travers des espèces animales divergentes, ce qui soulève la possibilité de générer des cellules souches musculaires humaines chez les grands animaux à des fins de médecine régénérative.

Ce travail présente [les limites potentielles de la thérapie génique de la micro-dystrophine pour la dystrophie musculaire de Duchenne](#). Des essais cliniques délivrant de fortes doses de virus adéno-associés (AAV) exprimant des molécules de dystrophine tronquées (micro-dystrophines) sont en cours pour des personnes atteintes de la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD). **Il est ainsi examiné l'efficacité de cette stratégie avec quatre constructions de micro-dystrophine (trois en cours d'essais cliniques et une variante de la construction clinique la plus importante), dans un modèle murin sévère de DMD, en utilisant des doses d'AAV comparables à celles utilisées dans les essais cliniques.** Il fut obtenu des niveaux élevés d'expression de la micro-dystrophine dans le muscle strié, avec une expression cardiaque ~10 fois supérieure à celle observée dans le muscle squelettique. Une correction significative, bien qu'incomplète, de la maladie du muscle squelettique a été observée. De manière surprenante, une accélération létale de la progression de la maladie cardiaque s'est produite avec deux des micro-dystrophines. L'impact négatif sur le cœur semble être dû aux niveaux élevés de micro-dystrophine entraînant une compétition variable (dépendant de la conception de la micro-dystrophine) entre la micro-dystrophine et l'utrophine au niveau de la membrane du cardiomyocyte. Une surcharge de la dégradation des protéines peut également contribuer à ce phénomène. La signification de ces observations pour les patients actuellement traités avec des thérapies AAV-micro-dystrophine n'est pas claire puisque les niveaux d'expression atteints dans les cœurs DMD sont inconnus. Cependant, cela suggère que les traitements à base de micro-dystrophine doivent éviter des niveaux d'expression trop élevés dans le cœur et que la fonction cardiaque doit être soigneusement surveillée chez ces patients.

Cette étude [présente le transcriptome du muscle squelettique à un stade avancé de la dystrophie musculaire de Duchenne présente une signature moléculaire induite par le BMP4](#). L'atrophie du muscle squelettique liée à la DMD est caractérisée par une réponse immunitaire aberrante impliquant une régulation à la hausse des cytokines de la famille TGF $\beta$ . Nous avons précédemment démontré que la protéine morphogénétique osseuse 4 (BMP4) est augmentée dans la DMD et que la stimulation de la BMP4 induit une augmentation de 20 fois de la transcription de Smad8. Cependant, le rôle de la BMP4 dans le muscle squelettique DMD sévèrement affecté n'est pas connu. **Il est donc émis l'hypothèse que les signatures transcriptomiques dans le muscle squelettique DMD humain sévèrement atteint sont régies par la signalisation BMP4.** Les transcriptomes de biopsies de muscles squelettiques à un stade avancé de la DMD par rapport à des témoins non DMD et à des cellules musculaires C2C12 avec ou sans stimulation BMP4 ont été générés par RNA-Seq et analysés pour l'expression différentielle d'un seul transcrite ainsi que par Ingenuity Pathway Analysis et des analyses de réseaux de co-expression génique pondérés. Au total, 2 328 et 5 291 transcrits ont été exprimés de manière différentielle dans les cellules musculaires humaines et les cellules musculaires C2C12, respectivement. Il est alors identifié une signature moléculaire chevauchante de 1 027 gènes dysrégulés dans le muscle DMD qui ont été induits dans les

