スポーツパフォーマンス研究, 8, 199-215, 2016

セーリング競技におけるハイクアウトテストと体力要因との関係

石井泰光[1)]、榮樂洋光[2)]、布野泰志[3)]、萩原正大[1)]、中村夏実[2)]

[1)]国立スポーツ科学センター　スポーツ科学部
[2)]鹿屋体育大学　スポーツ・武道実践科学系
[3)]鹿屋体育大学大学院体育学研究科

キーワード：有酸素性作業能力、ジュニア、アイソメトリック、ナショナルチーム

【抄　録】

本研究では、年齢および競技レベルの異なるセーリング競技選手を対象に、ハイクアウトの持続時間を規定する体力要因を明らかにすることを目的とした。対象は、セーリング競技を行っている男性 44 名、女性 20 名であった。体力測定は、18 歳未満のシングルハンド群に対しては、ハイクアウトテスト、20m シャトルラン、握力、腕立て伏せ、懸垂、上体起こしテスト、ウォールシットを実施した。上記のテストに加えて、18 歳以上のシングルハンドおよびダブルハンド群では、等尺性膝伸展筋力、ウインゲートテスト(30 秒)、30 秒間上体起こしテストを実施した。ハイクアウトテストは、ハイクアウトベンチ上で膝関節、股関節を等尺性収縮に保って行わせた。ハイクアウトの姿勢は、ベンチの端に大腿部中央が接するようにして、肩の高さが膝の高さと同じになるようにした。18 歳未満のシングルハンド、18 歳以上のシングルハンド、18 歳以上のダブルハンドの間に、ハイクアウトの持続時間には差が認められなかった。一方、男女関わらず、国際レベルは、国内レベルに比べて、ハイクアウトの持続時間が有意に長いことが認められた。

ハイクアウトの持続時間は、20m シャトルランの間と上体起こしテスト（男性のみ）に有意な相関関係が認められた。有酸素性作業能力は、ハイクアウトの持続時間を規定する体力要因であることが明らかになった。しかし、先行研究において、ハイクアウトの持続能力と関連性が認められている等尺性膝伸展筋力との間には有意な相関関係が認められなかった。これらの結果から、本研究で考案したハイクアウトテストは、セーリング競技におけるハイクアウトの持続能力を評価できることが示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 8, 199-215, 2016 年, 受付日: 2015 年 10 月 26 日, 受理日: 2016 年 5 月 11 日
責任著者: 石井泰光　〒115-0056 東京都北区西が丘 3-15-1 国立スポーツ科学センター　スポーツ科学部
yasumitsu.ishii@gmail.com

* * * * *

Relationship of the hike-out test to physical factors in sailing

Yasumitsu Ishii [1)], Hiromitsu Eiraku [2)], Taishi Funo [2)], Masahiro Hagiwara [1)]

Natsumi Nakamura [2)]

[1)] Japan Institute of Sports Sciences
[2)] National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words：aerobic work capacity, isometric contraction, national sailing team, youth and junior sailors

[Abstract]

The present study examined some physical factors involved in the hike-out duration of sailors differing in age and experience. The participants were 44 men and 20 women sailors who were competing in a sailing race. Measurements of the physical fitness of participants in the single hand group who were under 18 years old included a hike-out test, a 20-meter shuttle run, grip strength, push-ups, chin-ups, trunk curl-ups, and a wall-sit test. For the single hand and double hand groups of participants who were over 18 years old, isometric knee extension strength, a Wingate test (30 seconds), and 30-second sit-ups were added. Hike-out tests were conducted on a hike-out bench, keeping an isometric extension of the knees and hips. The goal for the hike-out posture was to keep the center of the thigh at the end of the bench, and keep the height of the shoulders at knee height. No differences were found in hike-out duration between the single hand under-18-years-old group, the single hand above-18-years-old group, and the double hand above-18-years-old group. On the other hand, regardless of gender, the hike-out duration at the international level was significantly longer than at the domestic level.

The correlations of hike-out duration with the 20-meter shuttle run and the trunk curl-up test (for men only) results were significant. Aerobic endurance capacity was judged to be a physical factor for defining hike-out duration. In contrast, a significant correlation of hike-out duration with isometric knee extension strength, which had been reported in previous studies, was not observed. The present results suggest that the hike-out test proposed here may be a useful method for evaluating hike-out duration in sailing.

Ⅰ. 緒言

セーリング競技は、海上に設置されたマークを周回して、その順位を競うスポーツである。帆走方法には風上帆走と風下帆走があり、風上帆走はレース中の約 60%を占めることから、競技成績を決定する重要な局面だと考えられている(Blackburn,2001)。風上帆走中は、艇のバランスを保ち、ボートスピードを獲得するために、艇の外に身体を出すハイクアウトと呼ばれる動作が行われている。この動作は、風上帆走中にレーザー級では約 94%、470 級では 63%を占めていると報告されている(Legg et al., 1999)。競技は、1 レースあたり 15～20 分間の風上帆走が 2 回含まれるように設定されて、1 日あたり 3～4 回のレースが行われることから、1 日に 6～8 セット、90～160 分間の風上帆走が実施されている。つまり、レーザー級であれば 85～150 分、470 級であれば 57～101 分のハイクアウト姿勢が 1 日に行われている。このようにハイクアウトがレース中に何度も行われることから、高い持久力および筋力が重要だと考えられている。

