

201128076B

平成22年－23年度 厚生労働科学研究費補助金
難治性疾患克服研究事業

シャルコー・マリー・トゥース病の
診断・治療・ケアに関する研究

総合研究報告書

研究代表者 中川 正法

平成24 (2012) 年 3月

平成22年－23年度 厚生労働科学研究費補助金
難治性疾患克服研究事業

シャルコー・マリー・トゥース病の
診断・治療・ケアに関する研究

総合研究報告書

研究代表者 中川 正法

平成24（2012）年 3月

I 総合研究報告

シャルコー・マリー・トゥース病の診断・治療・ケアに関する研究

研究代表者 京都府立医科大学大学院神経内科学・教授 中川 正法 …… 2

II 分担研究報告

1. シャルコー・マリー・トゥース病における手術療法の研究

札幌医科大学・医学部・整形外科・教授 山下 敏彦、他 …… 16

2. 日本人Charcot-Marie-Tooth病における病態解明

および新規遺伝子解明の試み

山形大学医学部・小児科・教授 早坂 清、他 …… 18

3. シャルコー・マリー・トゥース病のリハビリテーションに関する研究

産業医科大学医学部・リハビリテーション医学・教授 蜂須賀 研二、他 …… 20

4. Charcot-Marie-Tooth病の包括的遺伝子診断法の開発

—実践とその問題点—

鹿児島大学医歯学総合研究科・神経内科・教授 高嶋 博、他 …… 24

5. シャルコー・マリー・トゥース病(CMT)患者に関するアンケート報告および軸索興奮性測定を用いたCMT1Aに対するアスコルビン酸投与の治療評価に関する研究

京都府立医科大学大学院神経内科学・助教 滋賀 健介 …… 27

III 研究成果の刊行に関する一表 …… 42

IV 業績別刷り …… 49

V 研究班会議、班員名簿など …… 240

総合研究報告書

厚生労働科学研究費補助金（難治性疾患克服研究事業）
総合研究報告書

シャルコー・マリー・トゥース病の診断・治療・ケアに関する研究
(H22-難治一一般-115)

研究代表者 中川 正法 京都府立医科大学大学院 神経内科学 教授

研究要旨：本研究では、神経内科医、整形外科医、リハビリテーション医、CMT 患者会と協力して、CMT 患者の診断・治療・療養環境の整備、CMT 研究状況、就労状況などの情報を速やかに共有化することを主目的として、①CMT 患者診療状況のアンケート調査、②諸外国の CMT 患者療養状況の調査、③CMT 診療マニュアルの普及、④ホームページの充実 (<http://www.cmt-japan.com/index.html>)、⑤公開講座の開催（福岡、仙台、東京）、⑥CMT 相談活動（CMT 友の会交流会への参加と助言）、⑦ロボットスーツ HAL[®]装着効果の評価、⑧ CMT 1A 患者に対するアスコルビン酸投与前後での末梢神経軸索興奮性（Qtrac による測定）の検討、⑨分担研究者との共同による CMT 分子疫学研究の推進、⑩CMT 患者の手・足変形に対する外科的療法の検討を行った。その結果、わが国の CMT 患者療養状況の解明、英国・米国 CMT 患者の療養状況との相違点の解明、公開講座への CMT 患者参加者の増加、CMT 友の会の会員数増加、HAL[®]の改良点の解明、遺伝子解析の進展、アスコルビン酸が軸索興奮性を改善する可能性などの成果が得られた。本研究により、わが国の CMT 研究と CMT 患者の診療環境、生活環境を少しでも世界の先進国レベルに近づける第一歩になったと考える。Qtrac 検査症例数、ロボットスーツ HAL[®]の改良、わが国の CMT 分子疫学のまとめ、就労支援、遺伝カウンセリングを含む CMT に関する相談活動などが不十分であり、今後の課題と考える。

研究分担者

早坂 清
（山形大学医学部小児科 教授）
蜂須賀研二
（産業医科大学医学部
リハビリテーション医学 教授）
山下 敏彦
（札幌医科大学医学部整形外科 教授）
高嶋 博
（鹿児島大学医学部神経内科 教授）
滋賀 健介
（京都府立医科大学
大学院神経内科学 助教）

研究協力者

服部 直樹
（豊田厚生病院神経内科 部長）
小野寺 理
（新潟大学脳研究所神経内科 准教授）
大竹 弘哲
（CMT 友の会副代表・公立七日市病院
神経内科リハビリ科 医師）
山田 隆司
（CMT 友の会副代表・
楠メンタルホスピタル 作業療法士）

A. 研究目的

シャルコー・マリー・トゥース病（CMT）は、臨床症状、電気生理学的検査所見、神経病理所見に基づいて、脱髄型、軸索型、中間型に大別され、さらにいくつかのサブタイプに分けられる。わが国における CMT の有病率は明かではないが、欧米では人口の 2500 人に 1 人と言われている。CMT は、四肢、特に下肢遠位部の筋力低下と感覚障害を示す疾患であるが、近年の原因遺伝子の解明にともない中枢神経系の障害も含む多様な臨床症状が明らかとなってきた。まれに、四肢近位部優位の筋力低下・筋萎縮を示す例、自律神経障害が前面に出る例もある。また、重症例では呼吸不全を来し、人工呼吸器を必要とする場合もある。

これまでに 40 種類以上の CMT 原因遺伝子が特定されているが、同一遺伝子の異常であっても、異なる臨床型を示す場合がある。わが国においても CMT の遺伝子診断に関しては大きな進展が見られているが、CMT の遺伝子診断の情報や治療法の開発状況、リハビリテーション等に関する情報が医療関係者、CMT 患者に普及していると言えなく、単純に「CMT の治療法はない」と思い込んでいる医療関係者、CMT 患者が

多いのではないかとと思われる。2008年6月、CMT患者団体である「CMT友の会」が結成されたが、CMTの病型診断が確定していない患者が多いことに驚きを覚えた。CMTの治療、ケアに関する研究とその普及および療養環境整備および最新医療技術に関する情報を速やかに医療関係者、CMT患者に知らせるシステムづくりが必要となっている。

本研究では、神経内科医、整形外科医、リハビリテーション医およびCMT患者会と協力して、CMTの診断、治療、療養環境、研究状況などの情報を速やかに共有化することを主目的として、わが国のCMT実態調査、CMT療養マニュアル作成と普及、ホームページ作成、公開講座等を行うものである。本研究により、CMT研究の発展とCMT患者の診療環境の向上に大きく寄与するものと考えている。

B. 研究方法

① CMT患者の診療実態調査

全国の神経内科・小児科・リハビリテーション科の教育関連施設、足の外科学会関連施設に手紙によるアンケート調査を行う。回答率を高めるため、質問項目は以下の通りに絞って行った：診療しているCMT患者数、男女数（割合）、年齢構成、患者のADL、装具療法・手術療法・リハビリテーションなどを受けている患者数、外来診療間隔。全国疫学調査の実施に当たっては「CMT友の会」とも連携して行う。

