

REDUCED RISK OF DEEP VEIN THROMBOSIS (DVT)

深部静脈血栓症 (DVT) のリスク軽減

(要約)

深部静脈血栓症 (DVT) の発生リスクは、下肢の非荷重傷害を持つ患者において一般集団よりも高いことが広く知られています。例えば、足首や足の手術を受けた患者の DVT の有病率は 32% に達することが報告されています。このリスクは、血流の減少や筋ポンプ活動、筋肉への酸素供給の低下が長期間の固定による直接的な結果です。過去の研究では、松葉杖の使用が脚部の血液が滞留する原因となり、長時間の使用後にはふくらはぎの周囲が増加することが示されています。さらに、HFC (ハンドフリーキャリア) と松葉杖、膝スクーターを比較した研究では、HFC が通常の歩行と比べてポプリテアル血流や血管の寸法に有意な変化をもたらさなかったことが確認されました。HFC は、怪我をした肢の筋活動を高め、その結果、血流が増加することが分かっています。また、松葉杖の使用は、筋肉における脱酸素ヘモグロビンのレベルを上昇させ、これは DVT のリスクと関連しています。以前の研究では、膝を曲げた角度が DVT のリスクを高めるとされており、長時間座っている被験者が DVT を発症しやすいことが示されています。膝スクーターの使用は、膝の角度を約 90 度に固定するため、DVT のリスクが高まると考えられています。しかし、これらの研究は、座っている状態や膝スクーターを使用している際の筋活動の低下を考慮しておらず、筋ポンプ活動が静止を防ぐ上で重要であることが指摘されています。HFC も膝を約 90 度に曲げる構造を持っていますが、松葉杖や膝スクーターとは異なり、血流や筋活動の有意な低下を引き起こしません。この結果は、膝の曲がりによる悪影響が HFC によって軽減されることを示しており、筋活動が血流や DVT のリスク軽減に与える影響が膝の曲がりよりも大きいことを示唆しています。

(原文)

It is generally understood that the incidence of developing a deep vein thrombosis (DVT) is higher for patients with lower limb non-weight bearing injuries than for the general population (Saragas et al., 2014; Sullivan et al., 2019). For instance, the prevalence of DVT for patients after a foot and ankle surgery were reported to be as high as 32% (Saragas et al., 2014). The risk of DVT is a direct consequence of immobilization for prolonged periods of time due to the reduction in blood flow (Bleeker et al., 2004; Bradley et al., 2022; Ciufu et al., 2019), muscle pump activity (Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020) and muscle oxygen delivery (Bradley et al., 2023) for both knee scooters and crutches when compared to normal unassisted walking. Such prior studies support research that have directly shown blood pooling in the lower extremity as a consequence of crutch usage with an increase in calf circumference after a prolonged period of time (Tesch et al., 2004). A published study comparing the blood flow and vessel dimensions after using the HFC, knee scooter and crutches found that unlike knee scooters and crutches, the HFC did not lead to statistically significant reductions in popliteal blood flow and vessel dimension when compared to unassisted normal walking (Bradley et al., 2022). In addition to this, the HFC leads to a heightened level of muscle activity in the injured limb explaining the increased blood flow observed using the HFC due to prior studies that have shown the influence muscle activity has on blood flow (Bradley &

Hernandez, 2011; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020; Reb et al., 2021). Furthermore, crutches have been shown to elevate deoxygenated hemoglobin in the vastus lateralis, biceps femoris and lateral gastrocnemius muscles beyond levels typically measured for unassisted walking (Bradley et al., 2023). An increase of deoxygenated hemoglobin has been associated with the risk of developing a DVT in prior studies (Yamaki et al., 2011). This result is impactful as it has been argued in prior research that a flexed knee angle leads to increasing the risk of DVTs (Ciufo et al., 2019; Reb et al., 2021). For instance, subjects who sat for a prolonged period of time were shown to be more likely to develop a DVT according to one study (Kurosawa et al., 2022). Use of knee scooters, like sitting, fixes the knee angle to be approximately 90 degrees for a prolonged period of time. Another prior study argued that knee scooter users are more susceptible to developing a DVT due to the knee flexion (Ciufo et al., 2019). Furthermore, this study concluded that knee flexion had a direct impact on blood flow due to the reduction in blood flow observed using a knee scooter (Ciufo et al., 2019). However, these studies were limited in that it did not consider the decrease in muscle activity when both sitting as well as ambulating using the knee scooter as muscle pump activity is crucial for preventing stasis (Reb et al., 2021). Like scooters, the HFC has a knee flexion angle that is approximately 90 degrees. However, unlike knee scooters and crutches, the HFC does not lead to a statistically significant reduction in blood flow and muscle activity (Bradley et al., 2022; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020). This result shows that the negative effects of knee flexion can be mitigated with the HFC and that muscle activity has a greater impact on blood flow and reducing the risk of DVT than knee flexion.

