

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))

肝細胞増殖因子による筋萎縮性側索硬化症の
新規治療法開発

平成 26 年度 総括研究報告書

研究代表者 青木 正志

平成 27 (2015) 年 3 月

目 次

- . **総括研究報告書**----- 1
 - 研究代表者 青木 正志
 - 肝細胞増殖因子による筋萎縮性側索硬化症の新規治療法開発

- . **分担研究報告書**
 - 研究分担者 安達 喜一
 - ALS を対象とする第 相臨床試験開始に向けた非臨床安全性試験、原薬製造、原薬・治験薬関連試験、デバイス関連試験の実施 ----- 5

- . **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))
肝細胞増殖因子による筋萎縮性側索硬化症の新規治療法開発
総括研究報告書

肝細胞増殖因子による筋萎縮性側索硬化症の新規治療法開発

研究代表者： 青木 正志 東北大学神経内科 教授

研究要旨

筋萎縮性側索硬化症(ALS)は発症から数年で全身に筋萎縮が進展し呼吸筋麻痺に至る神経難病の象徴的疾患である。ALSは有効な治療法がないため世界的に新規治療法開発が強く求められている。しかし、国内外での治療研究や臨床試験の結果、唯一認可されたリルゾールは生存期間延長効果が平均2~3カ月で筋力改善効果がないため、まったく不十分である。東北大学神経内科では世界に先駆けて髄腔内投与が可能なALS動物モデル(ALSラット)の開発に成功した。一方、肝細胞増殖因子(HGF)は本邦で発見された強力な運動ニューロン保護因子である。私たちはこのALSラットに組換えHGF蛋白質の髄腔内持続投与を行い明確な治療効果を確認した。すなわち、ALS発症期からの投与であっても約63%の罹病期間延長効果があり、これまで報告されたALS治療実験の中でも最も良い成績を示した。

本研究グループはヒト組換え HGF に関する特許や製造方法を確保し、平成 23 年世界に先駆けて ALS 患者を対象とする第 I 相臨床試験を東北大学病院にて開始した。このように、本研究グループは HGF による ALS 治療法開発において現在も世界をリードしており、第 I 相臨床試験において安全性と薬物動態を確認した後は、速やかに第 II 相臨床試験を実施し ALS 患者に対する HGF の有効性を確認することが必要である。本研究では、第 II 相臨床試験の治験申請に必要な非臨床安全性試験、組換え HGF 蛋白質の原薬・治験薬製造、原薬の品質保証試験を実施した。さらに、第 II 相臨床試験のプロトコル開発に注力し、モニタリング・監査・データマネジメントの体制整備も進めることができ、第 II 相試験実施要件を整えられた。

研究分担者

安達喜一(クリングファーマ株式会社・事業開発部)
浅田隆太(名古屋医療センター臨床研究センター・臨床研究事業部研究開発推進室)

共同研究者

加藤昌昭(東北大学神経内科)
割田 仁(東北大学神経内科)
黒田 宙(東北大学神経内科)
阿部哲士、福田一弘、井上逸男(クリングファーマ株式会社)

A. 研究目的

本研究では、難病中の難病といわれる神経変性疾患ALSに対してHGFを用いた治療法開発をさらに推進し、第II相臨床試験(治験)実施要件の整備を終了することを目的とする。

橋渡し研究9拠点の一つである研究代表者らの施設では、1993年に初の家族性ALS原因遺伝子として発見された*SOD1*に注目し、ヒト変異*SOD1*導入ラットを新しいALSモデル動物として世界に先駆けて確立した(J Neurosci, 2001)。このモデルを用いることで、薬剤をALS病態の主座であ

る中枢神経系に効率良く到達できる髄腔内投与法によるALS薬剤開発研究が、効率的に行えるようになった。このALSラットに対するヒト組換えHGF蛋白質の髄腔内持続投与は顕著な治療効果を示し、発症期からの投与にもかかわらず約63%の罹病期間延長効果を示した（J Neuropathol Exp Neurol, 2007）。

本研究は、本邦発の強力な運動ニューロン保護因子HGFを用いたALS創薬研究である。

B. 研究方法

本邦発の運動ニューロン保護因子HGFの髄腔内投与によるALS治療法開発は平成24～26年度、第I相臨床試験を実施した。本研究では、ALS患者における有効性を確認する第II相臨床試験開始に必須の、非臨床安全性試験、原薬・治験薬製造、原薬・治験薬関連試験、投与デバイスの改良、第II相治験プロトコル作成を実施する。