② 諸外国のCMT患者療養状況の症調査

平成23年4月に英国で行われるCMTUKの大会に調査のため参加する。また、平成23年6月に行われる米国CMT患者会に関して、同大会に参加する日本「CMT友の会」会員から情報を得る。

③ 「シャルコー・マリー・トゥース病（CMT）診療マニュアル」（CMT診療マニュアル）の普及活動

研究分担者、研究協力者と分担して作成したCMT診療マニュアルの普及に努める。

④ ホームページの充実

本研究班で作成したホームページの充実を図る。

⑤ CMT市民公開講座の開催

東京、大阪、福岡、仙台で開催する。

⑥ CMT相談活動

「CMT友の会」の交流会等を通じて行う。

⑦ ロボットスーツ HAL[®]（CYBERDYNE 株）のCMT患者への装着およびHAL[®]改良の取り組み

CMT患者にHAL[®]を装着してもらいその適応と改良点に関する検討を行う。

⑧ CMT 1A患者に対するアスコルビン酸投与前後での末梢神経軸索興奮性（Qtracによる測定）の検討

「Charcot-Marie-Tooth disease 1A（CMT-1A）に対するアスコルビン酸の安全性・有効性に関するランダム化多施設オープン試験（UMINID：UMIN000001535）」を踏まえて、アスコルビン酸20mg/kg/日、48週間の経口投与前後でのQtracを用いた末梢神経軸索興奮性に関する検討を行う。

⑨ CMTの治療法の開発・分子疫学

治療法の開発・分子疫学に関しては、「難治性ニューロパチーの診断技術と治療法の開発に関する研究」班（山村 隆班長）、「次世代遺伝子解析技術を用いた希少難治性疾患の原因究明及び病態解明に関する研究（高嶋博班長）」と連携して行う。

⑩ CMT患者の手・足変形に対する外科的療法の検討

手の外科、足の外科の専門医と連携して行う。

（倫理面への配慮）

調査研究の対象とする個人の人権（発症者および発症者の家族のプライバシーを厳重に保護するために、全てのアンケートは匿名化し、振り宛てた番号にてのみ取り扱うことなど）を擁護する。研究への協力の有無に関わらず患者に対して不利益にならないよう配慮する。得られた結果の公表に当たっては個人が特定できないよう配慮する。本研究計画は京都府立医科大学臨床倫理委員会で承認されている（C-818）。

C. 研究結果

① CMT患者の診療実態調査

滋賀班員は、平成21年度に全国の関連医療機関計1,841施設を対象とし、CMTに関するアンケート調査を行い、医療機関から見たCMT

の診療の実態について報告した。平成22年度は、「CMT友の会」の協力をいただき、患者および患者家族を対象とした未記銘式アンケート調査を行った。平成23年度は、「シャルコー・マリー・トゥース病患者の日常活動度や社会的活動度」に関するアンケート調査を現在実施中である。平成24年1月末日の時点で、計93名からの回答があった。今後数カ月の回答をまわって最終集計する予定である。

②諸外国のCMT患者療養状況の症調査

平成23年4月15日～17日まで英国中部のCoventryで行われた第25回CMTUK international conventionに研究協力者のCMT友の会メンバー(大竹、山田)と一緒に参加し、英国でのCMT患者の療養状況を調査した。英国のCMT患者会は25年前に7名の会員で設立され、現在、1500名以上の会員を有していた。毎年、神経内科医、整形外科医、小児科医、リハビリテーション医、理学・作業療法士、装具士、心理士などの参加による大会が行われ、その内容はCMTの最新の研究やメンタルケアまで幅広く設定されていた(図1)。平成23年6月、米国のCMT患者大会に日本のCMT友の会メンバーが自主的に参加した。米国のCMT患者会は、約15000名の会員を有し、英国のCMT患者会同様に活発な活動を行っていた。



図1. 米国 Shy 教授による特別講演に聞き入る参加者

③「シャルコー・マリー・トゥース病(CMT)診療マニュアル」(CMT診療マニュアル)の普及活動

平成22年度に本研究班で作成したCMT診療マニュアルの普及のために、日本神経学会、日本末梢神経学会で発表を行った。また、CMT友の会を通じてCMT患者・家族への普及を行

った。

④ホームページの充実

平成22年度に本研究班のホームページ(<http://www.cmt-japan.com/index.html>)を作成した。継続的にCMT市民公開講座などの情報の公開を行った。

⑤CMT市民公開講座の開催

平成21年度は東京で1回開催し、平成22年度は東京と大阪で開催した。平成23年度は3回開催した。平成23年9月11日(日)、福岡市ホテルクリオコート博多で行った公開講座には、CMT患者家族参加者と関係者を含めて30名の参加があった。平成23年11月6日(日)に仙台市TKP仙台カンファレンスセンターでの公開講座には関係者を含めて23名が参加した。平成24年1月15日(日)に東京ステーションコンファレンスで第3回目の公開講座には関係者を含めて54名が参加した。



図2. CMT市民公開講座大阪会場 2011年

参加者アンケートでは、「講演の中で特に印象深かったこと」として、

- はじめて参加させていただきました。HP(CMT友の会)の存在は存じており、時々チェックさせていただいていました。リハビリの話や社会資源の利用の話が興味深かったですが、やはり友の会の話聞いたことがよかったです。
- 薬物治療、日常生活と工夫、他も印象深く参考になりました。
- 手術に関することが気になっていたこともあったので本当に来てよかったです。何よりも同じ病気の人たちに出会えて嬉しかったです。先生方も積極的にCMTに取り組まれているのだなと感じて安心した気持ちになりました。

- ロボットスーツ HAL のこと、リハビリテーション、CMT 友の会活動などが参考になった。
 - タイプが様々なこと。一番多いタイプでは車イスレベルにはならないことなど医学的なことが分かった。
 - 手術療法・痛みとしびれの対処法のお話の中の足の変形による手術が印象深かった。
 - 直接、専門の方とのリハビリと装具の話ができてよかった。
 - 注意しなければならない薬物があることを知らなかった。
 - 今後も地方都市で開催して欲しい。
 - 病院では最近の情報が得られないため、定期的な開催を望む。
 - 福祉制度についてまた CMT 患者の会の紹介まで、一連の流れがとても良い。ぜひ各地域で開催してほしい。
 - CMT という病気がどの様なものなのか、とても勉強になりました。知識がないまま、CMT という病名（確定ではなく疑いです）を診断されて不安だったので来て良かったです。
 - 27 歳ですが将来のことが気になります。結婚、出産です。遺伝に関して詳しく聞きたいです。
- などの声が寄せられた。

