

厚生労働科学研究費補助金

(難治性疾患等実用化研究事業(難治性疾患実用化研究事業))

遠位型ミオパチーにおける N-アセチルノイラミン酸
の薬物動態の検討及び第 2/3 相試験

平成 25 年度～26 年度 総合研究報告書

研究代表者 青木 正志

東北大学大学院医学系研究科 神経内科学

平成 27 年 3 月 印刷

目 次

・ 総合研究報告書

遠位型ミオパチーにおける N-アセチルノイラミン酸の薬物動態の検討 及び第 2/3 相試験-----	1
東北大学大学院医学系研究科 神経内科学 青木正志	

・ 分担研究報告書

1. GNE ミオパチー治療薬開発の国際状況把握とバイオマーカー探索-----	7
国立精神・神経医療研究センター神経研究所 疾病研究第一部 西野一三	
2. 薬物動態試験に関わる業務及び生殖毒性試験の委託業務-----	13
ノーベルファーマ株式会社 医薬品開発 研究開発本部 島崎茂樹	

・ 研究成果の刊行に関する一覧表-----19

・ 研究成果に関する刊行物-----21

・ 研究者一覧

厚生労働科学研究費補助金
(難治性疾患等実用化研究事業(難治性疾患実用化研究事業))
総合研究報告書

「遠位型ミオパチーにおける N-アセチルノイラミン酸の薬物動態の検討
及び第 2/3 相試験」

研究代表者：青木 正志
東北大学 大学院医学系研究科 神経内科学 教授

研究要旨

縁取り空胞を伴う遠位型ミオパチーという希少筋疾患は、体幹から離れた部位から筋肉が萎縮、変性し次第に体の自由が奪われていく有効な治療法のない難病である。最近、この疾患に N-アセチルノイラミン酸が奏効する可能性の高いことが、国立精神・神経医療研究センターにより世界に先駆けて見出された。

現在まで、公的資金の助成等により、治験薬 GMP に準拠した原薬・製剤の製造、長期投与に必要な非臨床試験がほぼ終了し、東北大学病院では患者を対象とした医師主導第 2 相試験を実施した。この試験では総 N-アセチルノイラミン酸濃度を測定し、尿中排泄量の増加は確認できたが血清中濃度の上昇は確認できなかった。この結果を受けて、国内開発企業の米国の提携先は、生理的に僅かに存在する遊離 N-アセチルノイラミン酸を測定する患者対象第 3 相試験を実施し、用量依存の血清中濃度上昇を確認した。日米の成績を基に、米・イスラエルで第 3 相試験が実施され、安全性に問題なく上肢筋力の維持などから有効性が示唆された。

我々の第 2 相試験は普通製剤で検討したが、25 年度から海外で使用した徐放錠にて医師主導第 3 相試験を行い安全性及び薬物動態を検討した。今後 27 年度に国際共同第 3 相試験に加わる予定である。この国際共同試験は日本人患者での POC 試験でもあり、国内では事実上第 3 相試験の位置づけになると考えている。

本研究は日本で見出されたシーズを採算の取りにくい希少疾病医薬品として開発することから、その実用化には官民学の協力関係が不可欠である。折しも厚生労働省ではウルトラオーファンドラッグの開発支援を始めたところであり、本研究はその好例となりうるものと考えている。なお 24 年度までの本事業は文科省の橋渡し研究加速ネットワークプログラムの支援で行った。

研究分担者

西野一三 (国立精神・神経医療研究センター神経研究所、疾病研究第一部)

島崎茂樹 (ノーベルファーマ株式会社、医薬品開発 研究開発本部)

割田 仁 (東北大学大学院医学系研究科、神経内科学)

加藤昌昭 (東北大学病院、神経内科)

A. 研究目的

本研究では、国立精神・神経医療研究センターの西野らの成果をもとに、我々が世界で初めて実施した第 2 相試験等の成果を踏まえ実施された海外第 2 相試験の最高用量で第 3 相試験を平成 25 年度に実施する。さらに海外で実施中の第 3 相試験の結果を検討し、平成 27 年度に国際共同治験

として第 1 相試験を開始することにより日本人患者で POC を確認し、海外と同時期の承認取得を目指すものである。

なお生殖毒性試験等必要な非臨床試験を 25-26 年度にかけて実施する。

我々の実施した第 1 相試験では生理的に蛋白等と結合しているものを含めた総 N-アセチルノイラミン酸濃度を測定し、尿中排泄量の増加は確認できたが血清濃度の上昇は確認できなかった。この結果を受けて、国内開発企業の米国の提携先は、生理的に僅かに存在する遊離 N-アセチルノイラミン酸のみを測定する患者対象第 1 相試験を実施し、用量依存の血清中濃度上昇を確認した。国内外の成績をもとに、米国では有効性、安全性を確認する第 1 相試験が実施されることとなった。

縁取り空胞を伴う遠位型ミオパチーという筋疾患は、体幹から離れた部位から筋肉が萎縮・変性し次第に体の自由が奪われていく難病で、今のところ治療手段はない。本疾患の患者では、N-アセチルノイラミン酸の生合成経路の重要な酵素である GNE/MNK をコードする GNE 遺伝子に変異がある。西野らは、本疾患のモデルマウスを GNE KO マウスとヒト GNE 遺伝子の D176V 変異トランスジェニックマウスの掛け合わせにより作製したが、他の研究グループの疾患モデル動物と異なり、成長に伴いヒトの病態を忠実に再現する。西野らは、このマウスにより N-アセチルノイラミン酸の予防効果を示し、世界で初めて治療法の糸口を提示した。この成果は Nature Medicine (15(6)690-5, 2009) に掲載され、特許も出願された。

これまで公的資金の助成も受け、治験薬 GMP に準拠した原薬・製剤の製造、ラット及びイヌの慢性毒性、ラット及びウサギの胚・胎児発生、安全性薬理、ラット薬物動態などの試験を実施し、公表された情報も

含めると、一部の生殖毒性試験を除き必要な非臨床試験は終了した。プロトコル開発等を含め 24 年度までの本事業は文科省の橋渡し研究加速ネットワークプログラムの支援で行った。