INCREASED BLOOD FLOW

血流の増加

(要約)

研究が発表された「Foot and Ankle Orthopaedics」において、40人の参加者を対象に、HFC（ハンズフリークランプ）、膝スクーター、松葉杖を使用した際の血流と血管の寸法を比較した結果、HFCは膝スクーターや松葉杖に比べて、膝窩血流および血管の寸法において有意に血流の低下が少ないことが明らかになりました。この発見は、膝スクーターにおいて有意な血流の低下が見られたという他の研究結果と一致し、松葉杖が最も血流を減少させる要因であることも示されています。HFCで観察された血流の増加は、ぶら下がった脚の筋肉活動がHFCを使用することで高まるためとされています。さらに、他の研究も筋肉の活動が血流に大きな影響を与えることを示しています。血流の減少は、特に動かない期間において重要な懸念事項であり、研究によれば、8時間の連続座位によって血流が61%減少することが示されています。長時間の不動状態が続くと、下肢の深部静脈血栓症（DVT）を引き起こし、痛みや静脈うっ血、さらには生命を脅かす肺塞栓症（PE）を引き起こす可能性があります。特に、ある研究では48時間以上の血液がプールされることがDVTの発生と関連していることが示されています。血流の減少は、怪我をした筋肉や骨に対する酸素供給に影響を与え、治療に重要です。特に、ある研究では、松葉杖を使用することで下肢

の筋肉の酸素飽和度が低下したことが報告されています。一方で、HFC は、松葉杖に比べて血流と酸素供給が大幅に向上しており、正常な自立歩行に近いレベルに達しています。松葉杖や膝スクーターを使用した際の膝窩静脈血流は損なわれています。過去の研究では、固定された膝の角度が DVT のリスクを高める要因とされていますが、HFC の使用により、筋肉の活動が増加するため、これらの悪影響が軽減されます。さらに、筋肉の活動が血流に与える影響は、膝の屈曲角度よりも大きいことが示されており、これは膝の屈曲角度が DVT の発生に直接的に結びつくという従来の見解を変えるものです。

A study published in *Foot and Ankle Orthopaedics* compared the blood flow and vessel dimensions following ambulation using the HFC, knee scooter and crutches for 40 participants (Bradley et al., 2022). This study found that the HFC led to a significantly lower decline in blood flow when compared to both knee scooters and crutches in popliteal blood flow and vessel dimension (Bradley et al., 2022). The results of this study corroborate the findings of other prior works which reported a significant decline in blood flow for knee scooters (Ciufu et al., 2019) with crutches leading to the greatest decrease (Reb et al., 2021). The increased blood flow observed with the HFC was attributed to the heightened muscle activity with the HFC in the suspended limb compared to both crutches and knee scooters (Bradley et al., 2022; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020). This study along with other research have shown that muscle activity has a major impact on blood flow (Bradley et al., 2022; Bradley & Hernandez, 2011; Reb et al., 2021).

A study published in *Foot and Ankle Orthopaedics* compared the blood flow and vessel dimensions following ambulation using the HFC, knee scooter and crutches for 40 participants (Bradley et al., 2022). This study found that the HFC led to a significantly lower decline in blood flow when compared to both knee scooters and crutches in popliteal blood flow and vessel dimension (Bradley et al., 2022). The results of this study corroborate the findings of other prior works which reported a significant decline in blood flow for knee scooters (Ciufu et al., 2019) with crutches leading to the greatest decrease (Reb et al., 2021). The elevation in blood flow with the HFC can be attributed to the heightened muscle activity with the HFC in the suspended limb compared to both crutches and knee scooters (Bradley et al., 2022; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020). This study along with other research have shown that muscle activity has a major impact on blood flow (Bradley et al., 2022; Bradley & Hernandez, 2011; Reb et al., 2021). Reductions in blood flow is a major concern during a period of immobilization. Research shows that blood flow can be reduced by 61% after 8 hours of constant sitting (Kurosawa et al., 2022). When poor blood flow continues as a consequence of prolonged immobilization, it can present as deep vein thrombosis (DVT) in the lower extremities (Broderick et al., 2009; Faghri et al., 1997; McLachlin et al., 1960; Vinay et al., 2021) and cause pain, venous congestion and life-threatening pulmonary embolisms (PE) (Bradley et al., 2022). In particular, blood pooling of more than 48 hours was associated with developing a DVT in one prior study (Tesch et al., 2004). Reduced blood flow can also impact oxygen delivery to the injured muscle and bone which is important for healing (Lu et al., 2013; Rodriguez et al., 2008). In particular, one