⑥CMT相談活動

毎年定期的に開催される「CMT 友の会」の交流会に参加し患者・家族との CMT の診療、遺伝子診断に関する相談活動を行った。必要に応じてメールでの相談活動も行った。

蜂須賀班員らは、平成 23 年 7 月、独自に CMT 患者・家族を対象に市民公開講座を開催し、疾病、診断、リハビリテーションに関する講演を行い、患者家族からの相談に応じた。

⑦ロボットスーツ HAL®の CMT 患者への装着および HAL®改良の取り組み

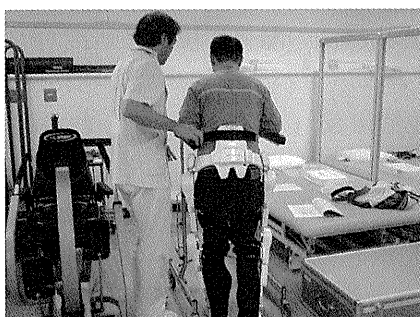


図 2. CMT 1 B 患者に HAL®を装着し歩行練習を行った。

CMT 患者 (CMT1A : 2 例、CMT1B : 1 例、CMT2 : 1 例) に HAL®を装着し、3 次元動作解析システム (VICOM MX®) で解析した (図 2)。CMT 患者は下肢遠位筋の筋力低下が主症状であるため、現在の HAL®では対応が難しいことが明らかとなった。

蜂須賀班員らは、健常者 1 例に対してロボットスーツ HAL®を装着した状態で起立歩行動作の動作解析を行った。HAL 装着時の起立動作や歩行動作は必ずしも正常動作とは一致せず、CMT 患者が HAL®装着歩行時の違和感や不安定感を訴える原因であると推察した。今後、CMT 患者への臨床適応に関しては、十分な検討を要するものと考えられる。

今後の改良などについて、厚生労働省難治性疾患克服研究事業「神経・筋難病疾患の進行抑制治療効果を得るための新規医療機器、生体電位等で随意コントロールされた下肢装着型補助ロボットに関する治験準備研究班」(研究代表者中島 孝先生) と検討を開始した。

⑧CMT 1 A 患者に対するアスコルビン酸投与前後での末梢神経軸索興奮性 (Qtrac による測定) の検討

CMT1A 患者にアスコルビン酸 20mg/kg/日を 48 週間経口投与し、その前後での末梢神経軸索興奮性を Qtrac を用いて検討した。対象は 1 年間以上経過を追えた CMT 1 A 患者 7 名 (男性 5 名、女性 2 名)。アスコルビン酸投与前、投与後短期、長期での 3 回の軸索興奮性測定の全プログラムがエラーなく遂行できたのは 7 名中 4 名であった。投与前の評価では、正常コントロール群のデータと比較して、Stimulus-response curve からは目標の CMAP 振幅を得るための刺激強度が著しく増大し、電気緊張閾値法 (Threshold electrotonus) では大きな閾値変化 (fanning-out) と fast K⁺チャンネル、内向き K⁺チャンネルの機能の亢進、の所見を認めた。投与後短期の評価では、電気緊張閾値法にて、統計学的有意差は認めなかったが、投与前と比較して fanning-out の程度が小さくなった。長期の評価では、Stimulus-response curve において、治療前と比較して必要刺激強度の増大の程度が小さくなる所見を得たが、電気緊張閾値法での fanning-out の程度の変化は短期のほうがより目立つ結果であった。これらの結果は、CMT1A 患者の神経軸索特性である paranode 部の脱髄による軸索膜の capacitance の増大を、アスコルビン酸治療により改善させうる可能性を示唆する。以上より、アスコルビン酸治療は CMT1A 患者の軸索機能を変化させる可能性

が示唆された。今後、多数例での検討が必要である。

⑨CMTの治療法の開発・分子疫学

CMT の治療法の開発・分子疫学に関しては、「難治性ニューロパチーの診断技術と治療法の開発に関する研究（山村隆班長）」、「ニューロパチーの病態解明に関する研究（高嶋博班長）」と連携して行った。

高嶋班員らは27種類のCMTの原因遺伝子を検出する診断用DNAチップを完成させた。本DNAチップを用い、平成17年4月より平成23年9月末までに446症例（コントロール50例）を解析した。その内訳は、CMT1が102例、CMT2が182例、CMTXが26例、CMT4が25例、分類不能CMTが94例、その他疾患が17例であった。なお、CMT1Aは事前のFISHによるスクリーニングを行い、本検査からは除外されている。マイクロアレイDNAチップ解析では、MPZ変異11例、MFN2変異18例、PRX変異1例、SBF2変異1例、GJB1変異9例、STEX変異を認めた。マイクロアレイDNAチップ解析により既知のCMT包括的スクリーニングが可能となり、およそその遺伝子異常の分布を確認できた。

その他、DNMT1変異を示す難聴、運動失調、認知症を示す遺伝性感覚ニューロパチー家系、EGR2新規変異を示す筋萎縮が目立たない軽症ニューロパチー家系（CMT1D）家系を発見した。

早坂班員らは、日本人 CMT の症例を系統的に解析した。その結果、髄鞘型 227 例中、17p11.2 遺伝子重複 53 例、PMP22、MPZ、NEFL、GJB1、EGR2、PRX の変異を 63 例に検出し、111 例は病因を特定できなかった。軸索型 127 例中、MFN2、GARS、GDAP1、GJB1 の変異を 27 例に検出し、100 例は病因を特定できなかった。日本人 CMT では、欧米に比して 17p11.2 遺伝子重複が少なく、また両病型ともに病因が特定できない症例が多いことが明らかとなった。

⑩CMT患者の手・足変形に対する外科的療法の検討

手の外科、足の外科の専門医とCMT患者に対する手術適応、手術方法（アキレス腱延長術、筋腱移行術など）、術後療法について検討した。CMTに対する手術適応や外科的治療施行時期についてのより明確な基準作成が必要とされている。また、CMT患者が手術や出産などのために麻酔を受ける際にも注意が必要であり、今後、CMTに対する適切な麻酔法に関する再

検討・再評価が必要である。

山下班員らは、CMTの足部の変形や病態を詳細に評価する方法としてCTによる3次元解析法を確立する研究を行った。正常足の荷重条件CTデータから画像解析ソフトを用い、足の骨格を3次元化して解析した。その結果、荷重によるアーチ構造の変化を詳細にとらえられ、アーチの部位によりその変化は異なることがわかった。本法はCMTによる足部障害の評価に応用可能であり、この解析手法により病態把握や手術法選択に際し重要な情報を提供できると考えられた。