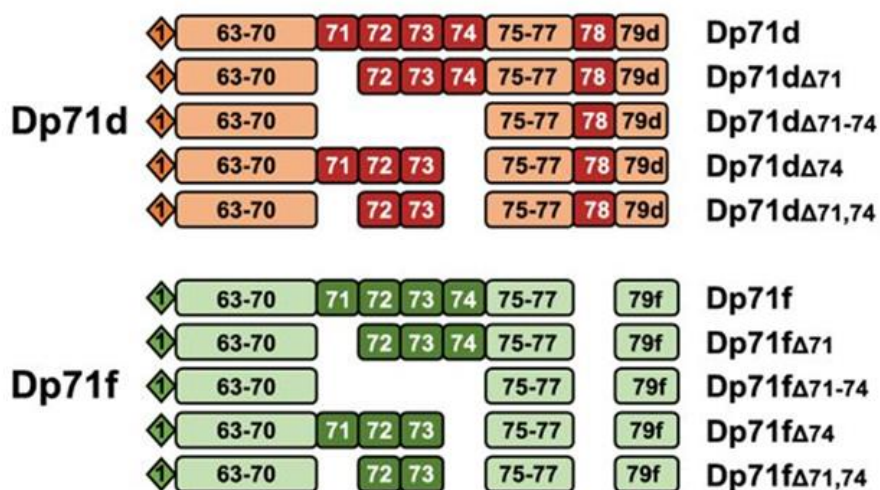
cellules musculaires C2C12 stimulées par le BMP4. Les transcrits de la DMD fortement régulés qui se chevauchent avec les cellules musculaires C2C12 stimulées par BMP4 comprenaient ADAMTS3, HCAR2, SERPING1, SMAD8 et UNC13C. Le transcriptome de la DMD se caractérise par une dysrégulation des voies impliquant la fonction immunitaire, le remodelage de la matrice extracellulaire et la fonction métabolique/mitochondriale. En résumé, il est défini un transcriptome du muscle squelettique de la DMD à un stade avancé qui recoupe largement la signature moléculaire induite par la BMP4 dans les cellules musculaires C2C12. Cela confirme que la BMP4 est un régulateur des changements transcriptomiques dans le muscle squelettique DMD au stade avancé de la maladie et élargit la compréhension de l'évolution des voies de signalisation dystrophiques et de leurs réseaux de gènes associés, qui pourraient être explorés pour le développement thérapeutique.

L'étude suivante [concerne les manifestations cardiaques et squelettiques graves chez des microminipèdes modifiés pour la DMD](#) : un substitut avancé de la dystrophie musculaire de Duchenne. Bien que de nombreux modèles animaux aient été utilisés pour étudier la maladie, la transposition des résultats à l'homme s'est avérée difficile. Les microminipèdes, avec leur ressemblance physiologique prononcée avec l'homme et leur taille particulièrement compacte par rapport aux modèles porcins, pourraient offrir un modèle plus représentatif des maladies humaines. Ici, il fut réalisé une modification précise de la DMD chez des microminipèdes en co-injectant aux embryons la protéine Cas9 et un ARN à guide unique ciblant l'exon 23 de la DMD. Les microminipèdes modifiés par la DMD présentaient des phénotypes cliniques prononcés, notamment une locomotion perturbée et une faiblesse et une atrophie des muscles squelettiques à l'échelle du corps, ainsi qu'une augmentation des taux sériques de créatine kinase. **La faiblesse musculaire a été observée dès l'âge d'un mois, les dysfonctionnements respiratoires et cardiaques sont apparus au sixième mois, et la durée de vie maximale a été de 29,9 mois.** Les évaluations histopathologiques ont confirmé une déficience en dystrophine et une pathologie dystrophique prononcée dans les tissus squelettiques et myocardiques, démontrant que ces animaux constituent un modèle sans précédent pour l'étude de la DMD humaine. Ce modèle constitue un outil distinct et crucial pour la recherche biomédicale, car il permet de comprendre en profondeur la progression de la maladie et d'améliorer les évaluations thérapeutiques, avec le potentiel d'influencer les approches thérapeutiques à venir.

Cette analyse porte sur [l'épilepsie dans les dystrophies musculaires de Duchenne et de Becker](#). Cette étude a révélé une prévalence de l'épilepsie supérieure à celle de la population générale (1,4% ; intervalle de confiance à 95% : 0,7-3,2%), mais nettement inférieure à celle rapportée précédemment dans des cohortes de dystrophinopathies plus petites. Aucune différence significative n'a été constatée dans la prévalence de l'épilepsie entre la DMD et la BMD ou en fonction des génotypes sous-jacents. Les troubles cognitifs n'ont pas été associés à des taux d'épilepsie plus élevés. Les types d'épilepsie les plus répandus dans les dystrophinopathies ressemblent à ceux observés dans la population pédiatrique plus large, la plupart des individus étant contrôlés efficacement par une monothérapie. Interprétation : **La prévalence réelle de l'épilepsie dans les dystrophinopathies pourrait être nettement inférieure aux estimations précédentes, peut-être de moitié ou même moins.** Cette étude fournit des informations précieuses sur le paysage de l'épilepsie chez les personnes atteintes de dystrophinopathie, ce qui aura un impact sur les soins médicaux, en particulier pour les personnes souffrant d'épilepsie concomitante.