study found that muscle oxygen saturation to the muscles of the lower extremity was reduced with crutches as a result of the lower blood flow for crutches (Bradley et al., 2023) as was also argued in a previous study that measured blood flow for crutches, knee scooter and the HFC (Bradley et al., 2022). On the other hand, the HFC in both studies far exceeded crutches in blood flow and oxygen delivery with levels similar to normal unassisted walking (Bradley et al., 2022; Bradley et al., 2023). Popliteal venous blood flow of both crutches and knee scooters were impaired (Bradley et al., 2022). A fixed knee angle has been believed to have a direct impact on increasing the risk of developing a deep vein thrombosis in some prior studies (Bleeker et al., 2004; Ciufu et al., 2019). In particular, one study found that the flexed knee position during knee scooter use led to a significant reduction in blood flow (Ciufu et al., 2019). However, these aforementioned negative effects of knee flexion angle can be negated with the HFC due to the increased muscle activity in the suspended limb (Bradley et al., 2022; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020). Moreover, these studies demonstrated that muscle activity in the suspended limb has a greater impact on blood flow than the knee flexion angle (Bradley et al., 2022; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020) which is in agreement with another study arguing a similar conclusion (Reb et al., 2021) thereby changing the notion that knee flexion angle alone leads to developing a deep vein thrombosis.

IMPROVED MUSCLE OXYGEN DELIVERY

筋肉への酸素供給の改善

(要約)

筋肉の酸素供給は、創傷や骨の治癒、基本的な細胞プロセスにおいて重要な役割を果たすことが広く認識されています。具体的には、ミトコンドリアでの ATP 生成を担う好氣的代謝には酸素が必要であり、治癒において重要な役割を果たすさまざまな酵素も酸素を必要とします。また、シクロオキシゲナーゼ-2 の活性が不足すると骨の修復が障害されることが観察されています。さらに、組織の酸素が減少すると、コラーゲン合成に影響を与える可能性があります。傷を負った四肢への酸素供給を改善することは、筋肉の萎縮を減少させるとともに、動かさないことで一般的に発生する深部静脈血栓症のリスクを軽減するという影響も持ちます。最近の研究では、38 人の参加者を対象に、歩行中や松葉杖、膝スクーター、HFC を使用している際の筋肉の酸素飽和度が測定されました。具体的には、非荷重の四肢にある大腿外側筋、上腕二頭筋、外側腓腹筋に赤外線分光法センサーが取り付けられました。この研究の結果、HFC 使用時の筋肉酸素飽和度には有意な変化が見られなかった一方で、松葉杖使用時には上腕二頭筋と外側腓腹筋において酸素供給が有意に低下していることが明らかとなりました。

(原文)

It is widely accepted that wound and bone healing as well as basic cellular processes rely on muscle oxygen delivery to the injured site (Lu et al., 2013; Rodriguez et al., 2008; Sen, 2009). For instance, the aerobic metabolism responsible of generating adenosine triphosphate (ATP) in the mitochondria require oxygen (Ferretti et al., 2022; Sen, 2009) as well as various enzymes that play a vital role in

healing (Zhang et al., 2002). Impairment in bone repair are also observed when there is a lack of cyclooxygenase-2 activity (Zhang et al., 2002). Finally, if there is a reduction in tissue oxygen, this may impact collagen synthesis (Fong, 2009). Improving oxygen delivery to the injured limb has also implications in reducing muscle atrophy and the risk of developing a deep vein thrombosis which is a common issue with immobilization (Bradley et al., 2023; Sullivan et al., 2019; Yamaki et al., 2011). A direct study measured muscle oxygen saturation during ambulatory walking and while using crutches, knee scooter and the HFC using a relatively large sample size of 38 participants (Bradley et al., 2023). Infrared spectroscopy sensors were placed on the vastus lateralis, biceps femoris, and lateral gastrocnemius muscles of the non-weight bearing limb. This study found that there were no significant changes in muscle oxygen saturation with the HFC when compared to unassisted walking, while there were statistically significant declines in oxygen delivery for crutches in the bicep femoris and lateral gastrocnemius muscles (Bradley et al., 2023).

IMPROVED STABILITY AND SAFETY

安定性と安全性の向上

(要約)

ドクター・ジェイソン・ウィルケンは、アイオワ大学の理学療法およびリハビリテーション科学部で、歩行の安定性と転倒に関する研究を行った。この研究では、HFC（ハンズフリークラッチ）と松葉杖の歩行安定性を範囲の角運動量を基準に比較し、HFC 利用者は松葉杖利用者に比べて、どちらの条件においても全身の角運動量が有意に低いことが明らかになった。この全身の角運動量の範囲は、人間の歩行中のバランス制御に重要であり、特に矢状面での角運動量の範囲が大きいと、転倒リスクが高まることが以前の研究で示されている。従って、この研究から、松葉杖を使用する患者は HFC よりも転倒のリスクが高いことが証明された。HFC は、両脚と腕を使って通常の歩行に近い動きを可能にし、角運動量のパターンが正弦波状であることが示された。一方、松葉杖は歩行サイクルの前半に負の角運動量を示し、後半に大きな正のピークを持つことが分かった。このような角運動量パターンの違いは、転倒リスクの増加と関連している。また、他の研究でも、患者は HFC を使用することで安全性を感じ、松葉杖よりも HFC を好むことが報告されている。この研究の結果は、移動支援具の選択における安全性に関連し、下肢の怪我により体重をかけられない患者のための補助具の処方を行う医療提供者にとって重要な指針となる。