D. 考察

平成23年度の研究成果として、①CMT患者診療状況のアンケート調査の継続、②英国・米国のCMT患者療養状況の調査、③CMT診療マニュアルの普及、④ロボットスーツ HAL[®]装着効果の評価、⑤ホームページの充実、⑥公開講座の開催（福岡、北九州、仙台、東京）、⑦CMT相談活動（CMT友の会交流会への参加と助言）、⑧研究分担者との共同によるCMT分子疫学研究の推進、⑨CMT1A患者に対するアスコルビン酸投与前後での末梢神経軸索興奮性（Qtracによる測定）の検討、⑩CMT患者の足関節変形に対する外科的療法の検討を行った。しかし、CMT患者アンケート調査、ホームページの充実、Qtrac検査症例数、ハローワークなどへの働きかけ、遺伝カウンセリングを含むCMTに関する相談活動などで不十分な点があり、今後、これらの課題を推進していく必要があると考える。

本研究班の活動により、CMTに関する研究状況、療養環境整備、最新医療技術に関する情報を速やかに医療関係者、CMT患者に知らせるシステム作りが確実に進んでいると考える。本研究は、神経内科医、整形外科医、リハビリテーション医、CMT患者会と協力で行われており、CMT患者の診療環境の向上に大きく寄与すると考える。また、「難治性ニューロパチーの診断技術と治療法の開発に関する研究（山村隆班長）」、「ニューロパチーの病態解明に関する研究（高嶋博班長）」と連携により、わが国のCMT分子疫学が明らかになってきたと考える。これまでにCMTに関するこのような研究はわが国では行われておらず、本研究により適切な医療資源の活用を通じて国民全体の医療福祉に貢献すると考える。本研究によりわが国におけるCMT研究とCMT患者の診療・生活環境を世界の

先進国レベルに近づけることが可能になると考える。

今後の課題として、

① CMT の医療情報の共有化と CMT 患者の療養環境の整備および就労支援

本研究の継続により、CMT 患者が普通に生活し、就労できる社会を目指す。CMT 患者会の国際交流を通じて、わが国の CMT 患者療養環境の向上に努める。

② CMT の迅速診断システムの構築と分子病態の解明研究の充実

CMT の迅速診断システムを充実させ、わが国における CMT 分子疫学を明らかにする。既知の遺伝子異常がない CMT については次世代シーケンサー、エキソーム解析等を用いて、その原因遺伝子を解明する。遺伝子異常が明らかな CMT に関しては、培養細胞、iPS 細胞、動物モデル等を用いて、その発症メカニズムを解明する。

③ 新規の CMT 治療薬の開発研究の促進

CMT の中でも疾患頻度が高い遺伝子異常による CMT の分子病態の解明と治療法を開発をすすめる。特に、CMT1A のモデルマウスや培養細胞を用いて *PMP22* の発現を抑制する薬剤のスクリーニングを行い、新規治療薬を開発する。臨床治験に関しては、少数例での CMT 臨床試験デザインの検討、新規バイオマーカー・サロゲートマーカーを開発する。

④ BMI・ロボット技術の応用研究

CMT 患者の多くは主に下肢遠位部の機能障害を有しており、HAL®を含むロボット技術の応用による下肢筋力補助装置の開発は患者の ADL・QOL を大きく改善すると考えられる。更には就労状況の改善にも寄与すると考えられる。医療工学分野の研究者、神経生理学者、リハビリテーション医、整形外科医等との連携が不可欠である。

E. 結論

本研究では、神経内科医、整形外科医、リハビリテーション医および CMT 患者会と協力して、「CMT 診療マニュアル」の普及、ホームページの充実と研究内容の公開、国内外における CMT 患者の療養状況の調査、ロボット技術の CMT 患者への活用、CMT の分子疫学研究、CMT に関する公開講座、CMT 相談活動（遺伝カウンセリング

を含む）などを行った。本研究は、CMT に関する医療関係者の理解度の向上、CMT 患者の療養環境の整備・向上および就労を含む自立支援、CMT の分子疫学の解明・新規治療法への発展に確実に寄与し、適切な医療資源の活用を通じて国民全体の医療福祉に貢献するものである。

F. 研究発表

研究代表者 中川正法

著書

- 1 シャルコー・マリー・トゥース病診療マニュアル。CMT 診療マニュアル編集委員会編、金芳堂、京都

論文発表

- 1 中川正法。神経系疾患の遺伝子学。(ア)最新医学65(9)：2053-2068, 2010.
- 2 Noto Y, Kanai K, Misawa S, Shibuya K, Iose S, Nasu S, Sekiguchi Y, Fujimaki Y, Nakagawa M, Kuwabara S. (ア)Distal motor axonal dysfunction in amyotrophic lateral sclerosis. J Neurol Sci.302:58-62, 2011.
- 3 中川正法、滋賀健介。Charcot-Marie-Tooth 病の治療。神経治療学 28(2):129-133, 2011
- 4 中川正法。Charcot-Marie-Tooth 病の診断と治療・ケア。Peripheral Nerve 22(2):125-131, 2011
- 5 Ohara R, Hata K, Yasuhara N, Mehmood R, Yoneda Y, Nakagawa M, Yamashita T. Axotomy induces axonogenesis in hippocampal neurons by a mechanism dependent on importin β . Biochem Biophys Res Commun. 405:697-702, 2011.
- 6 Noto Y, Misawa S, Kanai K, Sato Y, Shibuya K, Iose S, Nasu S, Sekiguchi Y, Fujimaki Y, Ohmori S, Nakagawa M, Kuwabara S. Activity-dependent changes in impulse conduction of single human motor axons: A stimulated single fiber electromyography study. Clin Neurophysiol 122:2512-2517, 2011
- 7 Muranishi M, Inokawa H, Yamada H, Ueda Y, Matsumoto N, Nakagawa M, Kimura M. Inactivation of the putamen selectively impairs reward history-based action selection. Exp Brain Res 209:235-246, 2011
- 8 Okamoto Y, Higuchi I, Sakiyama Y, Tokunaga S, Watanabe O, Arimura K, Nakagawa M, Takashima H. A new

mitochondria-related disease showing myopathy with episodic hyper-creatine kinase-emia. *Ann Neurol* 70(3):486-492, 2011

- 9 Nakagawa M. Optinurin inclusions in proximal hereditary motor and sensory neuropathy (HMSN-P): familial amyotrophic lateral sclerosis with sensory neuronopathy? *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 82:1299, 2011
- 10 Nakagawa M. A commentary on Molecular diagnosis and clinical onset of Charcot-Marie-Tooth disease in Japan. *J Hum Genet* 56:341-342, 2011
- 11 Ohara R, Fujita Y, Hata K, Nakagawa M, Yamashita T. Axotomy induces axonogenesis in hippocampal neurons through STAT3. *Cell Death Dis* (on line)