非臨床安全性試験：カニクイザルを用いた慢性毒性試験を行い、第II相臨床試験における長期投与の安全性を確認する。本年度は平成25年度実施の予備試験結果に基づき、GLP準拠の本試験を実施、終了する。また、ラットおよびウサギを用いて生殖発生毒性試験を前年度予備試験結果に基づき実施する。さらに、ALS既存薬リルゾールとの薬物相互作用試験を行う。

原薬・治験薬製造：第II相臨床試験で使用する治験薬を製造するためのHGF原薬をGMP基準で製造する。

原薬・治験薬関連試験：HGF原薬の品質保証に要するCMC試験（規格・分析試験等）を行う。前年度から継続した宿主由来蛋白試験、また糖鎖構造解析やジスルフィド結合解析、純度試験をおこなう。

投与デバイス改良：脊髄腔内投与デバ

イスの改良研究を実施する。脊髄腔内カテテルと皮下留置ポートの改良品を作製する。

プロトコル作成等：第I相臨床試験の結果をふまえ、第II相臨床試験のプロトコルを策定、併せてモニタリング・監査・データマネジメントの整備を進める（前年度より継続）。

（倫理面への配慮）

本研究において、動物を用いた実験はすべて研究委託施設である（株）新日本科学の動物実験倫理規定に基づいて施行し、また利用動物数を極力減らすように努め、動物愛護面に十分配慮した（新日本科学はAAALAC International（国際実験動物管理公認協会）の完全認証取得施設である）。また組換えDNA実験はすべて実施施設の組換えDNA実験安全管理規定に基づいて施行された。本研究で実施する慢性毒性試験は、「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」（H9.3.26 厚生省令第114号）（GLP省令）に従い行う。また、本研究でのHGF原薬製造は、「医薬品及び医薬部外品の製造管理及び品質管理の基準に関する省令」（H16.12.24 厚生省令第179号）（GMP省令）に従い行う。

本研究で実施する治験は「医薬品の臨床試験の実施の基準に関する省令」（H9.3.27 厚生省令第28号）（GCP省令）に従い行う。第 相試験は医師主導治験として実施する予定であり、第 相試験を実施する際には、東北大学病院の治験審査委員会（IRB）での審査を行い、承認を得る（平成27年度を予定）。その際、プロトコルの他に、治験薬概要書、被験者への同意説明文書案なども添付して審査を受ける。その承認後に薬事法第80条の2第2項及び第80条の3第4項に従い、治験計画届を医薬品医療機器総合機構（PMDA）に提出する（平成27年度を予定）。治験中に、治験薬による副作用

などが起こった場合には、薬事法第80条の2第6項に従い、副作用報告を同機構に提出する。

C. 研究結果

1) 研究班全体としての成果

難治性疾患の象徴である ALS に対して有効性が強く期待できる HGF を用いた ALS 治療薬開発をさらに推進した。東北大学病院で実施していた第 I 相臨床試験は単回投与、反復投与を計画通り終了した。反復投与では、単回投与における中用量と高用量の 2 群において安全性試験と薬物動態試験を実施できた。この第 I 相臨床試験をふまえ、第 II 相臨床試験の対象基準、除外基準、用法用量、サンプルサイズ、主要・副次評価項目を設定した新規プロトコル案を策定できた。

2) 各分担項目の成果

平成 26 年度の研究成果を以下に要約する。

非臨床安全性試験：

- ・ カニクイザルによる慢性毒性GLP本試験を終了した。
- ・ ラットおよびウサギを用いた胎児試験の本試験を終了し明らかなHGF毒性は認められなかった。
- ・ リルゾールとの相互作用はないことが明らかとなった。

原薬・治験薬製造：

- ・ 製品標準書に則り、異常逸脱なくGMP製造を終了した。

原薬・治験薬関連試験：

- ・ 宿主由来蛋白試験は継代培地への馴化とセルバンク作製まで終了した。
- ・ HGF蛋白質の糖鎖構造解析、ジスルフィド結合解析、純度試験を終了し、第II相臨床試験の治験届に必要なデータを得た。

投与デバイス改良：

改良品のプロトタイプを作製し、第 II 相臨床試験の治験機器概要書案を作成した。

プロトコル作成等：

東北大学病院で実施した第I相臨床試験データを集積・活用し、上記のように第II相臨床試験のプロトコル案を作成した。また、前年度に引き続き、第II相試験を専任で担当できる人材育成を行った。PMDAと相談準備が整備された。

