

## 「脊髄損傷のニューロリハビリテーション」に寄せて

中澤公孝\*

### Prefatory Note of Special Issue “Neurorehabilitation for Spinal Cord Injury”

Kimitaka NAKAZAWA\*

#### Abstract

This issue, “Neurorehabilitation for Spinal Cord Injury” is specially edited with the review of articles overviewing current advances in these studies that are related to fundamentals of neurorehabilitation practices for individuals with spinal cord injuries. Each article includes the review of related literatures for particular topics and the recent experimental results of authors’ own studies. It would be great pleasure of the editor, if the special issue can be of any help for researchers, clinician or therapists who are interested in recent advances in the research field of neurorehabilitation for spinal cord injury.

キーワード：ニューロリハビリテーション、脊髄損傷、再生医学

2009年12月10日 受付

2010年1月8日 採択

国立障害者リハビリテーションセンターでは、2005年10月にロボット型歩行トレーニングシステム「ロコマット」(Lokomat<sup>®</sup>、Hocoma社、スイス)を導入以来、脊髄損傷や脳卒中の患者を対象とした臨床研究と、歩行トレーニングの効果を科学的に検証するための基礎研究の両面に取り組んできた。同システムは全世界で既に200以上販売されており、臨床データの集積と分析が進められている。もとより単一のシステムで行うことができる臨床試験の数は限られており、当センターのみで臨床試験を行うことに多くの意義は見いだせなかった。そのため私たちの研究グループは、少ない症例について、そのトレーニング効果を様々な側面から精査するとともに、このシステムを用いた歩行トレーニング自体が有する生理学的な影響、特に神経生理学的影響について徹底的に調べることに重点を置いてきた。本特集では、これまで研究所運動機能系障害研究部が中心となって取り組んできた研究

を総括しつつ、脊髄損傷のニューロリハビリテーションに関連する周辺領域の研究と併せてこの分野の動向について整理してみることにした。はじめに、ロコマットを用いた歩行トレーニングの総称であるトレッドミル歩行トレーニングの理論と実際について中澤が概説する。続いて、歩行トレーニング理論の核に関連する「脊髄歩行中枢の構造と機能」について、河島則天研究員がまとめる。その後は、運動機能系障害研究部が取り組んできた研究の成果を中心に関連する研究の動向をまとめて紹介する。一つ目は、トレッドミル歩行トレーニングの重要な要素である受動ステップングの効果に関連する研究結果である。受動ステップングとは、自力でのステップングが不可能な患者の下肢を理学療法士あるいはロコマットのようなロボットが補助して行うステップングのことである。麻痺した下肢を動かすことにより下肢の感覚受容器を賦活し、ステップングパターンに即した感覚情報を残存脊髄およ