口頭発表

- 1 第51回日本神経学会総会。中川正法、滋賀健介、桑原 聡、高嶋 博、有村公良、野元正弘。「Charcot-Marie-Tooth病 (CMT) 1Aに対するアスコルビン酸投与試験の結果」。平成22年5月 東京
- 2 第21回日本末梢神経学。中川正法、滋賀健介、早坂 清、蜂須賀研二、山下敏彦、高嶋 博、服部直樹、小野寺 理、大竹弘哲、山田隆司。「シャルコー・マリー・トゥース病 (CMT) 診療マニュアルの作成」。平成22年9月 仙台

学会発表

- 1 中川正法。「Charcot-Marie-Tooth病の治療戦略」。第52回日本神経学会総会シンポジウム 17「難治性末梢神経疾患の治療戦略」平成23年5月19日(木) 名古屋
- 2 中川正法。「Charcot-Marie-Tooth病の診断と治療・ケア」。第22回日本末梢神経学会学術集会 特別講演2 2011年9月3日(土) 沖縄
- 3 Nakagawa M. “Hereditary neuropathy: CMT and HMSN-P” Sao Paulo August 5th, 2011 Sao Paulo, Brazil. Morning Lecture in Division of Neurology of the Hospital das Clinicas of the University of Sao Paulo School of Medicine.

分担研究者

早坂 清

論文発表

- 1 Abe A, Nakamura K, Kato M, Numakura C, Honma T, Seiwa C, Shirahata E, Kishikawa Y, Hayasaka K. Compound heterozygous PMP22 deletion mutations causing severe Charcot-Marie-Tooth disease type 1. *J. Hum. Genet* 55:771-773, 2010
- 2 Abe A, Numakura C, Kijima K, Hayashi M, Hashimoto T, Hayasaka K. Molecular diagnosis and clinical onset of Charcot-Marie-Tooth disease in Japan. *J. Hum. Genet* 56: 364-368, 2011

学会発表

- 1 Hayasaka K: Clinical and molecular diagnosis of Charcot-Marie-Tooth disease in Japan. Peripheral nerve society Satellite meeting, Sydney; July 5-7, 2010.
- 2 阿部暁子, 林真貴子, 沼倉周彦, 木島一己, 橋本多恵子, 白幡恵美, 池上徹, 早坂清: 日本人における Charcot-Marie-Tooth 病 1A 型重複について. 第 114 回日本小児科学会学術集会 東京; 2011 年 8 月
- 3 中島正幸, 山下裕史郎, 永光信一郎, 大矢崇志, 原宗嗣, 渋谷郁彦, 松石豊次郎, 阿部暁子, 早坂清: Distal Hereditary Motor Neuropathy VI の兄弟例. 第 53 回日本小児神経学会総会 横浜; 2011 年 5 月
- 4 友納優子, 藤田貴子, 児玉梨恵, 二之宮信也, 井原由紀子, 中村紀子, 井手口博, 井上貴仁, 阿部暁子, 早坂清, 安元佐和, 廣瀬伸一: Charcot-Maire-Tooth disease with pyramidal features の 1 家系. 第 53 回日本小児神経学会総会 横浜; 2011 年 5 月

蜂須賀研二

論文発表

- 1 松嶋康之, 蜂須賀研二, シャルコー・マリー・トゥース病のリハビリテーション. *Peripheral Nerve* 22:31-38, 2011
- 2 和田太, 小田太士, 越智光宏, 蜂須賀研二, 白山義洋, 武本暁生, 樺島美由紀 上肢リハビリテーションロボットの運動様式と脳賦活. *北九州医工学術者協会誌* 20;7-12, 2010

学会発表

- 1 松嶋康之, 蜂須賀明子, 蜂須賀研二. ロボットスーツ HAL[®]による訓練が有用であつ

たシャルコー・マリー・トゥース病の 1 症例. 第 22 回日本末梢神経学会学術集会. 沖縄県宜野湾市, 2011 年 9 月

山下 敏彦

論文発表

- 1 渡邊耕太、山下敏彦. 手術療法・術後療法. CMT 診療マニュアル編集委員会編. シェルコー・マリー・トゥース病診療マニュアル. 金芳堂、京都、2010, 101-110.
- 2 渡邊耕太、山下敏彦. シェルコー・マリー・トゥース病の外科的治療. 末梢神経学会誌 22; 22-30, 2011.
- 3 木井雄一郎、鈴木智之、三好俊行、渡邊耕太、山下敏彦. 足部横アーチの評価とその荷重による変化: CT による 3 次元解析. 北整災誌 53:91-94, 2011.

学会発表

- 1 渡邊耕太、山下敏彦、中川正法、滋賀健介. Charcot-Marie-Tooth 病患者の ADL 障害と治療に関する実態調査. 第 84 回日本整形外科学会 平成 23 年 5 月 12-15 日. 於: 東京
- 2 木井雄一郎、鈴木智之、渡邊耕太、三好俊行、山下敏彦. 足部横アーチの荷重による変化の検討. 第 120 回北海道整形災害外科学会平成 23 年 1 月 22、23 日 於: 札幌
- 3 木井雄一郎、鈴木智之、渡邊耕太、寺本篤史、山下敏彦. 足部縦アーチの荷重による変化の検討. 日本靴医学会 平成 23 年 9 月 19、20 日 於: 奈良

高嶋 博

論文発表

- 1 Walton C, Interthal H, Hirano R, Salih MA, Takashima H, Boerkoel CF. Spinocerebellar ataxia with axonal neuropathy. *Adv Exp Med Biol.* 685:75-83, 2010
- 2 高嶋 博 遺伝疾患としての側面: 総論 シェルコー・マリー・トゥース病診療マニュアル CMT 診療マニュアル編集委員会 金芳堂 29-36, 2010
- 3 高嶋 博 遺伝疾患としての側面: PMP22/CMT1A シェルコー・マリー・トゥース病診療マニュアル CMT 診療マニュアル編集委員会 金芳堂 29-36, 2010
- 4 Nakamura T, Hashiguchi A, Suzuki S, Uozumi K, Tokunaga S, Takashima H. Vincristine exacerbates asymptomatic

Charcot-Marie-Tooth disease with a novel EGR2 mutation. *Neurogenetics.* 2012, 13 (11):77-81

- 5 Zhao Z, Hashiguchi A, Hu J, Sakiyama Y, Okamoto Y, Tokunaga S, Zhu L, Shen H, Takashima H. Alanine-tRNA synthetase mutation in a family with distal hereditary motor neuropathy. *Neurology,* 2012, in press
- 6 Sakiyama Y, Okamoto Y, Higuchi I, Inamori Y, Sangatsuda Y, Michizono K, Watanabe O, Hatakeyama H, Goto Y, Arimura K, Takashima H. A new phenotype of mitochondrial disease characterized by familial late-onset predominant axial myopathy and encephalopathy. *Acta Neuropathol.* 2011, 121(6):775-783
- 7 Okamoto Y, Higuchi I, Sakiyama Y, Tokunaga S, Watanabe O, Arimura K, Nakagawa M, Takashima H. A new mitochondria-related disease showing myopathy with episodic hyper-CKemia. *Ann Neurol.* 2011, 70(3) 486-492
- 8 Nishikawa N, Nagai M, Tsujii T, Tanabe N, Takashima H, Nomoto M. Three SCA2 sibs with Ataxia, Parkinsonism, and Motor Neuronopathy. *Internal Medicine,* 2011, 150(13): 1429-32