B . 研究方法

追加第 1 相試験の実施

GNE 遺伝子変異を確認できている縁取り空胞を伴う遠位型ミオパチーの患者を対象に 6000mg/日を7日間まで投与し、安全性と薬物動態を検討する。前回我々は2400mg/日、5日間まで検討し、これを受けて海外では 6000mg/日、7日間までを検討後、第 1 相試験に移行した。また、前回は普通製剤を使用し、総N-アセチルノイラミン酸を測定したが、今回は海外試験と同じ徐放製剤を使用し、遊離N-アセチルノイラミン酸を測定する。3例に1回2000mgを単回投与、別の3例に1日3回投与、次いで原則としてその中から3例に1日3回を7日間投与する。薬物動態では、非投与時と比較した血清中遊離N-アセチルノイラミン酸濃度の変化、尿中総及び遊離N-アセチルノイラミン酸排泄量の変化から治験薬の吸収を確認する。血清中濃度測定は単回及び1日3回投与時が、それぞれ投与前日及び投与日の推移と投与翌日朝までの19時点/例、7日間投与時が投与開始前日、投与開始日及び7日目の推移と2~6日目及び投与終了翌日それぞれの朝の30時点/例であり、計204検体となる。尿中濃度は血清中濃度と同じ日程で1日を2回に分けて蓄尿し、計42検体について総及び遊離N-アセチルノイラミン酸濃度を測定する。血液検査、血液生化学検査等の臨床検査は単回

及び1日3回投与時が3回、7日間投与時が4回の測定となる。他に必要な理学的検査、心電図測定、心エコーを実施する。

第 / 相試験の実施(国際共同第 相試験への参画)

プラセボ対照二重盲検、我が国の例数は20例以上、6カ月又は1年投与、評価指標は以下の第 相試験と同様だが、その結果を踏まえ新たな項目を追加するなどして決定する。

現在国内開発企業の協業先が米国及びイスラエルで第 相試験を実施している。低用量3000mg/日、高用量6000mg/日及びプラセボを各15例、24週投与のあと、実薬群は同用量で、プラセボ群は実薬2群に振り分け、更に24週継続投与する。評価指標は血清中遊離N-アセチルノイラミン酸濃度、投与前後の筋生検と筋組織のシアリル化の程度、6分間歩行、筋力計で測定した筋力、患者の自覚症状等。平成25年7月、本試験の中間解析において、安全性に問題なく一部の筋肉群でプラセボと比較して用量依存の筋力の改善が認められ有効性が示唆されたが、疾患の進行に比べ試験の投与期間が短いので、さらに投与を継続し認められた治療効果の維持或いは増強を確認することとなった。

実施中の海外第 相試験の患者と我が国の患者では同じ遺伝子の変異でも変異箇所が異なることより、上記第 相試験は日本人患者でのPOC試験でもあり、また海外第 相試験のみでは有効性について明解な結論が得られない(POCが確立できない)可能性も

あることより、国内では事実上第 相試験でなく第 / 相試験の位置づけになると考えた。

薬事戦略相談の指摘に従い生殖毒性試験(ICH-study1)を上記第 / 相試験開始前に実施する。

25-26年度に実施した医師主導第 相試験は、研究代表者 青木正志が自ら治験を実施するものとして東北大学病院神経内科にて行った。研究協力者は同科 割田仁、加藤昌昭が治験分担医師として参画し、臨床研究推進センターの協力も得て、医薬品の臨床試験の実施の基準(GCP)に準拠した治験を実施する。他に、本治療法の発見者である国立精神・神経医療研究センター 西野一三が医薬専門家として、国内開発企業から島崎茂樹が治験薬提供者、非臨床試験担当として参画する。また、上記国際共同治験は、日本では当院単独になるか複数の医療機関が参加することになるか等具体的な体制は未定であるが、本学においては第 相試験と同様な体制で臨み治験を実施する。

(倫理面への配慮)

追加第 相試験は医師主導治験として実施する。したがってGCPに準拠して試験を実施する。その後の臨床試験は医師主導となるか、企業治験となるかは未定であるが、やはりGCPに準拠して試験を実施する。すなわち、試験実施に先立ち、治験責任医師は、治験実施計画書、同意説明文書等の必要文書を作成し、治験審査委員会の審議を経て治験実施医療機関の長の承認を得る。また、

治験責任(分担)医師は、治験に参加する意思のある志願者に治験の参加に先立ち、同意説明文書を用いて十分に説明し、自由意思による参加の同意を文書により得る。その他、GCPで規定されている事項を順守し、被験者の人権の保護、安全の保持及び福祉の向上を図り、治験の科学的な質及び成績の信頼性を確保する。

C. 研究結果

25-26年度に追加第 相試験を実施した。GNE遺伝子変異を確認できている縁取り空胞を伴う遠位型ミオパチーの患者を対象に、安全性と薬物動態を検討した。今回は海外試験と同じ徐放製剤を使用し、薬物動態では特に遊離N-アセチルノイラミン酸を測定した。3例に1回2000mgを単回投与、別の3例に1日3回投与、次いで原則としてその中から3例に1日3回を7日間投与するが、特に問題なく終了し、結果を解析している段階である。

一方、国内開発企業の協業先が米国及びイスラエルで第 相試験を実施している。低用量3000mg/日、高用量6000mg/日及びプラセボを各15例、24週投与のあと、実薬群は同用量で、プラセボ群は実薬2群に振り分け、更に24週継続投与する。評価指標は血清中遊離N-アセチルノイラミン酸濃度、投与前後の筋生検と筋組織のシアリル化の程度、6分間歩行、筋力計で測定した筋力、患者の自覚症状等であった。本試験の解析では安全性に問題なく一部の筋肉群でプラセボと比較して用量依存の筋力の改善が認められ有効性が示唆された。現在、国際共同第

相試験に向け準備中である。

また薬事戦略相談に基づき、生殖毒性試験（ICH-study1）を実施中であり、平成26年度にかけて生殖毒性試験（ICH-study2）等必要な非臨床試験を行い、生殖発生毒性のリスクが少ないことを確認した（島崎の項参照）。

