

# 荷重免荷型トレッドミル AlterG の基礎的研究とその臨床応用

## Basic Study of AlterG Anti-Gravity Treadmill and its Clinical Application

スポーツ医科学研究領域

5011A074-0 武捨 友里恵

研究指導教員：福林 徹 教授

### 第1章 緒言

下肢に歩行困難な障害を負った患者は、リハビリテーションを行う際、バランス感覚や衝撃吸収能力を養うために体重を免荷した状態でのトレーニングを行う必要がある。早期から関節可動域の獲得や筋力回復などのためのトレーニングを開始することができれば、早期に日常生活やスポーツに復帰することが可能である。そこで、近年注目されているのが、空気圧差を用いた荷重免荷型トレッドミル AlterG である。AlterG は簡便に使用できるため、整形外科的疾患やスポーツ選手の競技復帰に有用ではないかと期待されており、海外でも基礎研究および臨床への応用が検討され始めている。

### 第2章 健常者を対象とした基礎的歩行研究

【目的】荷重免荷型トレッドミル AlterG は免荷トレーニングの手法として注目されているが、基礎科学的知見は未だ少ない。そこで、異なる免荷条件において足踏み・歩行時における下肢筋群の筋活動量と足底圧の変化を検討することを目的とした。

【方法】健常成人男性8名を対象として実験を行った。測定には、荷重免荷型トレッドミル AlterG (AlterG Anti-Gravity Treadmill R: AlterG 社製)を用いた。実験試技は、足踏み、4km/h・6km/h の歩行とし荷重免荷量は体重比 100%、75%、50%、25%の計 12 試技とした。足踏みを行う際は、メトロノームを用いてペースを一定に保った。規定速度において 10 周期の動作計測および左脚の大腿直筋(RF)、大殿筋(GM)、大腿二頭筋長頭(BFL)、内側腓腹筋(MG)、ヒラメ筋(SOL)、前脛骨筋(TA)の表面筋電位と足底圧(荷重値(kg)、最大接触圧(kg/cm<sup>2</sup>)、接触面積(cm<sup>2</sup>))を計測した。動作計測はハイスピードカメラ(CASIO 社製)を用いて左矢状面から撮影を行った。筋活動電位の測定には、ワイヤレス表面筋電計 WBA 装置(Mega Electronics Ltd, Finland)を用い、アナログ出力用アダプタを経由し、

Power Lab.(AD Instruments Japan Inc.)を用いて A/D 変換を行い、パーソナルコンピュータに記録した。サンプリング周波数は 1000Hz とした。足底圧の測定には、Foot Scan(NITTA 社製)を用い、サンプリング周波数は 100Hz とした。データ解析は、筋電図では、測定した 10 周期のうち安定した 3 周期を対象に行った。得られた筋電図波形から全波整流波形処理および 50msec の移動平均平滑化(Average Rectified Value: ARV)を行ったうえで、最大随意収縮時の筋活動量で標準化し%MVC を算出した。立脚期、遊脚期、1 周期における%MVC の平均値を average %MVC として比較対象に用いた。足底圧では、足底を前足部と後足部に分けた。荷重値と最大接触圧は、測定した 10 周期のうち 1 周期の最大値が最も高い周期から順に 3 つを抽出しそれらの平均値を用いた。接触面積は、抽出した 3 つの最大接触圧時の接触面積を平均した値を用いた。荷重値は、30 秒間の静止時の平均値も算出した。尚、筋電図、足底圧ともに各速度、体重比 100% の時の値を 100 として換算した値を用いた。統計処理は、足踏み・歩行時の筋活動および足底圧に関して、一元配置分散分析を用いた。尚、有意水準は 5%未満とした。

【結果】筋電図から、荷重免荷量が増加するに従い、筋活動量が減少する筋と増加する筋がみられた。足踏みでは、各相において免荷量が増加するに従い、GM、BFL の筋活動量は減少する傾向を示した。一方、RF、MG、SOL、TA は増加を示した。歩行では、各相において RF、GM の筋活動量は減少する傾向を示した。一方、BFL、TA は増加を示した。足底圧は、各部位において荷重免荷量が増加するに従い、荷重値、最大接触圧、接触面積は減少した。また、速度が上がるにつれて免荷量の増加に伴い、前足部の減少率は大きくなるが、後足部の減少率は小さくなる傾向がみられた。【考察】筋電図において、荷重免荷量が増加するに従い、