- 9 橋口昭大、高嶋 博. Charcot-Marie-Tooth 病の網羅的遺伝子診断. *Annual Review 神経 2012,* 中外医学社, 267-273
- 10 橋口昭大、高嶋 博. Hereditary neuropathy: variety of disease-causing genes and progress of molecular genetic diagnosis. *Brain Nerve* 2012, 63(6):539-548

学会発表

- 1 橋口昭大、中村友紀、徳永章子、岡本裕嗣、高嶋 博、有村公良. MFN2 点変異を有する軸策型 Charcot-Marie-Tooth 病 13 例の検討. 第 52 回日本神経学会学術大会 2011 年 5 月、名古屋市

- 2 中村友紀、樋口雄二郎、橋口昭大、徳永章子、岡本裕嗣、高嶋 博. MPZ 変異を伴う CMT11 例の検討. 第 52 回日本神経学会学術大会 2011 年 5 月、名古屋市
- 3 橋口昭大、中村友紀、徳永章子、岡本裕嗣、高嶋 博、有村公良. MFN2 点変異を有する軸策型 Charcot-Marie-Tooth 病 17 例の検討. 第 22 回日本末梢神経学会学術集会 2011 年 9 月、宜野湾市

滋賀健介 論文発表

- 1 Shiga K, Mizutani R, Isayama R, Shimazaki C, Tokuda T, Nakagawa M. Amyloid myopathy: a therapeutic trial for the rare and underdiagnosed myopathy with bortezomib. J Neurol 2010; 257:2091-2093.
- 2 諫山玲名、滋賀健介、田中瑛次郎、五影昌弘、徳田隆彦、中川正法. 構音障害とともなった封入体筋炎の 1 例. 臨床神経学 50; 695-699, 2010.
- 3 滋賀健介. シャルコー・マリー・トゥース病の内科的治療・注意すべき薬剤・麻酔について. Peripheral Nerve 22:12-21, 2011.
- 4 中川正法、滋賀健介. Charcot-Marie-Tooth 病の治療. 神経治療学 28: 129-133, 2011.
- 5 Sakamoto K, Imamura T, Niwa F, Komori S, Ishihara Y, Shiga K, Ito M, Hosoi M. Dermatomyositis developed in a recipient of allogenic BMT; the differentiation of chronic GVHD and autoimmune disease. Bone Marrow Transplant 125, doi:10.1038/bmt. [epub ahead of print], 2011

学会発表

- 1 シャルコー・マリー・トゥース病患者診療の現況—全国一次アンケート調査報告. 滋賀健介、中川正法. 第 21 回日本末梢神経学会、2010 年 9 月 4 日、フォレスト仙台.
- 2 滋賀健介、辻有希子、藤井ちひろ、能登祐一、中川正法. 慢性炎症性脱髄性多発神経炎 (CIDP) における初期改善・再発時の電気生理学的指標の検討. 第 52 回日本神経学会総会、名古屋市、2011 年 5 月.

- 3 滋賀健介、辻有希子、藤井ちひろ、能登祐一、中川正法. 慢性炎症性脱髄性多発神経炎 (CIDP) の脱髄病変分布パターンとサイクロスポリンの治療反応性に関する検討. 第 22 回日本末梢神経学会、沖縄、2011 年 9 月.
- 4 滋賀健介、能登祐一、水田依久子、近藤正樹、橋口昭大、高嶋博、中川正法. 第 90 回京滋末梢神経研究会、京都、2011 年 11 月.

研究協力者

大竹弘哲

論文発表

- 1 大竹弘哲. 日常生活と工夫、社会資源の利用. 末梢神経 22: 39-44; 2011.

口頭発表

- 1 大竹弘哲、和田直樹、宗宮真、長嶋和明、藤田清香、田中聡一、高嶋博、白倉賢二. シャルコー・マリー・トゥース病患者における装具使用効果の歩行分析による検討. 第 52 回日本神経学会学術大会. 平成 23 年 5 月 名古屋
- 2 大竹弘哲、滋賀健介、山田隆、中川正法. シャルコー・マリー・トゥース病患者会における世界的なネットワーク構築に向けて. 第 22 回日本末梢神経学会学術集会. 平成 23 年 9 月 沖縄
- 3 大竹弘哲、和田直樹、宗宮真、長嶋和明、田中聡一、白倉賢二. シャルコー・マリー・トゥース病患者における装具使用効果の歩行分析による検討. 第 48 回日本リハビリテーション医学会学術集会. 平成 23 年 11 月 千葉

G. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし

研究奨励分野 研究対象 疾患概要

【疾患名】	シャルコー・マリー・トゥース病
【患者数】	約 2000 名 (欧米では人口 2500 人に 1 人と報告されている)
【概要】	シャルコー・マリー・トゥース病 (CMT) は、臨床症状、電気生理学的検査所見、神経病理所見に基づいて、脱髄型と軸索型に大別され、さらにいくつかのサブタイプに分けられる。脱髄型 CMT では、一般的に神経伝導速度は 38 m/s 以下、活動電位はほぼ正常または軽度低下を示し、腓腹神経所見では節性脱髄、onion bulb の形成を認める。軸索型 CMT では、神経伝導速度は正常または軽度低下を示すが活動電位は明らかに低下し、腓腹神経所見では有髄線維の著明な減少を示す。しかし、いずれとも分けられない intermediate CMT も存在する。原因遺伝子が次々と明らかになり、その病態の解明が進んでいる。
【原因の解明】	これまでに 40 種類以上の CMT 原因遺伝子が特定されている (http://www.molgen.ua.ac.be/CMTMutations)。CMT の約半数は <i>PMP22</i> 重複による CMT1A と考えられている。脱髄型 CMT の原因遺伝子として、 <i>PMP22</i> 、 <i>GJB1</i> 、 <i>MPZ</i> など、軸索型 CMT の原因遺伝子として、 <i>MFN2</i> 、 <i>GAN1</i> 、 <i>TDPI</i> 、 <i>APTX</i> 、 <i>SETX</i> などが報告されている。同一の遺伝子であっても、異なる臨床型を示す場合がある。今後、CMT の効率のよい診断システムの開発、CMT データベースの構築、オーファンドラッグとしての治療法の開発が期待される。
【主な症状】	CMT は、一般的に四肢、特に下肢遠位部の筋力低下と感覚障害を示す疾患であるが、近年の原因遺伝子の解明にともない中枢神経系の障害も含む多様な臨床症状が明らかとなっている。まれに、四肢近位部優位の筋力低下・筋萎縮を示す例もある。自律神経障害が前面に出るタイプもある。
【主な合併症】	CMT 全体に共通する一般的な合併症としては、腰痛、便秘、足関節拘縮などが多く見られる。遺伝子異常のタイプによって、声帯麻痺、自律神経障害 (排尿障害、空咳、瞳孔異常)、視力障害、錐体路障害、糖尿病、脂質代謝異常症などの合併が見られる。重症例では、呼吸不全を来し、人工呼吸器を必要とする場合もある。
【主な治療法】	CMT の治療には、理学療法、手術療法、薬物治療がある。治療薬の開発に関しては、1) 神経栄養因子、2) プロゲステロン阻害薬および刺激薬、3) アスコルビン酸、4) クルクミンなどの研究が進められている。今後、遺伝子治療の開発、ロボット工学の応用も期待されている。
【研究班】	シャルコー・マリー・トゥース病の診断・治療・ケアに関する研究班 (H22-難治一般-115)