D. 考察

追加第 相試験では重篤な有害事象は認められなかった。我が国ではPOC試験は未実施であり、国際共同第 相試験に加わることは、POC試験と検証試験を同時に実施することに相当する。この試験はプラセボ対照二重盲検比較試験で、欧米を中心に国内開発企業の米国の協業先である製薬企業が実施する。総数80例を対象とし48週間投与し1日6gをプラセボと比較するが、我が国ではうち10例を実施する予定である。評価系は筋力計で測定した上下肢筋力の合計スコア、この縁取り空胞を伴う遠位型ミオパチーのために開発された患者報告アウトカム評価としてGNEミオパチー機能評価尺度、血清中遊離N-アセチルノイラミン酸濃度、6分間歩行、患者の自覚症状等である。同じ施設で総数20-25例の歩行不能患者を対象にオープン試験も実施し、日本ではうち4例を実施する予定である。

本研究は日本で見出されたシーズを採算の取りにくい希少疾病医薬品として開発することから、その実用化には官民学の協力関係が不可欠である。厚生労働省ではウルトラオーファンドラッグの開発支援を強化しているが、本研究はその好例となりうるものと考えている。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究発表

Izumi R, ... Aoki M. GNE myopathy associated with congenital thrombocytopenia: a report of two siblings. *Neuromuscul Disord.* 24:1068-72, 2014

Nishino I, Carrillo-Carrasco N, Argov Z: GNE myopathy: current update and future therapy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* [Epub Jul 2014] ahead of print

Mori-Yoshimura M, Hayashi YK, Yonemoto N, Nakamura H, Murata M, Takeda SI, Nishino I, Kimura E: Nationwide patient registry for GNE myopathy in Japan. *Orphanet J Rare Dis.* 9(1): 150, Oct, 2014 [Online journal]

Cho A, Hayashi YK, Monma K, Oya Y, Noguchi S, Nonaka I, Nishino I: Mutation profile of the GNE gene in Japanese patients with distal myopathy with rimmed vacuoles (GNE myopathy). *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 85(8): 914-917, Aug, 2014

Huizing M, Carrillo-Carrasco N, Malicdan MC, Noguchi S, Gahl WA, Mitran-Rosenbaum S, Argov Z, Nishino I: GNE myopathy: New name and new mutation nomenclature. *Neuromuscul Disord.* 24(5): 387-389, 2014

Mori-Yoshimura M, Oya Y, Yajima H, Yonemoto N, Kobayashi Y, Hayashi YK, Noguchi S, Nishino I, Murata M: GNE myopathy: A prospective natural history study of disease progression. *Neuromuscul Disord.* 24(5): 380-386, 2014

Izumi R, Niihori T, Aoki Y, Suzuki N, Kato M, Warita H, Takahashi T, Tateyama M, Nagashima T, Funayama R, Abe K, Nakayama K, Aoki M, Matsubara Y. Exome sequencing identifies a novel TTN mutation in a family with hereditary myopathy with early respiratory failure. *J Hum Genet.* 2013; 58:259-66

Takahashi T, Aoki M, Suzuki N, Tateyama M, Yaginuma C, Sato H, Hayasak

a M, Sugawara H, Ito M, Abe-Kondo E, Shimakura N, Ibi T, Kuru S, Wakiyama T, Sobue G, Fujii N, Saito T, Matsumura T, Funakawa I, Mukai E, Kawanami T, Morita M, Yamazaki M, Hasegawa T, Shimizu J, Tsuji S, Kuzuhara S, Tanaka H, Yoshioka M, Konno H, Onodera H, Itoyama Y. Clinical features and a mutation with late onset of limb girdle muscular dystrophy 2B. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2013; 84(4):433-40.

Mori-Yoshimura M, Monma K, Suzuki N, Aoki M, Kumamoto T, Tanaka K, Tomimitsu H, Nakano S, Sonoo M, Shimizu J, Sugie K, Nakamura H, Oya Y, Hayashi YK, Malicdan MC, Noguchi S, Murata M, Nishino I. Heterozygous UDP-GlcNAc 2-epimerase and N-acetylmannosamine kinase domain mutations in the GNE gene result in a less severe GNE myopathy phenotype compared to homozygous N-acetylmannosamine kinase domain mutations. *J Neurol Sci.* 2012; 318: 100-5.

Stenzel W, Nishino I, von Moers A, Kadry MA, Glaeser D, Heppner FL, Goebel HH: Juvenile autophagic vacuolar myopathy – a new entity or variant? *Neuropathol Appl Neurobiol.* 39(4): 449-453, Jun, 2013

Mori-Yoshimura M, Okuma A, Oya Y, Fujimura-Kiyono C, Nakajima H, Matsuyama K, Takemura A, Malicdan MC, Hayashi YK, Nonaka I, Murata M, Nishino I: Clinicopathological features of centronuclear myopathy in Japanese populations harboring mutations in dynam 2. *Clin Neurol Neurosurg.* 114(6): 678-683. Jul, 2012.

Ikeda-Sakai Y, Manabe Y, Fujii D, Kono S, Narai H, Omori N, Nishino I, Abe K: Novel Mutations of the GNE Gene in Distal Myopathy with Rimmed Vacuoles Presenting with Very Slow Progression. *Case Rep Neurol.* 4(2): 120-125, May, 2012

Malicdan MC, Noguchi S, Tokutomi T, Goto YI, Nonaka I, Hayashi YK, Nishino I: Peracetylated N-acetylmannosamine, a synthetic sugar molecule, effectively rescues muscle phenotype and biochemical defects in a mouse model of

sialic acid deficient myopathy. J Biol Chem. 287(4): 2689-2705, Jan, 2012

著書

Malicdan MC, Noguchi S, Nishino I: Function and mutations of the GNE gene leading to distal myopathy with rimmed vacuoles/ hereditary inclusion-body myopathy, animal models, and potential treatment. Muscle aging, inclusion-body myositis and myopathies. Askanas V (Editor), Engel WK (Editor), Wiley-Blackwell, New York, NY, USA, pp177-190, Feb, 2012