(原文)

Dr. Jason Wilken, a recognized expert in walking stability and falls in the Department of Physical Therapy and Rehabilitation Science at the University of Iowa conducted a research study that directly compared the walking stability of both the HFC and crutches using the range of angular momentum as the outcome measure for both mobility devices with or without a walking boot (Wiederien et al., 2023). This study found that HFC users had a significantly lower range of whole-body angular momentum compared to crutch users in both conditions (Wiederien et al., 2023). The range of whole-angular momentum is crucial for balance control during human locomotion (Herr & Popovic,

2008). In particular, a larger range of whole-body angular momentum in the sagittal plane has been shown to be associated with an increased risk of falling and poor balance during gait in several prior studies (Bennett et al., 2010; Herr & Popovic, 2008; Nolasco et al., 2019; Nott et al., 2014; Pickle et al., 2017; Pickle et al., 2014; Robert et al., 2009; Sheehan et al., 2015; Silverman & Neptune, 2011; Silverman et al., 2014; Vistamehr et al., 2016). Based on such prior research that provides the direct impact angular momentum has on walking stability coupled with the study that has shown that the angular momentum is significantly greater using crutches compared to the HFC, this proved that patients are at more risk of falling when using crutches than the HFC (Wiederien et al., 2023) which has been reported as a common concern with mobility device use (Hefflin et al., 2004). For instance, falling is known to be a common concern for knee scooters in literature (Rahman et al., 2020). Because the HFC recruits both legs and arms during locomotion similar to normal unassisted gait, this study also found that the HFC leads to an angular momentum pattern closest to normal unassisted gait that is sinusoidal with positive peaks corresponding to the rapid advancement of the swing limb of each limb (Wiederien et al., 2023). In contrast, crutches were shown to have a negative angular momentum the first half of the gait cycle and subsequently a large positive peak in the last half of the gait cycle as both limbs advance simultaneously (Wiederien et al., 2023). Such a significant difference in angular momentum patterns is associated with an increased risk of falling (Vistamehr et al., 2016). This result corroborates other prior studies which showed that patients feel safer using the HFC (Rambani et al., 2007) and prefer the HFC over crutches (Canter et al., 2023; Martin et al., 2019). The result of this study is impactful as it relates to the overall safety of mobility device choices and can guide medical providers during the prescription of an assistive device for patients who require to remain non-weight bearing due to a lower limb injury.

Because the HFC recruits both legs and arms during locomotion similar to normal unassisted gait, this study also found that the HFC leads to an angular momentum pattern closest to normal unassisted gait that is sinusoidal with positive peaks corresponding to the rapid advancement of the swing limb of each limb (Wiederien et al., 2023). In contrast, crutches were shown to have a negative angular momentum the first half of the gait cycle and subsequently a large positive peak in the last half of the gait cycle as both limbs advance simultaneously (Wiederien et al., 2023). Such a significant difference in angular momentum patterns is associated with an increased risk of falling (Vistamehr et al., 2016).

This result corroborates other prior studies which showed that patients feel safer using the HFC (Rambani et al., 2007) and prefer the HFC over crutches (Martin et al., 2019). The result of this study is impactful as it relates to the overall safety of mobility device choices, and can guide medical providers during the prescription of an assistive device for patients who require to remain non-weight bearing due to a lower limb injury.

PREFERRED BY 90% OF PATIENTS

患者の90%が好む

(要約)

HFC（ハイフットキャリー）は足首や足の患者の86%に好まれており、これはクランチよりも優れた選択肢とされています。この結果は、以前の文献とも一致しており、他の研究でも参加者がクランチよりもHFCを好む傾向が示されています。患者の満足度、安全性、好みは、非荷重の推奨事項への遵守を決定する重要な要因となり、これは最適な結果を得たり、術後の合併症（創傷崩壊、骨折固定の喪失、ハードウェアの故障など）を防ぐために極めて重要です。以前の研究では、被験者は日常生活の活動を遂行する際にHFCをクランチや膝スクーターよりも好むことが示されており、特に膝スクーターは階段や粗い地形を含む環境での制約が明らかでした。この研究はさらに、HFCの方が膝スクーターよりも好まれる理由は、被験者が階段を登ることができず、ADLコースの階段部分を完了するのが難しいためであると主張しています。また、HFCがクランチよりも好まれるもう一つの理由は、さまざまな研究によって示されたように、HFCを使用することで心拍数、エネルギー消費、痛みのスコアが低く抑えられるためです。

