

非対称歩行環境での歩行適応に貢献する肢体運動の解明

埼玉県立大学大学院保健医療福祉学研究科 博士論文

指導教員 金村尚彦 星文彦 金野倫子

2020年3月

1991006 平田恵介

ヒトは中枢神経系で運動指令を生成することで様々な環境に適応した二足歩行を実現している。運動指令は肢体間 (interlimb) および肢体内 (intralimb) 協調によって運動を調節する。この協調性は我々が多くの関節運動を制御することを助ける。こうした歩行の調節系のメカニズムを実証するため、近年 split-belt (左右が異なるベルト速度) treadmill による連続的な外乱時の時空間変数の変化によって歩行適応性を記述する手法が用いられてきた。また先行研究はこの手法を片麻痺者の対称な歩行を学習するツールとして臨床応用に向けたデータを提供してきた。しかし、split-belt に対する適応反応が患者特異的であることはいずれの研究結果でも共通しており、その要因は未解明である。

そこで、本研究では、踵接地時点に着目した力学的安定性の分析と、脳卒中片麻痺者の歩行適応動態を分析することで、非対称歩行環境への歩行適応における肢体運動の影響を明確にすることを目的とした。目的達成のため、踵接地期、動的な力学的安定性、関節可動域の影響の3点を考慮し、split-belt treadmill 歩行課題を行った。

その結果、CoM-CoP 角 (Centre of Mass – Centre of Position 角) がベルト速度の非対称な状態でも左右で対称化する適応的变化を示し、全身体と前脚の動的に安定性の高い相対的位置関係であることを明らかにした。次に、肢体運動における物理的な運動制限の影響を鑑別した。片側の一関節の一方向に作った軽微な運動制限であっても肢体間協調性に悪影響を及ぼす結果となった。しかし、CoM-CoP 角の適応的变化には影響がなかった。最後に、片麻痺において CoM-CoP 角の適応的变化を示すか否かでサブグループ化した結果、時空間変数の対称化における患者特異性を区別することができた。つまり、split-belt treadmill 歩行課題がもたらすベルト速度の左右非対称な歩行環境に歩行を適応させる上では、接地において力学的安定性の高い全身との相対位置に前脚を予測的に配置することができることが片麻痺者の歩行適応能力を決定する因子であった。

以上のことから、非対称歩行環境での歩行適応に対して肢体間の協調運動の目的は、ステップ長の対称化が本質ではなく、動的安定性を通常の対称歩行と同様に収束させることであると考えられる。これは、split-belt treadmill を歩行運動学習の介入ツールとして応用する目的と、適用対象の解明に貢献する可能性がある。