Disease Summary

【Name of the disease/symptom】	Charcot-Marie-Tooth disease
【Number of Patients】	approximately 2,000 patients(or one per 2,500 individuals in western literature)
【Background】	<p>Patients with Charcot-Marie-Tooth disease (CMT) are divided into demyelinating and axonal subtypes according to the electrophysiological and neuropathological findings. In the demyelinating subtypes, the nerve conduction velocity is less than 38 m/s and the sural nerve pathology includes the segmental demyelination and the onion bulb formation. In the axonal subtype, the nerve conduction velocity is normal or slightly decreased with reduced compound muscle action potentials, while the nerve pathology shows marked decrease of the number of myelinated axons. Another subtype, in which both patients with demyelinating subtypes and those with axonal subtypes are included in a single CMT family, is coined 'intermediate CMT'. Increasing number of causative genes has been identified for each subtype, while their pathomechanisms have remained to be elucidated.</p>
【Cause】	<p>More than 40 causative genes for CMT have been identified so far (http://molgen.ua.ac.be/CMT Mutations). Approximately half of the patients with CMT are due to the duplication of <i>PMP22</i>. Mutations of <i>PMP22</i>, <i>GJB1</i>, and <i>MPZ</i> result in demyelinating subtype, whereas mutations in <i>MFN2</i>, <i>GAN1</i>, <i>TDP1</i>, <i>APTX</i>, and <i>SETX</i> lead to axonal subtype. In addition, a particular CMT gene can sometimes result in both axonal and demyelinating subtypes. It is required to generate an efficient procedure for genetic diagnosis for CMT, to create a CMT database, and to develop therapies for CMT including potential orphan drugs.</p>
【Major symptoms】	<p>Most patients with CMT complain the weakness and the sensory deficits in distal extremities, especially in distal legs, while some patients may have diversified symptoms including those of the central nervous system. Some patients show proximally dominant atrophy and weakness, whereas others manifest the dysfunction of autonomic nervous system.</p>

【Major complications】	<p>Common complications in patients with CMT include lumbago, constipation, contracture of foot joints. Less common complications involve visual defect, pyramidal tract signs, diabetes mellitus, dyslipidemia, vocal cord paralysis, and autonomic nerve dysfunctions including dysuria, dry cough, and pupillary abnormalities. Patients with severe CMT symptoms can develop a respiratory failure which requires artificial ventilation support.</p>
【Major treatments】	<p>Therapies for CMT at present are basically symptomatic treatments including physiotherapy, orthopedic surgery, and medication. Potential therapeutic experiments and trials are in progress, including neurotrophic factors, progesteron antagonists, ascorbic acid, and curcumin. In addition, the development of gene therapy and the clinical application of robotics are also anticipated.</p>
【Contact information】	<p>The Research Committee of Charcot-Marie-Tooth Disease, the Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan. mnakagaw@koto.kpu-m.ac.jp</p>

分 担 研 究 報 告 書

シャルコー・マリー・トゥース病における手術療法の研究

分担研究者 山下敏彦 札幌医科大学医学部 整形外科 教授

シャルコー・マリー・トゥース病（以下 CMT）では四肢の麻痺に伴う変形・機能障害を生じる。手術療法はその機能を改善し、合併症を予防するために重要である。CMT に対する手術療法について過去の報告をレビューし、書籍・論文として発表した。臨床研究では CMT の経過や症状のバリエーション、足部変形の特徴と程度を評価し、治療の効果を検討した。基礎研究では CT データを用いた足部の 3 次元的画像解析方法を確立した。また下垂足に対する種々の手術方法の効果を検証した。これらの結果は、CMT における四肢障害の診断と治療成績を向上させる基礎的データとなるだろう。

A. 研究目的

CMT は四肢の麻痺に伴う変形・機能障害を生じ、特に足の障害が多く手術が必要になることがある。CMT における手術療法について、現在の傾向を知るために過去の報告をレビューしまとめる。また、足の障害について臨床的、基礎的に研究し、診断と治療に役立てることを目的とした。

B. 研究方法

1. CMT に対する手術方法のまとめ：過去に報告された文献やテキストをレビューし、治療法とその有効性を整理・記述した。

2. 臨床研究：CMT 症例に対する問診、理学検査、画像検査を行い、経過や症状のバリエーション、足部変形の特徴と程度を評価した。

3. 基礎研究：

A. 未固定凍結下肢標本に対し実際に手術を行い、正常足、下垂足、2 種類の手術後の各条件間で足部の変形や動きの変化を比較した。

B. CT による 3 次元的な足部の画像解析方法を確立するために、正常人の CT データから画像解析ソフトを用いて種々の計測を行った。

C. 研究結果

1. CMT に伴う四肢・脊椎の障害に対する種々の

手術方法をまとめた。結果は CMT 診療マニュアル編集委員会によって編纂された「シャルコー・マリー・トゥース病診療マニュアル」と、末梢神経学会誌に発表した。（G.研究発表の項を参照）

2. 臨床研究：症例は 2 例であった。

1 例目は 50 歳代女性。両足の凹足変形と筋力低下を自覚するも放置していた。家族歴と電気生理学的検査で脱髄所見を認め、CMT と診断した。

理学療法の適応と考え関節可動域拡大、筋力維持・増強訓練を行い経過観察した。

2 例目は 40 歳代男性。小児期から CMT と診断され両足に複数回の手術歴があった。足部に皮膚潰瘍と難治性の感染を生じ、その原因は尖足が存在するためと考え、アキレス腱延長術と後脛骨筋腱前方移行術を施行した。術後は尖足が改善され足関節背屈可能となり歩容も改善、潰瘍は治癒した。