D. 考察

第II相臨床試験で計画中の長期投与に関する安全性データを得ることができ、同試験に要する治験薬の原薬、品質保証データ、さらに、改良投与デバイスプロトタイプを確保できた。

本年度、軽症ALS罹患者を対象とした第I相臨床試験が東北大学病院にて実施、治験薬との因果関係が「おそらくあり」とされるグレード2(中等度)以上の有害事象はなく、終了した。この第I相臨床試験による安全性・薬物動態データをもって、第II相臨床試験のプロトコル案を策定できた。

以上より、研究期間(平成24~26年度)終了までに第II相臨床試験を実施するための要件整備が概ね終了した。HGFのALSに対するproof of concept(POC)を取得するため、第II相臨床試験(医師主導治験)はALS罹患者を対象とする多施設プラセボ対照二重盲検試験とし、有効性を確認する計画である。なお別途、被検候補者を効果的にリクルートするための患者登録(レジストリ)システム構築研究も進行中である。

E. 結論

ALSを対象としたHGFの第II相臨床試験(医師主導治験)を開始するために必要な要件整備を概ね終了することができ

た。PMDA との相談を経てプロトコルを確定し、早期の治験届提出をめざす。世界的に ALS 創薬が求められている中、本研究は本邦発の運動ニューロン保護因子 HGF による画期的な新規 ALS 治療薬として世界に発信できると期待される。

F. 健康危険情報

特記事項なし

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

青木正志，割田 仁．肝細胞増殖因子（HGF）による筋萎縮性側索硬化症の新規治療法開発．第 37 回日本神経科学大会 シンポジウム ALS 治療法開発への神経科学の挑戦 2014 年 9 月 12 日 横浜市

青木正志 .筋萎縮性側索硬化症に対する治療法開発への挑戦．第 35 回日本臨床薬理学会学術総会シンポジウム 2014 年 12 月 5 日 松山市

H. 知的財産権の出願・登録状況

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))
肝細胞増殖因子による筋萎縮性側索硬化症の新規治療法開発
分担研究報告書

ALSを対象とする第Ⅱ相臨床試験開始に向けた非臨床安全性試験、
原薬製造、原薬・治験薬関連試験、デバイス関連試験の実施

研究分担者： 安達喜一(クリングルファーマ株式会社 事業開発部長)
共同研究者： 阿部哲士(クリングルファーマ株式会社 医薬開発部長)
福田一弘(クリングルファーマ株式会社 研究開発部長)
井上逸男(クリングルファーマ株式会社 品質保証部長)

研究要旨

筋萎縮性側索硬化症(ALS)を対象とする肝細胞増殖因子(HGF)の第Ⅱ相試験を開始するために必要となる非臨床安全性試験、原薬製造、原薬・治験薬関連試験、デバイス関連試験を実施した。平成26年度の主たる達成事項は以下のとおりで、第Ⅱ相試験を実施するための要件整備は概ね終了した。

- ◆ カニクイザルを用いたGLP準拠による慢性毒性試験を終了した。
- ◆ ウサギとラットの2種で生殖発生毒性試験(セグメント2)を終了した。
- ◆ 慢性毒性試験および第Ⅱ相試験の治験薬製造に必要なHGF原薬をGMP準拠により製造した。
- ◆ HGF原薬の品質保証のための各種CMC試験(規格・分析試験等)を行った。
- ◆ 治験薬の予備安定性試験を継続して行った。
- ◆ 第Ⅱ相試験で使用する脊髄腔内投与用デバイス(カテーテルとポート)の改良品プロトタイプを作製した。
- ◆ 第Ⅰ相試験で得られた臨床データに基づいて、第Ⅱ相試験のプロトコル案を策定した(PMDA相談を開始予定)。

A. 研究目的

筋萎縮性側索硬化症(ALS)は全身の筋萎縮が進行し呼吸筋麻痺から死に至る過酷な疾患でありながら、有効な治療法のない神経難病の象徴的疾患とされている。肝細胞増殖因子(HGF)は我が国で発見された神経栄養因子であり、運動ニューロンに対する強力な保護作用が知られている。HGFによるALSの新規治療法を開発することは、医学的にも社会的にも大きな意義があり、アカデミア創薬を実践している点で厚