## Identification des isoformes de Dp71



Selon González-Reyes M, Aragón J, Sánchez-Trujillo A, Rodríguez-Martínez G, Duarte K, Eleftheriou E, Barnier JV, Naquin D, Thermes C, Romo-Yáñez J, Roger JE, **Rendon A, Vaillend C**, Montanez C. Mol Neurobiol. 2024 May 28

Cet article résume [l'état des lieux concernant l'expression des variantes d'épissage de la dystrophine Dp71 est régulée temporellement au cours du développement du cerveau des rongeurs](#). La dystrophine Dp71 est le principal produit du gène de la dystrophie musculaire de Duchenne (DMD) dans le cerveau, et sa perte chez les patients DMD et les modèles de souris entraîne des troubles cognitifs. La Dp71 est exprimée sous la forme d'une série de protéines générées par épissage alternatif des exons 71 à 74 et 78, classées dans les groupes principaux Dp71d et Dp71f qui contiennent des extrémités C-terminales spécifiques. Cependant, on ne sait pas si chaque isoforme a un rôle spécifique dans des types de cellules, des régions cérébrales et/ou des stades de développement du cerveau distincts. Dans la présente étude, nous avons caractérisé l'expression des isoformes de Dp71 au cours du développement cérébral fœtal (E10.5, E15.5) et postnatal (P1, P7, P14, P21 et P60) de la souris et du rat. Nous avons finement quantifié l'expression de plusieurs transcrits de la Dp71 par RT-PCR et essais de clonage dans des échantillons de cerveau entier et de structures cérébrales distinctes. Les transcrits Dp71 suivants ont été détectés : Dp71d, Dp71d $\Delta$ 71, Dp71d $\Delta$ 74, Dp71d $\Delta$ 71-74, Dp71f, Dp71f $\Delta$ 71, Dp71f $\Delta$ 74, Dp71f $\Delta$ 71,74 et Dp71f $\Delta$ 71-74. Avec ce travail il est ainsi constaté que l'isoforme Dp71f est le principal transcrit exprimé à E10.5 (> 80%), tandis que son expression est ensuite progressivement réduite et remplacée par l'expression des isoformes du groupe Dp71d à partir de E15.5 jusqu'aux âges postnatal et adulte. Cette découverte majeure a été confirmée par le séquençage nanopore de troisième génération. En outre, il fut constaté que le niveau d'expression d'isoformes spécifiques de Dp71 varie en fonction des stades postnataux et de la structure du cerveau. **Ces résultats suggèrent que les isoformes de Dp71 ont des rôles différents et complémentaires au cours du développement embryonnaire et postnatal du cerveau, participant probablement à une variété de processus de maturation dans des types cellulaires distincts.** Une illustration présentée ci-contre permet l'identification des isoformes de Dp71. Il s'agit des différents schémas montrant la composition des exons pour chacun des groupes



Dp71d et Dp71f afin de conduire à l'identité propre de chacune des isoformes de Dp71 trouvées dans ce travail.

Selon cette analyse il existe [une nouvelle stratégie pour le dépistage génétique prénatal des variations du nombre de copies dans le gène DMD](#) : **Une grande étude de cohorte basée sur l'analyse NIPT (Non Invasive Prenatal Testing)**. Avec cette étude, il est mis en œuvre une méthode développée par nos soins pour détecter les CNV (Copy Number Variant) maternels. Il est ainsi ré-analysé 135 047 échantillons NIPT collectés à « l'hôpital Nanjing Maternity and Child Health Care » et à l'hôpital municipal de Suzhou entre janvier 2017 et décembre 2021 pour identifier les CNV maternels dans le gène DMD . Au total, 224 CNV maternels dans le gène DMD ont été identifiés.