

## 論文の内容の要旨

論文題目 ノルディックウォーキングが下肢関節疾患患者の歩容と身体機能に及ぼす効果

氏名 加藤 徳明

### 【第1章】 序論

高齢になると、変形性膝関節症や変形性股関節症などの下肢関節疾患（下肢OA）が増加する。下肢OAでは、患足の関節患部に痛みが発生することから、歩行は健足に偏った非対称的な動作になる。また非対称的な歩行動作は、患足における下肢筋力の低下や、健足における関節疾患を引き起こす原因となる。下肢OAの治療法として手術療法と保存療法があるが、近年の研究において、保存療法のひとつである運動療法が疾患の抑制に効果があることが報告されている。運動療法として、水中ウォーキングは下肢への負荷軽減が期待できる運動として推奨されているが、日常生活において継続的に実施することが難しい。そこで本研究では、下肢への負荷軽減が期待でき、日常生活における運動として実施できるノルディックウォーキング（NW）による歩行方法や歩行トレーニング方法に着目した。先行研究において、健常者や疾患患者を対象に、NWを使用した歩行の生理学的効果や運動学的効果が明らかにされている。しかし、NWを使用した歩行方法が、下肢OAの非対称的な歩行動作を改善させる可能性があるのか、またNWによる歩行トレーニングが、下肢OAの身体機能や通常歩行動作の対称性を改善させる可能性があるのかについては明らかにされていない。本論文では、NWの下肢OAの運動療法としての有用性について明らかにするため、第2章～第4章の研究を行った。

### 【第2章】 下肢関節疾患患者の身体機能が歩容に及ぼす影響

下肢OAでは、身体機能が低下することや歩行動作の対称性が低下することが報告されているが、身体機能の変化が歩行動作の対称性にどのような影響を及ぼしているのか、その関係性については明らかにされていない。第2章では、下肢OAの歩行動作の対称性に影響を及ぼしている可能性がある身体機能の変化を明らかにすることを目的とした。対象は、下肢OA20名、健常高齢者30名の計50名とした。測定項目は、10m walking test (10WT)、等尺性膝関節伸筋筋力測定（下肢筋力測定）、Timed Up and Go test (TUG)、Functional reach test (FR) を行った。また、歩行動作を評価するため、10WTの測定時には、第3腰椎（腰部）と左右脚外顆（足部）に慣性センサを装着した。歩行動作の評価指標として、Step symmetry、Stride regularity、加速度成分ML比率、Step time variability、Step time asymmetryを算出した。下肢動作の時間変動や非対称性を示す指標であるStep time variability とStep time asymmetryは、足部の角速度波形からStep timeを計測して算出した。歩行動作の対称性を示す指標であるStep symmetryと規則性を示す指標であるStride regularityは、腰部の加速度波形の自己相関係数により算出した。歩行動作に影響を及ぼしている可能性がある身体機能について相関分析を用いて調べた。本章の研究結果として、下肢OAの身体機能は、健常高齢者と比較して、下肢筋力は疾患に伴って有意に低値を示し（ $p < 0.001$ ）、また下肢筋力左右差は有意に高値を示し、20%以上の左右差が生じていることが示された（下肢OA: 23.5%; 健常高齢者: 8.6%;  $p < 0.001$ ）。下肢OAではStep time variabilityとStep time asymmetryが有意に増加しており（Step time variability:  $p = 0.003$ ; Step time asymmetry:  $p < 0.001$ ）、左右脚における歩行動作の時間的変動や非対称性が大きいことが示された。また加速度成分ML比率が有意に高値を示し（ $p < 0.001$ ）、歩行時における左右方向の動揺が大きいことが示された。また歩行動作の対称性を示すStep symmetryは、全ての加速度成分において有意に低下し（AP成分:  $p < 0.001$ ; VT成分:  $p < 0.001$ ; ML成分:  $p =$