(原文)

The HFC is preferred by 86% of foot and ankle patients over crutches (Martin et al., 2019). This finding is consistent with other prior literature which report participants preferring the HFC over crutches (Wiederien et al., 2023). Patient satisfaction, safety and preference can be a major determinant for compliance to non-weight bearing recommendations (Batani & Maki, 2005; Faruqui & Jaebon, 2010; Martin et al., 2019) which is of paramount importance to achieving optimal results and prevent postoperative complications such as wound breakdown, loss of fracture fixation or hardware failure (Chiodo et al., 2016; Gershkovich et al., 2016). Prior research shows that subjects prefer the HFC over both crutches and knee scooters in completing activities of daily life while knee scooters presented a clear limitation in environments that contain stairs or rough terrain (Canter et al., 2023). This study further argued that the preference for the HFC compared to the knee scooter was a result of subjects being unable to climb stairs or complete the stair portion of the ADL course as it was too difficult to carry the scooter over the steps in this course. One other reason why the HFC is favorable among subjects compared to crutches may be explained by the lower exertion, heart rate, energy expenditure and pain scores when using the HFC as shown in various published studies (Canter et al., 2023; Hackney et al., 2022; Martin et al., 2019).

ABILITY TO PERFORM DAY TO DAY ACTIVITIES (ADLs) 日常生活活動

(ADL) を遂行する能力

(要約)

HFC（ハンズフリー・モビリティ・デバイス）は、松葉杖や膝用スクーターとは異なり、手を自由に使うことができるため、買い物や仕事、料理、育児、階段の昇降などの日常生活の活動（ADLs

および IADLs) が可能になります。研究によると、80 人の上肢および下肢の怪我を持つ患者が HFC を使用して自宅内での活動を完了できたことが示されています。HFC の使用により、患者はより独立した生活ができるようになり、人生に対するポジティブな態度を持つようになりました。これが、HFC が松葉杖や膝用スクーターよりも好まれる理由の一つです。マイアミ大学の運動学と健康の部門で行われた研究では、HFC を使用した場合の ADLs の遂行能力を松葉杖や膝用スクーターと比較しました。その結果、被験者は歩行や階段の昇降、日常生活の活動において HFC を好むことが明らかになり、膝用スクーターは階段の昇降や悪路での使用において明らかな不利をもたらしました。また、被験者は HFC の方が松葉杖や膝用スクーターよりも使いやすいと感じ、心拍数や主観的運動負荷、エネルギー消費が低いことも示されました。

(原文)

Unlike crutches and knee scooters, the HFC is a hand free mobility device. Thus, activities of daily living (ADLs and IADLs) that are impossible to do with crutches and knee scooters such as shopping, working, cooking, childcare, stairs, etc. are possible with the HFC (Canter et al., 2023). A randomized control trial with 80 patients with both upper and lower limb injuries showed that they were able to complete activities around the house using the HFC (Rambani et al., 2007) and patients had a more positive attitude to life due to the improved independence with the HFC (Barth et al., 2019). This is just one of the reasons why the HFC is preferred over both crutches and knee scooters (Canter et al., 2023; Martin et al., 2019; Wiederien et al., 2023). Researchers Dr. Timmerman and Dr. Reidy at the Department of Kinesiology and Health of Miami University conducted a direct study that aimed to investigate the ability to perform activities of daily living (ADLs) using a HFC compared to crutches and knee scooters (Canter et al., 2023). This study found that subjects preferred the HFC over both crutches and knee scooters during ambulation, stair climbing and activities of daily living while the knee scooter led to a clear disadvantage for stair climbing and on rough terrain (Canter et al., 2023). Furthermore, subjects found the HFC easier to use than crutches and knee scooters and had a lower heart rate, perceived exertion and energy expenditure (Canter et al., 2023).

INCREASED PATIENT COMPLIANCE

患者のコンプライアンスの向上

(要約)

HFC (ヒューマン・フット・キャリア) は、下肢の怪我を持つ患者が非荷重制限に従うのを改善することが示されています。これは、過去の研究により、患者が松葉杖よりも HFC を好む傾向があり、患者の好みは遵守に重要な役割を果たすことが確認されているためです。また、HFC を使用することで、患者は日常生活の活動を独立して行うことができ、これが遵守を高める要因となります。研究によれば、患者は日常生活の活動を行う際に、松葉杖や膝用スクーターよりも HFC を好むと報告されています。一方で、下肢の怪我を持つ患者は、松葉杖を使用する際に痛みや不快感、日常生活の活動の制限から、処方された荷重制限に従わないことが知られています。しかし、遵守の欠如は二次的な怪我や、創傷の悪化、骨折固定の喪失、ハードウェアの故障など、さらなる合併症

を引き起こす可能性があります。

(原文)