Argov Z, Nishino I, Nonaka I: GNE myopathy (hereditary inclusion-body myopathy/ distal myopathy with rimmed vacuoles): clinical features and epidemiology. Muscle aging, inclusion-body myositis and myopathies. Askanas V (Editor), Engel WK (Editor), Wiley-Blackwell, New York, NY, USA, pp191-198, Feb, 2012

Nishino I, Malicdan MC, Noguchi S: Sweetening the therapy for distal myopathy with rimmed vacuoles/hereditary inclusion body myopathy. Fifty Years of Neuromuscular Disorder Research after Discovery of Creatine Kinase as a Diagnostic Marker of Muscular Dystrophy: Proceedings of the Hideo Sugita Symposium. 武田伸一 (監修). 医学書院, 東京, pp46-55, 10.5, 2011

総説

Malicdan MC, Nishino I: Autophagy in lysosomal myopathies. Brain Pathol.

22(1): 82-88, Jan, 2012

学会発表

西野一三：次世代シークエンサーによる筋疾患遺伝子解析．第56回日本小児神経学会学術集会，静岡県浜松市(オークラアクトシティホテル浜松)，5.30, 2014(5.29-5.31)

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

1. 発明者：野口 悟 ,Malicdan MC, 西野一三

発明の名称：

非ヒト哺乳動物、その作製方法及びそれを用いた筋疾患用治療薬のスクリーニング方法

出願番号：特願第2006-144241号

2. 発明者：野口 悟 ,Malicdan MC, 西野一三

発明の名称：

GNEタンパク質の機能低下に起因する疾患の治療用医薬剤、食品組成物、食品添加物

出願番号：PCT/JP2010/058116

3. 発明者：野口 悟 ,Malicdan MC, 西野一三

発明の名称：タンパク質蓄積性筋疾患を治療するための医薬

出願番号：特願第 2011-042435 号

2. 実用新案登録

なし

厚生労働科学研究費補助金

(難治性疾患等実用化研究事業 (難治性疾患実用化研究事業))

遠位型ミオパチーにおける N-アセチルノイラミン酸の薬物動態の検討

及び第 2/3 相試験

分担研究報告書

GNE ミオパチー治療薬開発の国際状況把握とバイオマーカー探索

研究分担者：西野 一三¹⁾

共同研究者：野口 悟¹⁾

1)(独) 国立精神・神経医療研究センター

研究要旨

米国およびイスラエルの GNE ミオパチー研究者とのワークショップ等の機会を利用し、米国・イスラエルでの臨床試験実施状況を把握した。米国・イスラエルでは、ベンチャー企業による N-アセチルノイラミン酸徐放剤を用いた第 相臨床試験が行われ良好な結果が得られていると報告されている。また米国 NIH では ManNAc を利用した治療法開発を目指すべく、第 相試験が行われている。N-アセチルノイラミン酸よりも吸収が遅いことが確認され、治療薬として有望であるとみられている。本邦では、遺伝子診断で GNE ミオパチーとの診断が確定した例が 250 例を越えたとみられ、恐らく 300 例以上の患者が本邦に存在しているだろうと推測される。

さらなるシアル酸化合物のシーズ探索、薬物動態および治療効果の探索のため、細胞内シアル酸測定法の改良を行った。これまでの細胞総シアル酸の変化測定に代わり、細胞内の CMP-NeuAc の測定が投与シアル酸の取り込みをよく反映すると考えられた。また、新規バイオマーカーの探索研究を行うべく、GNE ミオパチー患者の唾液中のシアル酸を測定し、感度、再現性を解析した。これまでの血液でのシアル酸測定と合わせて議論を行った。

A. 研究目的

GNE ミオパチーに関して、国内外の治療法開発状況を明らかにする。シアル酸測定法を改良する。

B. 研究方法

2013 年 10 月に米国カリフォルニア州で開催された世界筋学会に合わせて、サンフラン

シスコにおいて日・米・イスラエルの GNE ミオパチー研究者が一同に会してクローズドのワークショップが開催され、診断ならびに治療法開発に関する現状報告が行われた。当該ワークショップならびに各種学会等での情報収集に努めるとともに、各種公開情報を検討した。

これまで、N-アセチルノイラミン酸の薬物

動態は血液、尿中のシアル酸を定量することで、また前臨床研究における治療効果測定では、組織、細胞の総シアル酸を測定することが行われてきた。しかしながら、投与化合物が組織細胞内に取り込まれ、シアル酸合成に使われている量を、正確にかつリアルタイムで、定量測定することは行われて来なかった。本研究では細胞内のシアル酸合成の最終産物の CMP-NeuAc の測定を試みた。細胞内の CMP-NeuAc の測定は、ヒト正常コントロール及び GNE ミオパチー線維芽細胞をウシ胎仔血清添加培地及び非添加培地、5mM N-アセチルノイラミン酸、または 5mM ManAc 添加培地にて、3 日間培養した。細胞を回収後、エタノール抽出物を Envi-Carb column にてイオンペア固相抽出し、さらにイオンペア逆相クロマトグラフィーにて解析した。CMP-NeuAc の定量は標準物質との比較により行った。

また、GNE ミオパチー患者 11 名より、25 検体の唾液サンプルを解析した。唾液は国立精神・神経医療研究センター病院への検査入院時、早朝食事前に、サリソフトにて、採取した。採取後は、一旦 4℃ に保管し、遠心分離後、-20℃ にて保管した。シアル酸量は、加水分解後 1,2-Diamino-4,5-methylenedioxy-benzene (MDB) にて誘導体化し、HPLC にて測定した。タンパク量は、BCA 法にて、牛血清アルブミンをスタンダードとして測定した。

(倫理面への配慮)

DMRV 患者を対象とした研究では、遺伝子解析の結果を含む情報を登録することについてのインフォームド・コンセントを同意書と

して得ることを必須とするとともに、研究対象者となる者が研究対象者となることを拒否できるよう十分に配慮した。取り扱う情報は、遺伝子解析の結果を含む個人情報であり個人情報管理については十分な配慮を行った。本研究は厚生労働省・文部科学省「疫学研究に関する倫理指針」を準拠し、行政機関の保有する個人情報の保護に関する法律を遵守した。