0.001)、下肢OAでは歩行動作の対称性が低下していることが示された。一方、歩行動作の規則性を示すStride regularityに有意な違いは認められなかった。歩行動作に影響を及ぼしている身体機能について相関分析によって調べた結果、下肢OAでは、下肢筋力左右差とStep symmetryのAP成分 ( $r = -0.78, p < 0.05$ , 図1) 及びVT成分 ( $r = -0.76, p < 0.05$ , 図2) との間に強い負の相関が認められた。下肢筋力左右差とStep symmetryの強い負の相関は、下肢筋力左右差の拡大に伴って、歩行動作の対称性が低下することを示している。腰部加速度波形のAP成分は歩行における推進や制動を示し、VT成分は踵接地から立脚中期の動作を示す。従って、下肢OAでは下肢筋力左右差によって右脚と左脚におけるこれらの歩行動作の対称性が低下している可能性が考えられる。第2章の研究によって、下肢OAでは下肢筋力左右差が歩行動作の対称性に影響を及ぼしている可能性があることが示された。

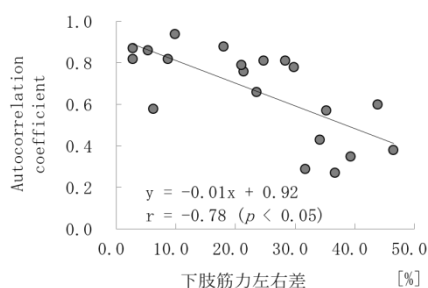


図1 下肢筋力左右差とstep symmetry (AP成分)の相関図

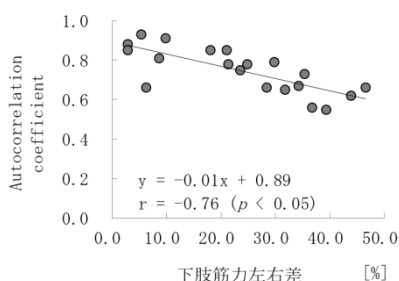


図2 下肢筋力左右差とstep symmetry (VT成分)の相関図

### [第3章] NWが下肢関節疾患患者の歩行動作の対称性に及ぼす効果

NWを使用した歩行が、下肢OAの歩行動作の対称性を改善させる可能性があるのかを調べることは、下肢OAにおける疾患の進行の抑制だけでなく、健康高齢者における下肢関節疾患の予防の観点からも重要である。先行研究において、NWを使用した歩行では、下肢の筋活動が低下することや足底圧が減少すること、股関節の可動域が拡大することなど、下肢における様々な効果が報告されており、下肢OAの歩行動作を改善させる可能性が考えられる。第3章では、NWを使用した歩行方法が、下肢OAの歩行動作の対称性を改善させる可能性があるのかを明らかにすることを目的とした。対象は下肢OA16名とし、通常歩行とNWにおける歩行動作の変化を調べた。歩行動作の評価指標は、第2章と同一とした。本章の研究結果として、まず、全被験者16名を対象に通常歩行とNWを比較した場合、NWを使用した歩行は通常歩行と比較して、歩行動作の対称性を示す指標であるStep symmetryのAP成分とVT成分が有意に改善することが示された (AP成分:  $p = 0.005$ ; VT成分:  $p = 0.015$ )。また、被験者16名を下肢筋力左右差が20%以上の非対称群 ( $n = 8$ ) と、20%未満の対称群 ( $n = 8$ ) の2群に分け、各群における通常歩行とNWを比較した結果、非対称群と対称群で変化の表れ方に違いが認められた。NWによるStep symmetryのAP成分とVT成分の改善は、下肢筋力左右差が20%以上の非対称群にのみ認められた (非対称群 Step symmetry AP成分:  $p = 0.001$ ; VT成分:  $p = 0.003$ )。この結果は、NWを使用した歩行は、全ての下肢OAの歩行動作の対称性を改善させるのではなく、下肢筋力左右差が20%以上の下肢OAにおいて効果的であることを示している。第3章の研究によって、NWを使用した歩行方法は、下肢OAの非対称的な歩行動作を改善させる有効な方法であることを示した。

### [第4章] NWによる歩行トレーニングが下肢関節疾患患者の身体機能や歩容に及ぼす効果

第3章では、NWによる歩行方法は、下肢OAにおける歩行動作の対称性を改善させることが示された。第3章の結果を踏まえ、NWを使用した歩行トレーニングを行うことで、対称的な歩行動作を習得することができ、ポー