The HFC improves patient compliance to non-weight bearing restrictions, due to prior research that shows that patients with lower limb injuries prefer a HFC over crutches and the important role patient preference plays on patient compliance (Canter et al., 2023; Martin et al., 2019; Wiederien et al., 2023). In addition, because patients are able to function independently using the HFC with the ability to do activities of daily living (Canter et al., 2023; Rambani et al., 2007), the HFC will lead to better compliance. Published research shows that patients prefer the HFC over crutches and knee scooters when completing activities of daily living (Canter et al., 2023; Martin et al., 2019; Wiederien et al., 2023). Patients with lower extremity injuries have been known to be noncompliant with prescribed weight bearing restrictions while using crutches likely due to the pain, discomfort and limitations of performing activities of daily living (Chiodo et al., 2016; Gershkovich et al., 2016; Kubiak et al., 2013; Martin et al., 2019). However, lack of compliance can lead to secondary injuries and further complications such as wound breakdown, loss of fracture fixation or hardware failure (Gershkovich et al., 2016).

INCREASED MUSCLE ACTIVITY

筋肉活動の増加

(要約)

研究によると、HFC（ヒップ・フット・コンディショナー）は、非荷重脚の筋活動を統計的に有意に増加させ、筋活動パターンは通常の補助なしの歩行と一致しており、EMG 記録による強度や活性化の面でも同様であるとされています (Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020)。一方で、松葉杖や膝スクーターは、通常の補助なし歩行と比較して、非荷重脚の筋活動を統計的に有意に減少させることが以前のさまざまな研究で示されています (Clark et al., 2004; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020; Sanders et al., 2018; Seynnes et al., 2008)。HFC を使用することで非荷重脚の筋活動が高まることは、筋萎縮の減少、血流の増加、深部静脈血栓症 (DVT) のリスク低下、そして治療の促進に直接的な影響を与えることが確認されています (Bradley et al., 2022; Broderick et al., 2009; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020; Faghri et al., 1997; Rasouli & Reed, 2020; Vinay et al., 2021)。これらの HFC による筋活動の向上がもたらす各種の利点は、以下のセクションで直接かつ関連した研究によって支持されています。

(原文)

Research proves that the HFC provides statistically significant increases in muscle activity for the hip, quadriceps and calf muscles in the non-weight bearing leg with muscle activity patterns consistent with normal unassisted ambulation in terms of both intensity and activation per EMG recordings (Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020). On the other hand, crutches and knee scooters lead to statistically significant reductions in muscle activity in the non-weight bearing leg compared to normal unassisted ambulation as was shown in various prior studies (Clark et al., 2004;

Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020; Sanders et al., 2018; Seynnes et al., 2008). The heightened level of muscle engagement in the non-weight bearing leg using the HFC compared to crutches has a direct impact on decreasing muscle atrophy, increasing blood flow, reducing the risk of deep vein thrombosis (DVT) and enhancing healing (Bradley et al., 2022; Broderick et al., 2009; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020; Faghri et al., 1997; Rasouli & Reed, 2020; Vinay et al., 2021). Each of these benefits of the heightened muscle activation using the HFC are supported with direct and associated studies in the following sections.

DECREASED MUSCLE ATROPHY

筋萎縮の減少

(要約)

HFC を使用することで、片足に体重をかけていない側の筋肉の活動が高まり、松葉杖を使う場合に比べて筋肉の不使用による萎縮が軽減されることが示されています。過去の研究によると、筋肉の萎縮の程度は、その筋肉の活動に依存しており、筋肉の酸素飽和度の増加も萎縮を減少させる要因となります。また、短縮した姿勢で固定された筋肉は、伸長した姿勢で固定された筋肉よりも早く萎縮することが確認されています。特に、膝の屈曲角度は筋肉の萎縮に重要な役割を果たすことが示されており、HFC は膝を 90° に固定して筋肉を伸ばした状態を保つため、松葉杖の約 30° の固定よりも萎縮が少なくなると期待されます。このように、松葉杖の使用が筋肉のサイズや強度の低下、そして筋線維の構造的変化を引き起こす要因の一部を説明できます。

(原文)

The heightened recruitment of the muscles in the non-weight bearing leg when using the HFC compared to crutches decreases the level of disuse muscle atrophy (Altinkaynak, 2022; Bradley et al., 2022; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020). Prior research shows that the degree a muscle will atrophy is dependent on the activity of the muscle (Clark, 2009; MacLennan et al., 2020; Magill et al., 2019; Sanders et al., 2018). Moreover, the increase in muscle oxygen saturation to the muscles of the non-weight bearing limb while using the HFC can also reduce muscle atrophy after a period of non-weight bearing (Bradley et al., 2023). This is further supported by prior research that shows a muscle fixed in a shorted position atrophies faster than if a muscle is fixed in a lengthened position (Booth, 1982; Booth & Gollnick, 1983). Thus, the knee flexion angle was shown to play an important role in muscle atrophy (Magill et al., 2019). Because the HFC fixes the knee angle at 90° flexion which lengthens the muscle, the muscle atrophy after a period of non-weight bearing is expected to be less compared to crutches that fixes the knee angle at approximately 30° (Altinkaynak, 2022). This could partially explain why crutches have been shown to have led to significant muscle atrophy with reductions in muscle size and strength as well as structural changes in muscle fibers in various prior studies (De Boer et al., 2008; Hather et al., 1992; Tesch et al., 2016).