全ての速度、各相で筋活動量が有意に減少したのは GM であった。AlterG は、骨盤帯を機器に固定するため、歩行時に骨盤帯を支持する必要がない。これは、骨盤帯周囲の筋力トレーニングには向かないことを示している。一方、歩行において、荷重免荷量が増加するに従い、BFL、TA は増加を示した。BFL の増加は、免荷により遊脚期の推進力が得られにくくなるために、代償的に働いたのではないかと考えられる。TA の増加は、免荷量が増加することで、踵接地時に不安定性が増し、足関節を固定する必要性が増したことが関係していると考えられる。足底圧からは、速度が上がるにつれ踵接地中心の歩き方になると推察される。体重比 75%でのトレーニングが抗重力筋である大腿直筋や内側腓腹筋に対しても有用であると考えられる。体重比 25%時の筋活動量は、全荷重時と大きく異なることから、リハビリテーションでは免荷量を体重比 50%までとするのが適切であるといえる。それ以上の免荷量を用いると全荷重時の歩容と大きく異なると考えられる。

### 第 3 章 整形外科的疾患患者に対する臨床応用

【目的】荷重免荷型トレッドミル AlterG は、現在、日本の病院において 20 台程度導入されているが、AlterG 使用に関する症例報告はほとんどなされていない。AlterG は今後、整形外科的疾患患者やスポーツ復帰を目指すスポーツ選手に用いられることを期待されており、その効果を検討することでリハビリテーションに積極的に使用されることが考えられる。そこで本章では、下肢関節に整形外科的疾患を呈する患者に AlterG を用いた歩行トレーニングを行い、歩容改善や疼痛の軽減がみられるかを検討することを目的とした。

【方法】対象は、下肢関節に何らかの整形外科的疾患を呈した患者 6 名であった。ここでは、代表して 3 例について報告する。対象者は、3 ヶ月間、週に 1・2 回程度、理学療法士により徒手によるリハビリテーションを 15 分程度行った後、AlterG での歩行トレーニングを行った。AlterG の速度は、各対象者の歩行能力に合わせて決定、歩行時間は 10 分を基準としその日の体調を考慮して決定した。免荷量は初回到理学療法士の指示を受け、次回以降はそれに従い、患者の疼痛度を考慮して決定した。トレーニング開始時、1 ヶ月後、2 ヶ月後、3 ヶ月後に客観的評価と主観的評価を行った。客観的評価として、身体計測(身長・体重)、関節可動域(ROM, Heel Back Distance : HBD)、運動能力(10m 歩行(時間、歩数)、開眼片脚立位

時間(最長 120 秒))を測定した。また、主観的評価として、アンケート調査、疼痛についての指標は Numeric Rating Scale を用いた。

【結果】症例 1:男性 55 歳、身長 174. 5cm 体重 104kg 診断は、右膝関節拘縮、右膝内側半月板断裂、右膝骨軟骨損傷、右膝滑膜炎、両変形性膝関節症、薬物性胃炎であった。10m 歩行、開眼片脚立位時間は、AlterG 使用前後で即時効果は認められないが、トレーニング開始時と 3 ヶ月後では、10m 歩行時間は短縮し歩数も減少、開眼片脚立位時間も向上した。AlterG 使用中は主に正常歩容の獲得を目的とした。これは、通常歩行時の痛みがほとんどないため、意識的に行うことが可能だったといえる。症例 2:女性 69 歳、身長 153cm 体重 66kg 診断は、両変形性膝関節症であった。長年バドミントンを行うスポーツ競技者である。開眼片脚立位時間について AlterG 使用前後では疲労により前より後で短くなっているが、初回と 3 ヶ月後を比較すると右脚で 60 秒程度、左脚では 90 秒以上の改善がみられた。AlterG での歩行に慣れてくると痛みの改善がみられ、2 ヶ月後辺りからは周囲の人からも歩容の改善を認められる程に至った。症例 3:女性 72 歳、身長 151cm 体重 77kg 診断は、腰部脊柱管狭窄症、右変形性膝関節症であった。10m 歩行や開眼片脚立位時間において改善傾向はみられなかった。これは、膝の痛みより腰部の痛みが大きな原因といえる。しかし、AlterG 使用時は膝・腰に痛みがなく、通常歩行では 10 分間の連続歩行は不可能であるが、AlterG 使用時は問題なく行うことができ、運動量の確保に繋がったといえる。また、AlterG の機械的特性である骨盤の安定が、腰部を支え、痛みを軽減させたと考えられる。以上、症例 1 では比較的大型な体系、症例 2 ではスポーツ競技者、症例 3 では下肢以外にも疾患を持つ、という特徴のある 3 名であった。AlterG での歩行トレーニングを用いることで、症状にあわせて、正常な歩容獲得、痛みの軽減、運動量の確保が可能であると考えられる。

【結論】AlterG はリハビリテーションに有用であり、免荷量は体重比 50%までが適切であると示唆された。また、AlterG での歩行トレーニングは、症状にあわせて正常な歩容獲得、痛みの軽減、運動量の確保が可能であることが示唆された。