ルを使用しない通常歩行における動作の対称性を向上させる可能性があるのではないかと考えた。第4章では、NWによる歩行トレーニング介入を行い、身体機能や通常歩行における歩行動作の対称性に及ぼす効果を明らかにすることを目的とした。対象は下肢OA24名とした。介入は、週1回、1時間のNWによる歩行トレーニングを10週間行った。測定項目は、10WT、TUG、FR、下肢筋力測定とし、介入の前後 (Pre, Post) における比較を行った。歩行動作の評価指標は、第2章と同一とした。本章の研究結果として、まず、全被験者24名を対象に介入効果を調べた結果、身体機能の変化として、下肢筋力が高い脚 (Stronger leg) と低い脚 (Weaker leg) の両脚における下肢筋力が改善することが示された (Stronger leg:  $p = 0.001$ ; Weaker leg:  $p = 0.021$ )。通常歩行動作の変化として、歩行動作の対称性を示すStep symmetryのAP成分とVT成分 (AP成分:  $p = 0.030$ ; VT成分:  $p = 0.026$ )、歩行時の左右方向の動揺を示す加速度成分ML比率 ( $p = 0.024$ ) が有意に改善した。また、非対称群と対称群の2群に分けて、各群における介入効果を調べた結果、身体機能の変化として、下肢筋力は非対称群では両脚において改善が認められたが (Stronger leg:  $p = 0.049$ ; Weaker leg:  $p = 0.039$ ; 図3)、対称群では変化は認められなかった。また、非対称群においてWeaker legの下肢筋力は12.0%改善したが、下肢筋力左右差が有意に改善するには至らなかった (非対称群 Pre:38.4%, Post: 36.4%;  $p = 0.482$ )。また通常歩行動作の変化として、非対称群ではStep symmetryとStride regularityのAP成分 (Step symmetry:  $p = 0.026$ , 図4; Stride regularity:  $p = 0.022$ )、加速度成分ML比率 ( $p = 0.003$ ) が有意に改善した。これは下肢筋力の向上によって下肢関節における支持性が高まり、歩行動作の対称性や左右方向の動揺が改善された可能性が考えられる。第4章の研究によって、NWによる歩行トレーニングは、下肢OAの下肢筋力を改善させ、また通常歩行動作における対称性と規則性を改善させることが示された。第4章の研究によって、NWによる歩行トレーニングは、下肢OAの身体機能や歩行動作を改善させる有効な運動療法になる可能性が示された。

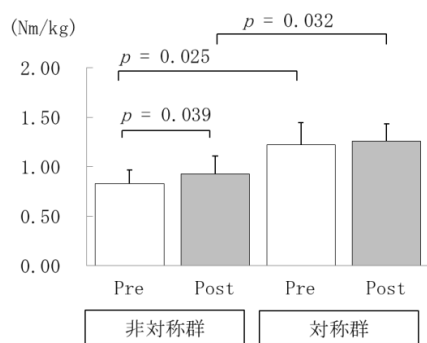


図3 等尺性膝関節伸筋力 (Weaker leg)

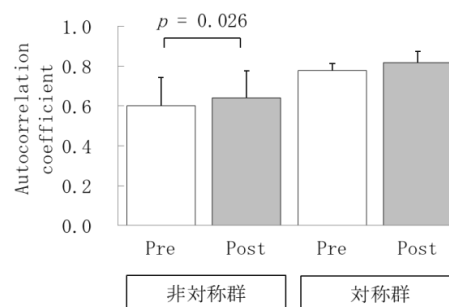


図4 Step symmetry (AP成分)

## [第5章] 結論

本論文では、下肢OAを対象にした場合における、NWを使用した歩行方法や歩行トレーニングの有用性について評価することを目的に研究を行った。第2章の研究では、下肢OAの下肢筋力左右差が、歩行動作の対称性に影響を及ぼしている可能性があることが示された。第3章の研究では、NWを使用した歩行方法は、下肢OAの非対称的な歩行動作を改善させる有効な方法であることを示した。第4章の研究では、NWを使用した歩行トレーニングは、下肢OAの下肢筋力を改善させ、通常歩行動作の対称性を改善させることが示された。また、第3章と第4章の研究において、下肢OAの下肢筋力左右差の大きさによって効果の表れ方に違いがある点についても明らかにした。本論文の研究を通して、NWを使用した歩行方法や歩行トレーニングは、下肢OAの身体機能と歩行動作を改善させることが示され、下肢OAの運動療法としての有用性が示された。