生労働省の難治性疾患実用化研究事業の中でも中核となるプロジェクトである。

本研究では、組換えHGF蛋白質の脊髄腔内投与によるALS治療法開発を第Ⅱ相試験へと進めるため、必須となる非臨床安全性試験、原薬製造、原薬・治験薬関連試験、デバイス関連試験を行う。また、第Ⅰ相試験で得られた臨床データに基づいて、第Ⅱ相試験のプロトコル案を策定する。以上により、研究期間(平成24~26年度)終了までに、第Ⅱ相試験に関するPMDA相談に必

要となるデータ・資料を整備することを目標とする。

B. 研究方法

1) 非臨床安全性試験

第II相試験では、組換えHGF蛋白質を脊髄腔内に長期投与することを計画している。そこで、カニクイザルを用いた慢性毒性試験を行い、第II相試験を開始する前に長期投与の安全性を十分に確認しておく。平成26年度は、平成25年度に実施した予備試験に基づいてGLP準拠による本試験を終了する（分析用試薬の調整・安定性試験を含む）。また、生殖能や次世代の発生に関する安全性を評価するための生殖発生毒性試験を実施する。平成26年度は、平成25年度に実施した予備試験に基づいて、ラットおよびウサギを用いた胚胎児試験（セグメント2）の本試験（申請資料の信頼性の基準）を終了する。さらに、ALSの唯一の既存薬であるリルゾールとの薬物相互作用を調べるため *in vitro* での追加試験を行う。

2) 原薬製造

慢性毒性試験および第II相試験の治験薬製造のために必要なHGF原薬をGMP基準により製造する。製造工程は培養工程と精製工程から成る。培養工程では、はじめにHGF産生CHO細胞株のワーキングセルバンクを融解し、三角フラスコに播種する。三角フラスコの本数を増やすことで拡大培養した細胞を培養槽に播種し、通気攪拌培養を行いながら培養規模を順次拡大する。最終的に生産培養槽に播種して生産培養を実施する。培養液はろ過によって細胞を除去した後、精製工程に移行する。

精製工程では多段階のカラムクロマトグラフィーを実施する。工程中にはウイルス不活化工程およびウイルス除去工程を挿入し、最終的に限外ろ過によって濃度調整し

た後、小分けしてHGF原薬とする。

3) 原薬・治験薬関連試験

HGF原薬の品質保証のためのCMC試験（規格・分析試験等）として、宿主由来蛋白試験（HGF蛋白質を発現させるCHO細胞由来の蛋白質を測定する試験）、およびHGF蛋白質の糖鎖構造解析、ジスルフィド結合解析、純度試験（SDS-PAGE試験、等電点電気泳動試験等）を行う。

4) 投与デバイス改良研究

脊髄腔内投与用デバイス（カテーテルとポート）の将来の承認申請を見据え、改良研究を行う。承認申請に必要なデータを整備するための調査研究を行うとともに、第II相試験で使用する改良品のプロトタイプを作製する。

5) 第II相試験プロトコル作成

第I相試験の反復投与群に一群追加し、中用量群と高用量群の2用量で反復投与を実施する。第II相試験の用量用法設定に必要な臨床データを取得する。第I相試験の臨床データに基づいて第II相試験のプロトコル案を策定する。

（倫理面への配慮）

本研究において、動物を用いた実験はすべて研究委託施設である（株）新日本科学の動物実験倫理規定に基づいて施行し、また利用動物数を極力減らすように努め、動物愛護面に十分配慮した（新日本科学はAAALAC International（国際実験動物管理公認協会）の完全認証取得施設である）。また組換えDNA実験はすべて実施施設の組換えDNA実験安全管理規定に基づいて施行された。本研究で実施する慢性毒性試験は、「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」（H9.3.26 厚生省令

第114号)(GLP省令)に従い行う。また、本研究でのHGF原薬製造は、「医薬品及び医薬部外品の製造管理及び品質管理の基準に関する省令」(H16.12.24 厚生省令第179号)(GMP省令)に従い行う。

本研究で実施する治験は「医薬品の臨床試験の実施の基準に関する省令」(H9.3.27 厚生省令第28号)(GCP省令)に従い行う。第II相試験は医師主導治験として実施する予定であり、第II相試験を実施する際には、東北大学病院の治験審査委員会(IRB)での審査を行い、承認を得る(平成27年度を予定)。その際、プロトコルの他に、治験薬概要書、被験者への同意説明文書案なども添付して審査を受ける。その承認後に薬事法第80条の2第2項及び第80条の3第4項に従い、治験計画届を医薬品医療機器総合機構(PMDA)に提出する(平成27年度を予定)。治験中に、治験薬による副作用などが起こった場合には、薬事法第80条の2第6項に従い、副作用報告を同機構に提出する。