LESS FATIGUE / REDUCED ENERGY CONSUMPTION

疲労軽減/エネルギー消費削減

(要約)

多くの研究が示すところによれば、松葉杖を使用することは通常の自力歩行に比べてエネルギーコストが大幅に増加することが分かっています。このため、松葉杖の使用においては生理的な負担が大きく、体重支持制限の継続や遵守が難しくなる要因となっています。したがって、歩行を支援するために設計された移動機器は、日常生活の活動を行うために必要な通常の歩行速度を保ちながら、エネルギー消費を最小限に抑えるべきです。足首と足の整形外科に関するジャーナルに発表された研究では、ポータブル代謝アナライザーを使用して、HFC（ハンドフリークレッチ）、松葉杖、膝スクーターの使用者を比較しました。この研究では、HFCが通常の自力歩行に最も近い基質利用を示し、最も少ない有酸素エネルギーで日常生活の活動に両手を使うことを可能にすることが分かりました。別の研究では、ポータブル間接カロリーメトリーシステムを用い、HFC、膝スクーター、松葉杖での日常生活を模したタスクを実施中のエネルギー消費を測定しました。その結果、HFCが通常の歩行に近いエネルギー消費を示し、ユーザーがすべてのタスクを完了できる唯一の移動機器であることが示されました。ADL（Activities of Daily Living）コースを完了した後、被験者は各補助装置を使用して歩行する際の難しさをリッカートスケールを用いて評価しました。その結果、被験者はHFCの使用が松葉杖よりもはるかに簡単であると感じ、これはHFCを使用した際のエネルギー消費が低かったことと関連しています。また、他の研究ではHFC使用者の心拍数や疲労感も低かったことが報告されています。

(原文)

There is a large body of research that have shown that crutches are attributed to significantly higher energy costs compared to normal unassisted ambulation (Dounis et al., 1980; Holder et al., 1993; Mcbeath et al., 1974; Nielsen et al., 1990; Sankarankutty et al., 1979; Thys et al., 1996). Increased physiological demand has been shown to be an important factor in discontinuance and noncompliance to weight bearing restrictions with crutch use (Bateni & Maki, 2005). Therefore, mobility devices designed to assist ambulation should keep energy expenditure to a minimum while still allowing normal walking speeds and the ability to do their activities of daily living. A study published in the journal of Foot and Ankle Orthopaedics compared the metabolic cost of ambulation using a portable metabolic analyzer for subjects using a HFC, crutches and knee scooter. This study found that the HFC led to substrate utilization most similar to normal unassisted gait with the least amount of aerobic energy while allowing one to use both hands for activities pertaining to daily life (Hackney et al., 2022). Similar to this study, another study was designed to measure the energy expenditure with a portable indirect calorimetry system for the HFC, knee scooter and crutches this time while completing activities that simulate tasks one would complete in daily life. The results of this study suggested that the HFC was the only mobility device that resulted in energy expenditure similar to normal walking while also allowing users to complete all tasks within the validated ADL course (Canter et al., 2023). Immediately after completing the ADL course subjects were asked how

difficult they found ambulating with each assistive device using a Likert scale. The results of this data showed that subjects found using the HFC significantly easier than crutches which correlates with the lower energy expenditure measured using the HFC (Hackney et al., 2022) as well as the lower exertion and heart rate reported for HFC users in other prior studies (Bhambani & Clarkson, 1989; Canter et al., 2023; Hackney et al., 2022; Martin et al., 2019).

ELIMINATION OF SECONDARY INJURIES RELATED TO MOBILITY DEVICE

USE

移動装置の使用に関連する二次的傷害の排除

(要約)

松葉杖は最も処方される補助器具ですが、長期間の使用がさまざまな二次的な怪我を引き起こすことがあります。具体的には、松葉杖の使用は、腋窩にかかる力を7倍に増加させ、これが腋窩動脈血栓症や松葉杖麻痺といった二次的な傷害を引き起こす要因となります。さらに、手根管症候群や肩関節の変性といった他の合併症も見られます。一方、HFC（ハンドフリークランチャー）を使用すると、手や上肢に負荷がかからないため、二次的な傷害は報告されていません。しかし、膝スクーターでは転倒のリスクが増加するため、二次的な傷害が発生する可能性があります。HFCは松葉杖に比べて安定性が高く、転倒のリスクも低いいため、HFC利用者は転倒による傷害に対しても少なく、移動器具利用者の安全性を向上させています。