これらから、軽症例では理学療法が有効であるが、重症例では複数回の手術を必要とし、変形矯正が不十分または変形や麻痺の進行が見られた場合には合併症を生じることが認識された。

3. 基礎研究：

A. 下垂足に対して後脛骨筋腱前方移行術、Bridle 法を行った場合、模擬歩行立脚期初期の足部背屈は正常に近いレベルまで回復した。しかし、

立脚期後期の足部底屈は正常よりも小さかった。また、2つの術式間で足部の動きに大きな相違はなかった。

B. CTデータを用いて構成された3次元足骨モデルにより、荷重による足構造の変化を可視化することが可能であった。その結果、荷重による足部の形状変化を定量的に分析でき、その変化は足の部位により異なることがわかった。

D. 考察

行われた一連の研究で、基礎研究からは画像による病態の把握と、異なる手術による効果の違いを分析できた。一方、臨床研究からは、CMTの重症度や病態にはバリエーションが大きく、その治療においては症例ごとに詳細な病態把握を行った上で治療方針を決定すべきことがわかった。

E. 結論

本研究結果から、CTデータを用いて確立した画像解析法はCMTの足部障害の病態把握と治療法の決定に有用であると考えられた。また、現在下垂足に対して行われている手術手技は、歩行における足部の動きを完全には正常化していないことがわかった。そのため、手術術式についてはさらなる研究が必要である。以上の基礎的研究と臨床研究の結果は、CMTにおける足部疾患の診断と治療成績を向上させる基礎データとなった。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究発表

著書

- 1 シャルコー・マリー・トゥース病診療マニュアル。CMT診療マニュアル編集委員会編、金芳堂、京都

1. 論文発表

- 1 渡邊耕太、山下敏彦. 手術療法・術後療法. CMT診療マニュアル編集委員会編. シャルコー・マリー・トゥース病診療マニュアル. 金芳堂、東京、2010, 101-110.
- 2 渡邊耕太、山下敏彦. シャルコー・マリー・トゥース病の外科的治療. 末梢神経学会誌 22; 2-30,2011.

- 3 木井雄一郎、鈴木智之、三好俊行、渡邊耕太、山下敏彦. 足部横アーチの評価とその荷重による変化: CTによる3次元解析. 北整災誌 53; 91-94, 2011.

2. 学会発表

- 1 渡邊耕太、山下敏彦、中川正法、滋賀健介. Charcot-Marie-Tooth病患者のADL障害と治療に関する実態調査. 第84回日本整形外科学会 平成23年5月12-15日. 於: 東京
- 2 木井雄一郎、鈴木智之、渡邊耕太、三好俊行、山下敏彦. 足部横アーチの荷重による変化の検討.
- 3 第120回北海道整形災害外科学会 平成23年1月22、23日 於: 札幌
- 4 木井雄一郎、鈴木智之、渡邊耕太、寺本篤史、山下敏彦. 足部縦アーチの荷重による変化の検討.
- 5 日本靴医学会 平成23年9月19、20日 於: 奈良

H. 知的所有権の取得状況（予定を含む）

1. 特許取得
2. 実用新案登録
3. その他

研究協力者

渡邊耕太

(札幌医科大学医学部整形外科)

日本人 Charcot-Marie-Tooth 病における病態解明

および新規遺伝子解明の試み

分担研究者 早坂 清 山形大学医学部 小児科 教授

Charcot-Marie-Tooth (CMT) 病は最も頻度の高い遺伝性ニューロパチーである。現在までに、27 以上の病因遺伝子が明らかにされている。私達は日本人 CMT 病の症例を系統的に解析し、病態を解明することを目的とした。髄鞘型 227 例を解析し、17p11.2 遺伝子重複 53 例、PMP22, MPZ, NEFL, GJB1, EGR2, PRX の変異を 63 例に検出し、111 例は病因を特定できなかった。また、軸索型 127 例を解析し、MFN2, GARS, GDAP1, GJB1 の変異を 27 例に検出し、100 例は病因を特定できなかった。日本人 CMT 病では、欧米に比して 17p11.2 遺伝子重複が少なく、また両病型ともに病因が特定できない症例が多かった。病態解明のためには、次世代 sequencer などを用いた遺伝子解析が必要と考え、劣性遺伝を示す一家系について、連鎖解析と次世代 sequencer を用いた遺伝子解析を試みたが、連鎖部位は判明したものの病因遺伝子は特定出来なかった。

A. 研究目的

Charcot-Marie-Tooth (CMT) 病は有病者が 2500 人に 1 人と、最も頻度の高い遺伝性ニューロパチーである。現在までに、27 以上の病因遺伝子が明らかにされている。私達は日本人 CMT 病の多数の症例を系統的に解析すること、および病因不明な症例を対象とし、新たな病因遺伝子を解析し、病態の解明を試みることを目的とした。

B. 研究方法

対象は、髄鞘型 227 例および軸索型 127 例である。前者では、17p11.2 の遺伝子重複を FISH 法やサザンブロット法により調べ、重複を認めない症例では、SSCP, DGGE, DHPLC 法を用いて各種遺伝子変異についてスクリーニングし、陰性の症例は、更に MLPA 法を用いて遺伝子の量的変化を調べた。後者では、DHPLC を用いて主要遺伝子変異を調べ、陰性の症例は更に MLPA 法を用いて遺伝子の量的変化を調べた。最終的には遺伝子配列を決定し確認した。

新たな病因遺伝子解明の対象は、両親に血族婚があり、両親および同胞 2 人は健康、罹患者が 2 名存在する軸索型 CMT 病の 1 家系である。方法と

しては、genome-wide SNP microarray technology (Illumina 社) を用いた連鎖解析と次世代 sequencer を用いた遺伝子解析である。
(倫理面への配慮)

研究に関しては、山形大学倫理委員会の承諾を得ている。また、遺伝子検索に際しては、文章による承諾を得ており、発表などに際しては匿名化をし個人情報保護している。

C. 研究結果

髄鞘型 227 例を解析し、17p11.2 遺伝子重複 53 例、PMP22 10 例、MPZ 20 例、NEFL 8 例、GJB1 19 例、EGR2 1 例、PRX 5 例の変異を検出し、111 例は病因を特定できなかった。また、軸索型 127 例を解析し、MFN2 14 例、GARS 1 例、GDAP1 1 例、GJB16 例の変異を検出し、100 例は病因を特定できなかった。以上の検索から、日本人 CMT 病では、欧米に比して 17p11.2 遺伝子重複が少なく、また両病型ともに病因が特定できない症例が多かった。

新たな病因遺伝子の検索では、genome-wide SNP microarray technology により 12 番染色体に連鎖していることが確認された。次世代 sequencer で、12 番染色体のほぼ全ての配列が判読出来、一部は