C. 研究結果

米国・イスラエルでは、ベンチャー企業による N-アセチルノイラミン酸徐放剤を用いた第 Ⅲ 相臨床試験が行われており、すでに 48 週間投与後のデータについて、当該ベンチャーのプレスリリース発表が行われた

([http://files.shareholder.com/downloads/AMDA-2CDCD3/2939518627x0x715743/480663d0-7d46-42df-93f9-dd6291725040/Ultra-genyx Announces Results from Phase 2 Study of Sialic Acid Extended-Release Treatment in Hereditary Inclusion Body Myopathy.pdf](http://files.shareholder.com/downloads/AMDA-2CDCD3/2939518627x0x715743/480663d0-7d46-42df-93f9-dd6291725040/Ultra-genyx%20Announces%20Results%20from%20Phase%20Study%20of%20Sialic%20Acid%20Extended-Release%20Treatment%20in%20Hereditary%20Inclusion%20Body%20Myopathy.pdf))

。若干の筋力および機能改善が見られたとされている。効果は 3g 投与群よりも 6g 投与群でより顕著であった。この結果は、本邦で臨床試験を継続していくにあたり、極めて勇気づけられる結果である。また、この第 Ⅲ 相試験の結果を踏まえて、2015 年中にグローバル第 Ⅲ 相試験が実施されることも最近報告された。本邦がこの流れにしっかりと歩調を合わせていくことが必須であると考えられる。

上述の GNE ミオパチーワークショップにおいては、米国 NIH グループから ManNAc での第 Ⅲ 相試験の結果も報告された。正式な報告はなされていないため、詳細を記載することはできないが、N-アセチルノイラミン酸と比較して消化管から血中への移行が遅く、

ゆっくりと代謝されるようであり、N-アセチルノイラミン酸の徐放剤と同様の効果が期待できると考えられた。

当該ワークショップでは、各国での患者数についても議論が行われた。本邦では、すでに国立精神・神経医療研究センターだけで200名以上の日本人患者の遺伝学的診断を確定している(Cho A, Hayashi YK, Monma K, Oya Y, Noguchi S, Nonaka I, Nishino I: Mutation profile of the *GNE* gene in Japanese patients with distal myopathy with rimmed vacuoles (GNE myopathy). *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 85(8): 914-917, Aug, 2014)。他施設で診断されている例が50例以上あることを踏まえると、恐らく本邦には300例以上の患者が存在することが予想される。また、*GNE*遺伝子の新たなトランスクリプトが見いだされて変異記載方法に混乱が生じていることが確認された。その後の議論を通じて、統一的な記載方法を提唱することが決まった。この詳細については、*Neuromuscular Disorders*誌にLetterとして掲載された(Huizing M, Carrillo-Carrasco N, Malicdan MC, Noguchi S, Gahl WA, Mitrani-Rosenbaum S, Argov Z, Nishino I: *GNE* myopathy: New name and new mutation nomenclature. *Neuromuscul Disord*. 24(5): 387-389, May, 2014 [Epub Mar 2014])。また、治療法開発の現状と各国での患者数、患者レジストリなどの状況について日・米・イスラエルが共同で総説を記述して公表した(Nishino I, Carrillo-Carrasco N, Argov Z: *GNE* myopathy: current update and future therapy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. [Epub Jul 2014] ahead of print)。細胞内 CMP-NeuAc 濃度は、コントロール

正常細胞では、ウシ胎仔血清添加培養下で 525 ± 98 pmol/mg タンパク質であり、血清非添加で 341 ± 37 pmol/mg タンパク質、N-アセチルノイラミン酸添加で 1373 ± 495 pmol/mg タンパク質、ManNAc 添加で 1749 ± 293 pmol/mg タンパク質であった。GNE ミオパチー細胞では、ウシ胎仔血清添加培養下で、 409 ± 83 pmol/mg タンパク質であり、血清非添加では 203 ± 30 pmol/mg タンパク質、N-アセチルノイラミン酸添加では 1676 ± 132 pmol/mg タンパク質、ManNAc 添加では 1592 ± 109 pmol/mg タンパク質であった。

25 検体での唾液中のシアル酸濃度は、 218.7 ± 121.0 pmol/ul であった。タンパク質含量での補正值は、 137.3 ± 49.7 pmol/ug タンパク質であった。同一患者由来のサンプルでの測定では、エラー率はそれぞれ、0.23, 0.10, 0.26 と、再現性の高い値が得られた。

D: 考察

米国・イスラエルで行われている N-アセチルノイラミン酸徐放剤による第 相臨床試験には治療効果が認められているようであり、極めて勇気づけられる。有効性が認められる理由には高用量を用いていることに加えて、徐放剤を用いていることが影響しているのではないかと推察される。本申請研究においても、同様の徐放剤を用いた臨床試験が行われており、承認へ向けた治療薬開発戦略として正しい方向性を示していると考えられた。さらに最近、2015 年中のグローバル第 相試験実施が発表されたが、本邦がこの流れにしっかりと歩調を合わせて、第 相試験に参加する形で諸外国に後れを取ることなく、シアル酸製剤の上市が行われることを強く願う。

米国 NIH が行っている ManNAc による臨

床試験では、徐放剤と同様に吸収が遅いことが確認され、治療薬として有望であるとみられる。一日も早い治療剤開発を待つ GNE ミオパチー患者にとっては朗報である。

細胞内 CMP-NeuAc 濃度を再現性よく測定する系を確立した。1X10⁶ 個程度の細胞数にて測定が可能であった。また、細胞のシアリル化に比べて、より鋭敏にかつリアルタイムで、培養時の細胞内でのシアル酸濃度を反映しているものと考えられた。今後は、ヒト患者での血球細胞内シアル酸濃度の測定に応用することで、N-アセチルノイラミン酸の薬物動態や治療効果の簡便な予測にも役立つものと考えられた。