(原文)

Although crutches are the most prescribed assistive device (Kaye et al., 2000; Martin et al., 2019; Rambani et al., 2007), prolonged use of crutches have been shown to lead to various secondary injuries (Dalton et al., 2002; Manocha et al., 2021). Crutches lead to seven-fold increase in the force that runs through the axilla (Rambani et al., 2007). This increased force at the axilla has been shown to lead to secondary injuries such as axillary artery thrombosis (McFall et al., 2004; Tripp & Cook, 1998) and crutch palsy (Raikin & Froimson, 1997). Other complications as a result of crutch use are carpal tunnel syndrome (Gellman et al., 1988) and shoulder joint degeneration (Shabas & Scheiber, 1986). Because there is no loading of the hands and upper extremity when using a HFC, secondary injuries have not been reported with the HFC. Secondary injuries also occur with knee scooters due to the increased risk of falling (Rahman et al., 2020; Yeoh et al., 2017). The HFC leads to better stability and a lower risk of falling compared to crutches (Wiederien et al., 2023). Due to this, HFC users are less susceptible to fall related injuries increasing the safety of mobility device users.

DECREASED CHANGES IN BRAIN PLASTICITY

脳の可塑性の変化の減少

(要約)

肢の固定が人間の脳の可塑性に影響を与えることは広く受け入れられています。特に、運動感覚皮質の皮質厚や白質の分数異方性が固定期間後に減少することが示されており、これらは体性感覚情報の処理や運動に影響を与えます。HFC（ハイパーフレックスキャリー）は、松葉杖や膝スクーターと比較して、非体重支持肢において正常な歩行と一致する筋肉活動を促進する唯一の移動デバイスであるため、運動感覚システムの再編成や長期間の非体重支持が人間の脳の可塑性に与える全体的な影響が最小限に抑えられます。

(原文)

It is well accepted that limb immobilization effects human brain plasticity (Langer et al., 2012). In particular, it was shown that the cortical thickness (gray matter) of the sensorimotor cortex and fractional anisotropy (white matter) decreased after a period of immobilization which are both responsible for processing somatosensory information and impact motor movement (Langer et al., 2012). Because the HFC is the only mobility device that leads to muscle activity in the non-weight bearing limb consistent with normal walking when compared to crutches and knee scooters (Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020), the reorganization of the sensorimotor system as well as the overall effect of remaining non-weight bearing for prolonged periods on human brain plasticity is minimized with the HFC when compared to crutches and knee scooters.

FASTER RECOVERY, REDUCED HEALTHCARE COSTS AND FASTER

RETURNS TO WORK

より早い回復、医療費の削減、より早い職場復帰

(要約)

80人の患者を対象としたランダム化比較試験では、HFCを使用した患者が使用しなかった患者に比べて、退院が有意に早かったことが示されました (Rambani et al., 2007)。HFCを使用することで筋肉萎縮が減少し、血流が改善されることが、下肢のけがの回復時間に影響を与え、リハビリテーションが迅速化し、治癒が早まり、深部静脈血栓症や肺塞栓症の発症が少なくなることが報告されています (Bradley et al., 2022; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020)。また、HFCを使用することで筋肉の酸素飽和度が増加し、血流が改善されることが治癒をさらに促進します (Bradley et al., 2023; Lu et al., 2013)。クレッチは大腿四頭筋の断面積を1日あたり約0.4%減少させることが知られており (Clark et al., 2004)、HFCが筋肉の萎縮を抑えるため、治療効果が早く得られます。さらに、クレッチや膝スクーターの使用に起因する二次的なけががHFC使用時には発生せず、クレッチよりも優れた安定性を提供することが、下肢のけがの回復時間を短縮する要因となっています (Wiederien et al., 2023)。

(原文)

A randomized control trial conducted using 80 patients showed that patients were discharged significantly faster after using a HFC compared with not using the HFC (Rambani et al., 2007). Reductions in muscle atrophy and improvement in blood flow when using a HFC impacts the total

recovery time for lower limb injuries with quicker rehabilitation, faster healing and less cases of developing a deep vein thrombosis and pulmonary embolism (Bradley et al., 2022; Dewar et al., 2021; Dewar & Martin, 2020). The increased muscle oxygenation saturation using the HFC via improved blood flow also enhances healing (Bradley et al., 2023; Lu et al., 2013). Crutches cause reductions in cross-sectional area of the quadriceps femoris muscle of about 0.4% per day (Clark et al., 2004). Because the HFC reduces muscle atrophy, the HFC leads to faster therapeutic gains. Moreover, secondary injuries as a result of using crutches or knee scooters falling (Rahman et al., 2020; Yeoh et al., 2017) are nonexistent when using a HFC in addition to the better stability compared to crutches which all contribute to reducing the recovery times of lower limb injuries (Wiederien et al., 2023).