\* 東京大学大学院総合文化研究科

\* Department of Life Sciences, The University of Tokyo

び他の中枢神経系に送り込もうというのが受動ステップングの意図である。受動ステップングに伴う感覚情報が中枢神経系に対してどのような影響をもたらしているのか、共に流動研究員として多くの研究成果を上げた上林清孝氏と中島剛氏に自らの研究結果を中心にまとめていただいた。立位での受動ステップングは自律神経系にも強い刺激を与え、それが呼吸循環系や運動系にも諸種の影響を生む。尾方寿好氏はこの観点から、多くの実験を行い、その成果を論文として精力的に発表してきた。これまでの成果を中心にこの面の研究をまとめていただいた。立位歩行の再獲得は、最終的には立位姿勢の再獲得無くして実現しない。脊髄の歩行パターンジェネレーターが注目され、末梢感覚入力によってこれが賦活されることなど、ステップングを引き出す要因はかなり明らかにされてきた。しかし、例えば、立位姿勢保持に必要な筋トーンスをいかにして引き出すのか、は不明であって、自立歩行の再獲得に成功した不全脊髄損傷者の立位姿勢再獲得がいかなる機序でなされたのかは明白ではない。これは、突き詰めればヒトの立位姿勢と二足歩行を司る神経機構がそもそも未解明なためである。小幡博基氏はヒトの立位姿勢制御の本質的機序に迫る研究を行ってきた。今回はこれまでの成果と関連する先行研究を解説していただいた。最後に、脊髄損傷のニューロリハビリテーションは、現状では理論的に不全損傷の機能回復に対して効果を見込むことができるが、完全損傷の機能回復に対しては効果が無い。最新の再生医学への期待は、完全に脳との繋がりを遮断された脊髄に対して、部分的な結合ができないか、完全に遮断された脳からの下行路の一部再結合ができないか、という点にある。すなわち、完全損傷が不全損傷に変わることが可能になれば、リハビリテーションによる脊髄の再組織化と、それを基盤とする諸種機能の再学習が理論上実現可能となるのである。その意味からも、今後、再生医療への応用を目指す細胞工学的研究と、主にヒトを対象とした臨床的研究の連携が必須となろう。この基本的研究戦略を明確にする意図をもって、本特集の最後に、緒方徹現運動機能系障害研究部長には、細胞工学的アプローチで脊髄の軸策再生に挑戦してきたこれまでの研究の成果と、脊髄の再生医療の最新の動向について解説していただいた。

## 「脊髄損傷のニューロリハビリテーション」に寄せて

中澤公孝\*

### Prefatory Note of Special Issue “Neurorehabilitation for Spinal Cord Injury”

Kimitaka NAKAZAWA\*

#### Abstract

This issue, “Neurorehabilitation for Spinal Cord Injury” is specially edited with the review of articles overviewing current advances in these studies that are related to fundamentals of neurorehabilitation practices for individuals with spinal cord injuries. Each article includes the review of related literatures for particular topics and the recent experimental results of authors’ own studies. It would be great pleasure of the editor, if the special issue can be of any help for researchers, clinician or therapists who are interested in recent advances in the research field of neurorehabilitation for spinal cord injury.

キーワード：ニューロリハビリテーション、脊髄損傷、再生医学

2009年12月10日 受付

2010年1月8日 採択

国立障害者リハビリテーションセンターでは、2005年10月にロボット型歩行トレーニングシステム「ロコマット」(Lokomat<sup>®</sup>、Hocoma社、スイス)を導入以来、脊髄損傷や脳卒中の患者を対象とした臨床研究と、歩行トレーニングの効果を科学的に検証するための基礎研究の両面に取り組んできた。同システムは全世界で既に200以上販売されており、臨床データの集積と分析が進められている。もとより単一のシステムで行うことができる臨床試験の数は限られており、当センターのみで臨床試験を行うことに多くの意義は見いだせなかった。そのため私たちの研究グループは、少ない症例について、そのトレーニング効果を様々な側面から精査するとともに、このシステムを用いた歩行トレーニング自体が有する生理学的な影響、特に神経生理学的影響について徹底的に調べることに重点を置いてきた。本特集では、これまで研究所運動機能系障害研究部が中心となって取り組んできた研究

を総括しつつ、脊髄損傷のニューロリハビリテーションに関連する周辺領域の研究と併せてこの分野の動向について整理してみることにした。はじめに、ロコマットを用いた歩行トレーニングの総称であるトレッドミル歩行トレーニングの理論と実際について中澤が概説する。続いて、歩行トレーニング理論の核に関連する「脊髄歩行中枢の構造と機能」について、河島則天研究員がまとめる。その後は、運動機能系障害研究部が取り組んできた研究の成果を中心に関連する研究の動向をまとめて紹介する。一つ目は、トレッドミル歩行トレーニングの重要な要素である受動ステップングの効果に関連する研究結果である。受動ステップングとは、自力でのステップングが不可能な患者の下肢を理学療法士あるいはロコマットのようなロボットが補助して行うステップングのことである。麻痺した下肢を動かすことにより下肢の感覚受容器を賦活し、ステップングパターンに即した感覚情報を残存脊髄およ