唾液中のシアル酸の解析では、シアル酸濃度 218.7 ± 121.0 pmol/ul のエラー率 0.55、タンパク質あたりでは、 137.3 ± 49.7 pmol/ug : エラー率 0.36 であった。以前 44 名の患者で測定した血清中のシアル酸濃度、 396.8 ± 178.9 pmol/ul : エラー率 0.45 に比較して、タンパク質で解析すれば、誤差が小さいと言える。これは、唾液検体がシアル酸の測定に適した検体であることを示している。さらに、容量あたりの含量は、一方、これらのデータは、唾液中に含まれるタンパク含量の違いによると考えられ、唾液中のタンパク含量の変化によるシアル酸合成量が気にかかることである。しかしながら、同時に唾液中に存在するシアル酸はタンパク質に結合して存在している可能性をも示していると思われる。このことは、治療が進行中の患者における投与シアル酸薬物動態の解析において重要である。唾液中のシアル酸測定は、血液での投与シアル酸の代謝量とは、独立かつ同時に、その患者がもつシアル酸生合成能を測定しうるものと考えている。つまり、長期シアル酸投与によ

るシアリル化の治療効果を推定しうる事が出来る。

さらに、同一の患者において、異なる日に得られた唾液サンプル間のエラー率は極めて小さい(0.1-0.26)ことがわかった。血液検体では、反復的な採取が難しいため、再現性の試験は行っていないが、少なくとも、唾液サンプルは血液にも劣らない再現性を示すものと考えている。血液中のシアル酸は主に肝臓で合成され、唾液は顎下腺で合成されるのであるが、これらのサンプル間でのシアル酸量変化の特性は興味深いところである。今後は、さらに解析検体を増やす、実際のシアル酸の状態(遊離型、タンパク結合型、脂質結合型)を解析する、血液サンプルとの関連および違いなどバイオマーカーとしての特性を調べるなどの必要がある。

E. 結論

米国・イスラエルにおいては製薬ベンチャー主導で N-アセチルノイラミン酸徐放剤を用いた第 相臨床試験が行われ有望な結果がでていいる。本邦でも、同様の徐放剤を用いた開発が進められつつあることは正しい方向性を示しているものと考えられる。恐らく、本邦にはこれまで考えられてきたよりも多い 300 名以上の患者が存在すると推測される。2015 年中に開始予定のグローバル第 相試験に、本邦も参加してシアル酸製剤の上市が諸外国に遅れることのないようにすることが必須である。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

Nalini A, Gayathri N, Nishino I, Hayashi YK: GNE myopathy in India. *Neurol India*. 61(4): 371-374, 2013

Nemazanyy I, Blaauw B, Paolini C, Caillaud C, Protasi F, Mueller A, Proikas-Cezanne T, Russell RC, Guan KL, Nishino I, Sandri M, Pende M, Panasyuk G: Defects of Vps 15 in skeletal muscles lead to autophagic vacuolar myopathy and lysosomal disease. *EMBO Mol Med*. 5(6): 870-890, 2013 [Epub 2013 Jun]

Stenzel W, Nishino I, von Moers A, Kadry MA, Glaeser D, Heppner FL, Goebel HH: Juvenile autophagic vacuolar myopathy – a new entity or variant? *Neuropathol Appl Neurobiol*. 39(4): 449-453, 2013

Nishino I, Carrillo-Carrasco N, Argov Z: GNE myopathy: current update and future therapy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. [Epub Jul 2014] ahead of print

Mori-Yoshimura M, Hayashi YK, Yonemoto N, Nakamura H, Murata M, Takeda SI, Nishino I, Kimura E: Nationwide patient registry for GNE myopathy in Japan. *Orphanet J Rare Dis*. 9(1): 150, Oct, 2014 [Online journal]

Cho A, Hayashi YK, Monma K, Oya Y, Noguchi S, Nonaka I, Nishino I: Mutation profile of the *GNE* gene in Japanese patients with distal myopathy with rimmed

vacuoles (GNE myopathy). *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 85(8): 914-917, Aug, 2014

Huizing M, Carrillo-Carrasco N, Malicdan MC, Noguchi S, Gahl WA, Mitrani-Rosenbaum S, Argov Z, Nishino I: GNE myopathy: New name and new mutation nomenclature. *Neuromuscul Disord*. 24(5): 387-389, May, 2014 [Epub Mar 2014]

Mori-Yoshimura M, Oya Y, Yajima H, Yonemoto N, Kobayashi Y, Hayashi YK, Noguchi S, Nishino I, Murata M: GNE myopathy: A prospective natural history study of disease progression. *Neuromuscul Disord*. 24(5): 380-386, May, 2014 [Epub Feb 2014]

2. 学会発表

西野一三：次世代シーケンサーによる筋疾患遺伝子解析 .第 56 回日本小児神経学会学術集会，静岡県浜松市(オークラアクトシティホテル浜松)，5.30, 2014(5.29-5.31)

H. 知的所有権の取得状況（予定を含む）

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

厚生労働科学研究費補助金
(難治性疾患等実用化研究事業(難治性疾患実用化研究事業))
遠位型ミオパチーにおける N-アセチルノイラミン酸の薬物動態の検討
及び第 2/3 相試験
分担研究報告書

薬物動態試験に関わる業務及び生殖毒性試験の委託業務

研究分担者：島崎茂樹¹⁾

1) ノーベルファーマ株式会社

研究要旨

N-アセチルノイラミン酸の薬物動態試験の実施にあたり、業務の一部を担当した。即ち海外協業先より輸入した徐放製剤を治験薬として提供し、その関連追加情報を提供した。また本試験に関わるモニタリング業務を担当し、データマネジメント業務、GCP 監査業務、統計解析業務、薬物濃度測定業務については、外部機関への委託を担当した。さらに、PMDA との薬事戦略相談において指導指示のあった生殖発生毒性試験を外部機関への業務委託により実施し、N-アセチルノイラミン酸は生殖発生毒性のリスクが低いことを確認した。