C. 研究結果

1) 非臨床安全性試験

- ・ カニクイザルを用いた慢性毒性試験：GLP本試験を終了し、第II相試験で計画している投与量の安全性を検討した。
- ・ 生殖発生毒性試験：ラットおよびウサギを用いた胎児試験(セグメント2)の本試験(申請資料の信頼性の基準)を終了した。ラットおよびウサギの胚・胎児発生への影響は認められなかった。
- ・ リルゾールとの薬物相互作用試験：*in vitro*の実験系で追加試験を行った結果、相互作用はないと考えられた。

2) 原薬製造

培養工程および精製工程において、異常または重篤な逸脱は発生せず、製品標準書

に則ってHGF原薬のGMP製造を終了した。

3) 原薬・治験薬関連試験

HGF原薬のCMC試験(規格・分析試験等)：宿主由来蛋白試験(継代培地への馴化とセルバンク作製まで)およびHGF蛋白質の糖鎖構造解析、ジスルフィド結合解析、純度試験(SDS-PAGE試験、等電点電気泳動試験等)を終了し、第II相試験の治験届に含めるCMCデータを得ることができた。

4) 投与デバイス改良研究

脊髄腔内投与用デバイス(カテーテルとポート)に求められる性能および仕様を調査し、改良品のプロトタイプを作製した。あわせて第II相試験の治験機器概要書案を作成した。

5) 第II相試験プロトコル作成

第I相試験では、中用量群と高用量群の2用量で反復投与を実施し、試験を終了した。第I相試験で得られた臨床データに基づいて、第II相試験の用法用量設定を行うとともにプロトコル案を策定した(PMDA相談を開始予定)。第II相試験(医師主導治験)は、統計学的な有意差を検出できる症例数のALS患者を対象とし、プラセボ対照二重盲検試験として多施設で実施することにより有効性を確認する。

D. 考察

カニクイザルを用いた慢性毒性GLP試験、ラットおよびウサギを用いた胎児試験(セグメント2)の本試験(申請資料の信頼性の基準)は、平成26年度中に試験を終了し、長期投与に関する安全性データを得ることができた。

原薬製造については、GMP準拠による原薬製造工程を終了した。これにより、第II相試験の治験薬(凍結乾燥製剤)製造に関

連するHGF原薬を確保することができた。

原薬・治験薬関連試験は、平成26年度中に予定していた試験を全て終了し、第II相試験に向けて、品質保証のためのCMCデータを拡充することができた。

投与デバイス改良研究については、脊髄腔内投与用デバイス(カテーテルとポート)の改良品のプロトタイプを作製することに成功し、第II相試験で使用する目処が立った。

ALS患者を対象とする第I相試験(於東北大学病院)は、3用量(低・中・高用量)による単回投与群(第一、第二、第三コホート)および中用量・高用量による反復投与群(第四、第五コホート)から成り、平成26年度に終了した。第I相試験で得られた安全性と薬物動態に関する臨床データから、第II相試験の用法用量を含めたプロトコル案を策定することができた。

平成26年度を含む研究期間全体(平成24~26年度)の開発成果を次の図に示す。第II相試験を実施するための要件整備は概ね

終了したと考える。

E. 結論

ALSを対象とする第II相試験を開始するために必要となる非臨床安全性試験、原薬製造、原薬・治験薬関連試験、デバイス関連試験を終了した。また、第II相試験のプロトコル骨子を固めた。今後、速やかにPMDA相談を行い、第II相試験を開始する。

F. 健康危険情報

特記事項なし

G. 研究発表

該当なし

H. 知的財産権の取得状況(予定を含む)

該当なし

開発成果

項目	H24年度	H25年度	H26年度
安全性試験	慢性毒性予備試験	慢性毒性予備試験2	慢性毒性GLP試験
	生殖毒性予備試験	生殖毒性本試験 (Seg II) (ウサギ、ラット)	
	予備試験 リルゾールとの薬物相互作用	本試験	追加試験
原薬・製剤関連 CMC試験		宿主由来蛋白試験、規格・分析試験	
	治験薬の安定性試験		
原薬製造		原薬製造	原薬製造
投与デバイス 改良研究			改良デバイスプロトタイプ製造
臨床試験	ALS 第 I 相試験		
	ALS 第 II 相試験計画とプロトコル作成		

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
	該当なし				