\* 東京大学大学院総合文化研究科

\* Department of Life Sciences, The University of Tokyo

び他の中枢神経系に送り込もうというのが受動ステップングの意図である。受動ステップングに伴う感覚情報が中枢神経系に対してどのような影響をもたらしているのか、共に流動研究員として多くの研究成果を上げた上林清孝氏と中島剛氏に自らの研究結果を中心にまとめていただいた。立位での受動ステップングは自律神経系にも強い刺激を与え、それが呼吸循環系や運動系にも諸種の影響を生む。尾方寿好氏はこの観点から、多くの実験を行い、その成果を論文として精力的に発表してきた。これまでの成果を中心にこの面の研究をまとめていただいた。立位歩行の再獲得は、最終的には立位姿勢の再獲得無くして実現しない。脊髄の歩行パターンジェネレーターが注目され、末梢感覚入力によってこれが賦活されることなど、ステップングを引き出す要因はかなり明らかにされてきた。しかし、例えば、立位姿勢保持に必要な筋トーンスをいかにして引き出すのか、は不明であって、自立歩行の再獲得に成功した不全脊髄損傷者の立位姿勢再獲得がいかなる機序でなされたのかは明白ではない。これは、突き詰めればヒトの立位姿勢と二足歩行を司る神経機構がそもそも未解明なためである。小幡博基氏はヒトの立位姿勢制御の本質的機序に迫る研究を行ってきた。今回はこれまでの成果と関連する先行研究を解説していただいた。最後に、脊髄損傷のニューロリハビリテーションは、現状では理論的に不全損傷の機能回復に対して効果を見込むことができるが、完全損傷の機能回復に対しては効果が無い。最新の再生医学への期待は、完全に脳との繋がりを遮断された脊髄に対して、部分的な結合ができないか、完全に遮断された脳からの下行路の一部再結合ができないか、という点にある。すなわち、完全損傷が不全損傷に変わることが可能になれば、リハビリテーションによる脊髄の再組織化と、それを基盤とする諸種機能の再学習が理論上実現可能となるのである。その意味からも、今後、再生医療への応用を目指す細胞工学的研究と、主にヒトを対象とした臨床的研究の連携が必須となろう。この基本的研究戦略を明確にする意図をもって、本特集の最後に、緒方徹現運動機能系障害研究部長には、細胞工学的アプローチで脊髄の軸策再生に挑戦してきたこれまでの研究の成果と、脊髄の再生医療の最新の動向について解説していただいた。

## 「脊髄損傷のニューロリハビリテーション」に寄せて

中澤公孝\*

### Prefatory Note of Special Issue “Neurorehabilitation for Spinal Cord Injury”

Kimitaka NAKAZAWA\*

#### Abstract

This issue, “Neurorehabilitation for Spinal Cord Injury” is specially edited with the review of articles overviewing current advances in these studies that are related to fundamentals of neurorehabilitation practices for individuals with spinal cord injuries. Each article includes the review of related literatures for particular topics and the recent experimental results of authors’ own studies. It would be great pleasure of the editor, if the special issue can be of any help for researchers, clinician or therapists who are interested in recent advances in the research field of neurorehabilitation for spinal cord injury.

キーワード：ニューロリハビリテーション、脊髄損傷、再生医学

2009年12月10日 受付

2010年1月8日 採択

国立障害者リハビリテーションセンターでは、2005年10月にロボット型歩行トレーニングシステム「ロコマット」(Lokomat<sup>®</sup>、Hocoma社、スイス)を導入以来、脊髄損傷や脳卒中の患者を対象とした臨床研究と、歩行トレーニングの効果を科学的に検証するための基礎研究の両面に取り組んできた。同システムは全世界で既に200以上販売されており、臨床データの集積と分析が進められている。もとより単一のシステムで行うことができる臨床試験の数は限られており、当センターのみで臨床試験を行うことに多くの意義は見いだせなかった。そのため私たちの研究グループは、少ない症例について、そのトレーニング効果を様々な側面から精査するとともに、このシステムを用いた歩行トレーニング自体が有する生理学的な影響、特に神経生理学的影響について徹底的に調べることに重点を置いてきた。本特集では、これまで研究所運動機能系障害研究部が中心となって取り組んできた研究