A：研究目的

研究代表者青木正志教授が実施する N-アセチルノイラミン酸の医師主導薬物動態試験における治験薬及びその情報の提供並びに治験実施にあたり必要な業務を当社にて或いは委託により実施することにより、薬物動態試験の一部を分担する。さらに必要な生殖発生毒性試験を実施することにより、本薬の生殖発生毒性のリスクを推定する。

B：研究方法

海外協業先より輸入した徐放製剤を治験薬として包装し提供する。また、その関連情報、非臨床試験成績の追加情報、海外臨床試験結果の情報を提供する。

また、GCP における「自ら治験を実施する者」であり、本研究の研究代表者でもある青

木正志教授の指名を受け、当社がモニタリング業務を行う。また、データマネジメント業務及び統計解析業務を株式会社応用ソフト開発に、GCP 監査業務を株式会社総合臨床メディアに、薬物濃度測定業務を Intertek USA Inc に当社より委託して実施する。測定委託先は当社の米国での協業先 Ultragenyx 社が現在実施中の臨床試験において測定を依頼している受託機関で、血清及び尿中遊離 N-アセチルノイラミン酸の測定ができる唯一の機関である。

さらに、薬事戦略相談において指摘を受け実施が必要になった次の非臨床試験を三菱化学メディエンス株式会社(現 株式会社 LSI メディエンス)に委託し実施する。即ち、ラットにおける受胎能及び着床までの初期胚発生に関する試験(ICH - study 1)、ラットに

おける出生前及び出生後の発生並びに母動物の機能に関する試験 (ICH - study 2) 及び先に実施したウサギにおける胚・胎児発生に関する試験 (ICH - study 3) の骨格検査を実施する。詳細を以下に示す。

ラットにおける受胎能及び着床までの初期胚発生に関する試験 (ICH - study 1)

N-アセチルノイラミン酸を 200、600 および 2000 mg/kg の用量で 1 群雌雄各 20 匹の Crl:CD(SD)ラットに 1 日 1 回経口投与する。投与期間は、雄で交配前 2 週間および交配期間中(最長 2 週間)並びに剖検前日(42 日間)まで、雌では交配前 2 週間および交配期間中(最長 2 週間)並びに妊娠 7 日までとする。

ラットにおける出生前及び出生後の発生並びに母動物の機能に関する試験 (ICH - study 2)

交尾を確認した雌各群 20 例に 1 日 1 回、妊娠 6 日から分娩後 20 日まで経口投与する。投与量は 200、600 および 2000 mg/kg とし、対照群には同容量の注射用水を投与する。生まれた F1 胎児は、生後の行動・学習能の発達を観察し、また、10 週齢以降において生殖能の検査として同用量群内の雌雄を交配させ、生まれた F2 胎児への影響も観察する。

ウサギにおける胚・胎児発生に関する試験 (ICH - study 3) の骨格検査

昨年度実施したウサギにおける胚・胎児発生に関する試験 (ICH - study 3) において胎児骨格標本を作成したが、その検査が未実施であったので実施し、胎児の発生に及ぼす影響を検討する。

(倫理面への配慮)

以下のように倫理面に配慮して実施する。

N-アセチルノイラミン酸の薬物動態試験は「医薬品の臨床試験の実施の基準に関する省令」(GCP)(平成 9 年 3 月 27 日厚生省令第 28 号、最終改正 平成 24 年 12 月 28 日厚生省令 161 号)に準拠して実施する。

非臨床試験は厚生省令第 21 号「医薬品の安全性に関する非臨床試験の実施の基準に関する省令」(GLP)(平成 9 年 3 月 26 日、一部改正 厚生労働省令第 114 号、平成 20 年 6 月 13 日)に準拠して実施する。

C : 研究結果

N-アセチルノイラミン酸の薬物動態試験に関わる業務

治験薬及びその情報提供

当社の海外協業先である米国 Ultragenyx 社より、臨床試験で使用の徐放剤を輸入し、試験開始に先立ち治験薬として提供した。その製造記録も併せて提供した。また、前回実施した第 相試験以降に終了した非臨床試験(ラット 26 週毒性、イヌ 39 週毒性、ラット生殖発生毒性 (ICH study 3)、ラット薬物動態試験)及び海外第 相試験、海外第 相試験の情報を提供した。

モニタリング業務の実施

当社からモニター資格を有する適切な社内のモニターを青木教授に推薦し、その指名を受けた 2 名が本試験のモニターを担当した。

モニターは治験開始前の必須文書の確認、被験者の適格性の確認、治験薬の保管状況の確認、原資料と症例報告書の整合性の確認など、GCP 及び治験実施計画書に従い適切に治験が実施されているかを訪問等により調査し

た。

モニタリングごとに規定の書式にて青木教授に報告し、特に問題なく治験が実施されたことを確認している。

データマネジメント業務の委託による実施

委託先に依頼し実施した。今回の業務は変更された症例報告書の見本に従い再度情報入力データベースを作成し、提供された症例報告書情報の入力、目視チェック及びDCF (Data Clarification Form) 作成を行った。

GCP 監査業務

委託先に東北大学病院の施設監査を2度に分けて依頼した。実施内容は1回目は治験実施体制についてのシステム監査、本治験の監査及び直接閲覧である。2回目は治験終了時点に行き、実施内容は本治験の監査及び直接閲覧である。1回目の監査において治験の実施体制が整い、治験は問題なく実施されていることが報告され、2回目の監査において治験が適切に実施され、終了したことが確認された。

統計解析業務

委託先に依頼し、統計解析計画書の作成、その計画書に従い各種図表の作成に必要なプログラミングを行った。現在必要な各種図表を作成中である。

薬物濃度測定業務

輸送業者を手配し、第1段階の6例、第2段階の3例の血清検体及び尿検体を東北大学病院より米国の委託先に送付し、血清中遊離N-アセチルノイラミン酸濃度、尿中総及び遊離N-アセチルノイラミン酸濃度を測定した。

海外臨床試験の結果と同様に血清中及び尿中濃度の増加が確認された。

なお、検体の輸送は試験の進捗に応じ3回に分けて実施し、その各々で輸送中の検体破損、紛失等に対応するため、各検体は2分割して冷凍し、2度に分けて送付した。

ラットにおける受胎能及び着床までの初期胚発生に関する試験 (ICH - study 1)