を総括しつつ、脊髄損傷のニューロリハビリテーションに関連する周辺領域の研究と併せてこの分野の動向について整理してみることにした。はじめに、ロコマットを用いた歩行トレーニングの総称であるトレッドミル歩行トレーニングの理論と実際について中澤が概説する。続いて、歩行トレーニング理論の核に関連する「脊髄歩行中枢の構造と機能」について、河島則天研究員がまとめる。その後は、運動機能系障害研究部が取り組んできた研究の成果を中心に関連する研究の動向をまとめて紹介する。一つ目は、トレッドミル歩行トレーニングの重要な要素である受動ステップングの効果に関連する研究結果である。受動ステップングとは、自力でのステップングが不可能な患者の下肢を理学療法士あるいはロコマットのようなロボットが補助して行うステップングのことである。麻痺した下肢を動かすことにより下肢の感覚受容器を賦活し、ステップングパターンに即した感覚情報を残存脊髄およ

\* 東京大学大学院総合文化研究科

\* Department of Life Sciences, The University of Tokyo

び他の中枢神経系に送り込もうというのが受動ステップングの意図である。受動ステップングに伴う感覚情報が中枢神経系に対してどのような影響をもたらしているのか、共に流動研究員として多くの研究成果を上げた上林清孝氏と中島剛氏に自らの研究結果を中心にまとめていただいた。立位での受動ステップングは自律神経系にも強い刺激を与え、それが呼吸循環系や運動系にも諸種の影響を生む。尾方寿好氏はこの観点から、多くの実験を行い、その成果を論文として精力的に発表してきた。これまでの成果を中心にこの面の研究をまとめていただいた。立位歩行の再獲得は、最終的には立位姿勢の再獲得無くして実現しない。脊髄の歩行パターンジェネレーターが注目され、末梢感覚入力によってこれが賦活されることなど、ステップングを引き出す要因はかなり明らかにされてきた。しかし、例えば、立位姿勢保持に必要な筋トーンスをいかにして引き出すのか、は不明であって、自立歩行の再獲得に成功した不全脊髄損傷者の立位姿勢再獲得がいかなる機序でなされたのかは明白ではない。これは、突き詰めればヒトの立位姿勢と二足歩行を司る神経機構がそもそも未解明なためである。小幡博基氏はヒトの立位姿勢制御の本質的機序に迫る研究を行ってきた。今回はこれまでの成果と関連する先行研究を解説していただいた。最後に、脊髄損傷のニューロリハビリテーションは、現状では理論的に不全損傷の機能回復に対して効果を見込むことができるが、完全損傷の機能回復に対しては効果が無い。最新の再生医学への期待は、完全に脳との繋がりを遮断された脊髄に対して、部分的な結合ができないか、完全に遮断された脳からの下行路の一部再結合ができないか、という点にある。すなわち、完全損傷が不全損傷に変わることが可能になれば、リハビリテーションによる脊髄の再組織化と、それを基盤とする諸種機能の再学習が理論上実現可能となるのである。その意味からも、今後、再生医療への応用を目指す細胞工学的研究と、主にヒトを対象とした臨床的研究の連携が必須となろう。この基本的研究戦略を明確にする意図をもって、本特集の最後に、緒方徹現運動機能系障害研究部長には、細胞工学的アプローチで脊髄の軸策再生に挑戦してきたこれまでの研究の成果と、脊髄の再生医療の最新の動向について解説していただいた。