委託先に依頼し試験を実施した。

親動物では、試験期間を通して死亡例は認められず、一般状態では、2000 mg/kg 群の雄で投与9日以降、雌では投与5~9日に軟便が散発的に認められた。体重、摂餌量、剖検、性周期検査および生殖能力検査では、被験物質投与に関連した変化は認められなかった。帝王切開時検査において初期胚発生に及ぼす被験物質投与の影響は認められなかった。

ラットにおける出生前及び出生後の発生並びに母動物の機能に関する試験 (ICH - study 2)

委託先に依頼し試験を実施した。

F0 母動物では、死亡の発生はなく、一般状態、体重、摂餌量および剖検において被験物質投与の影響は認められなかった。また、分娩および哺育状態についても被験物質投与の影響は認められなかった。

F1 出生児では、分娩時検査、哺育期検査、一般状態、体重、発育分化検査、機能検査、運動協調性検査、学習能力検査、情動性検査、生殖能力検査、剖検および帝王切開時検査において被験物質投与の影響は認められなかった。

ウサギにおける胚・胎児発生に関する試験 (ICH - study 3) の骨格検査

委託先にて、対照群及び 2000mg/kg 群の胎児骨格標本について実施した。

1. 骨格異常及び骨格変異

以下の 4 つの変化がみられたが、対照群及び施設の背景値と比較し、差はなかった。

所見	発生数、率	背景値
骨格変異		
8 腰椎	: 2 児(1 母体)	0~2 児
完全過剰肋骨	: 76.49%	56~87%
骨格異常		
ノブ状肋骨(結節)	: 1 児	0~1 児
胸骨分節癒合	: 2 児(1 母体)	0~4 児

背景値は過去に実施した 30 試験の対照群値から得られた値。

2. 骨化進行度

2000mg/kg 群の進行度は対照群と同程度であった。

なお、600mg/kg 群の検査は、2000 mg/kg 群で異常がなかったことから実施しなかった。

D : 考察

代表研究者青木正志教授が実施する医師主導薬物動態試験に必要な業務を実施した。副作用などの問題は特になく進捗し、現在結果を取り纏め中である。

また、平成 24 年 10 月 29 日の PMDA との薬事戦略相談にて必要との指導を受けた未実施の生殖毒性試験について、長期投与試験の実施に先立ち実施しておくことが望ましいと考えられたので、当方が担当し実施することとなった。

ラットにおける受胎能及び着床までの初期胚発生に関する試験 (ICH - study 1) では、

2000 mg/kg 群の雌雄で軟便がみられたが、毒性学的意義に乏しい変化と判断した。したがって、本試験条件下における N-アセチルノイラミン酸の親動物の一般毒性学的な無毒性量および生殖能に関する無毒性量は雌雄とも 2000 mg/kg、初期胚発生に関する無毒性量は 2000 mg/kg と考えられた。

ラットにおける出生前及び出生後の発生並びに母動物の機能に関する試験(ICH - study 2)では、F0 母動物および F1 出生児のいずれにも被験物質投与の影響は認められなかった。したがって、本試験条件下における N-アセチルノイラミン酸の F0 母動物および F1 出生児に対する無毒性量はいずれも 2000 mg/kg と考えられた。

また、先に実施したウサギにおける胚・胎児発生に関する試験 (ICH - study 3) の胎児骨格検査を実施した。骨格異常としてノブ状肋骨(結節)、胸骨分節癒合がみられたが、いずれも対照群との差はなく、背景値と同程度の値であるため被験物質投与の影響はないと考えた。

以上から、ラットの初期胚発生、ラットの出生前及び出生後の発生並びに母動物の機能及びウサギの胚・胎児発生について N-アセチルノイラミン酸投与によるリスクは低いものと考えられた。

E : 結論

医師主導薬物動態試験に必要な業務を実施し、一部を残し問題なく終了した。さらに薬事戦略相談で指導を受けた必要な生殖発生毒性試験を実施し、その成績より生殖発生毒性のリスクは低いと考えられた。

F : 健康危険情報

なし

G：研究発表

(発表雑誌名、巻号、頁、発行年なども記入)

1：論文発表

なし

2：学会発表

なし

H：知的所有権の取得状況(予定を含む)

1：特許取得

なし

2：実用新案登録

なし

3：その他

実施した生殖発生毒性試験の最終報告書。

別紙 4

研究成果の刊行に関する一覧表

発表者名	論文タイトル名	発表誌	巻・号	ページ	出版年
Nalini A, Gayathri N, Nishino I, Hayashi YK	GNE myopathy in India.	Neurol India.	61(4)	371-374	2013
Nemazanyy I, Blaauw B, Paolini C, Caillaud C, Protasi F, Mueller A, Proikas-Cezanne T, Russell RC, Guan KL, Nishino I, Sandri M, Pende M, Panasyuk G	Defects of Vps 15 in skeletal muscles lead to autophagic vacuolar myopathy and lysosomal disease.	EMBO Mol Med.	5(6)	870-890	2013
Stenzel W, Nishino I, von Moers A, Kadry MA, Glaeser D, Heppner FL, Goebel HH	Juvenile autophagic vacuolar myopathy – a new entity or variant?	Neuropathol Appl Neurobiol.	39(4)	449-453	2013
Nishino I, Carrillo-Carrasco N, Argov Z	GNE myopathy: current update and future therapy.	J Neurol Neurosurg Psychiatry.			2014
Cho A, Hayashi YK, Monma K, Oya Y, Noguchi S, Nonaka I, Nishino I	Mutation profile of the <i>GNE</i> gene in Japanese patients with distal myopathy with rimmed vacuoles (GNE myopathy).	J Neurol Neurosurg Psychiatry.	85(8)	912-915	2014

Huizing M, Carrillo-Carrasco N, Malicdan MC, Noguchi S, Gahl WA, Mitrani-Rosenbaum S, Argov Z, Nishino I	GNE myopathy: New name and new mutation nomenclature.	Neuromuscul Disord.	24(5):	387-389	2014
---	--	------------------------	--------	---------	------