これまでハイクアウトに関する研究は、風や波といった環境要因の統制が難しいことから、シミュレーターを用いて生理的な側面から研究が行われてきた(Blackburn,1994; Vangelakoudi et al.,2007)。また、ハイクアウトのパフォーマンスを評価するために、シミュレーターのフットベルトに張力計を用いて持続時間を評価した研究(Larsson et al.,1995; Aagaard et al.,1998)と、フォースプレートを用いて、身体によるモーメントを算出した研究が行われている(Tan et al.,2006; Burnett et al., 2012)。いずれも実験室レベルで行う評価方法であり、フィールドで行える簡易な評価方法がないという問題がある。実際の指導現場では、特別な場所(実験室)や計測機器(張力計やフォースプレートなど)を使用せずに、多くの場所で簡易に実施できるようなハイクアウト能力の評価方法の開発が望まれているといえる。

ハイクアウトと競技レベルとの関連性について、Vangelakoudi et al.(2007)は、セーリング競技の国内代表レベルの選手とクラブレベルの選手を対象に、フットベルトにかかる張力を規定してハイクアウトを行わせて、その時の筋活動量および持続時間を検討している。競技レベルによる筋活動量に差が認められないが、ハイクアウトの持続時間には差が認められ、国内代表レベルの選手の方が長いことが報告されている。また、ジュニアのレーザー級(スタンダード級、ラジアル級)を対象に、フォースプレート上でハイクアウトを 3 分間行わせて、ハイクアウト中の身体モーメントの平均値と競技成績の関係について検討している(Tan et al., 2006)。この研究によれば、3 分間の身体モーメントが大きいほど、レース中の競技成績が高いことが報告されている。これらの研究は、いずれも競技レベルが高いほど、ハイクアウトの持続時間やハイクアウト中の身体モーメントが高いことから、ハイクアウトはセーリングの競技成績を決定する要因の 1 つであると考えられる。

ハイクアウトのパフォーマンスを決定する体力要因は、膝関節伸展筋力の重要性が指摘されている(Aaggard et al.,1998; Tan et al., 2006)。一方、ハイクアウトのパフォーマンスと有酸素性作業能力および無酸素性作業能力との関係については、ほとんど検討されていない。セーリング競技において、風上帆走中にハイクアウトを行う艇種の選手は、その他の艇種の選手と比べて、最大酸素摂取量が高いことが報告されている(Bojsen-Møller et al., 2007)。この知見から、ハイクアウトのパフォーマンスと有酸素性作業能力との間には、何かしらの関連性があると推察されるが、両者の関係については明らかにされていない。そこで本研究では、市販されているハイクアウトベンチを使用して、特別な測定機器を使用せずに、フィールドで簡易に実施できるハイクアウトの持続能力に関する評価方法を考案した。そし

て年齢、艇種、競技レベルの異なるセーリング競技選手を対象に、このハイクアウトテストと各種体力測定を実施して、両者の関係を検討することにより、ハイクアウトの持続時間を規定する体力要因を明らかにすることを目的とした。

Ⅱ. 方法

1. 対象者

対象者は、セーリング競技を専門的に行っている男性 44 名、女性 20 名、合計 64 名であった。対象者は、年齢と艇種によってグループ分けを行った。年齢は、18 歳未満と 18 歳以上に分類した。18 歳未満は、中学生および高校生の選手を対象とした。18 歳以上は、大学生および社会人を対象とした。艇種は、シングルハンドとダブルハンドのカテゴリーに分類した。シングルハンドは、レーザー4.7 級、レーザーラジアル級、レーザースタンダード級の 1 人乗艇種を専門としている選手とした。ダブルハンドは、スナイプ級、470 級の 2 人乗艇種を専門としている選手とした。

年齢と艇種のカテゴリーに基づき、18 歳未満のシングルハンド（男性 18 名、女性 10 名）、18 歳以上のシングルハンド（男性 5 名、女性 4 名）、18 歳以上のダブルハンド（男性 21 名、女性 6 名）の 3 つのグループを設定して、表 1 に対象者の年齢および身体特性を示した。なお、本研究では 18 歳未満のダブルハンドは、計測していないためグループを設定しなかった。

また、対象者を国際大会の出場経験の有無によって、国際レベルと国内レベルのグループに分類した。18 歳未満のグループでは、国際レベルが 4 名（男性 2 名、女性 2 名）、国内レベルが 24 名（男性 16 名、女性 8 名）であった。18 歳以上のグループでは、国際レベルが 13 名（男性 8 名、女性 5 名）、国内レベルが 23 名（男性 18 名、女性 5 名）であった。なお、本研究には、ナショナルチームの選手が 12 名（男性 8 名、女性 4 名）含まれていた。その内 5 名（男性 2 名、女性 3 名）は、ハイクアウトの持続時間のみを計測したため、ハイクアウトの持続時間と体力要因の関係を検討する際には含まれていない。

対象者には、研究の目的および実験に伴う危険性について十分な説明を行い、研究に参加する同意を得た。なお、ユースナショナルチーム候補選手およびナショナルチームの選手に関しては、日本セーリング連盟の承諾を得てから実施した。

表1. 対象者の年齢および身体特性

性別	グループ		年齢(year)	身長(cm)	体重(kg)
男性	シングルハンド(14-17歳)	(n=18)	15.6 ± 1.0	172.2 ± 7.0	61.2 ± 7.8
	シングルハンド(18歳以上)	(n=5)	27.8 ± 8.1	180.7 ± 7.3	76.8 ± 10.2
	ダブルハンド(18歳以上)	(n=21)	20.4 ± 2.7	171.4 ± 5.9	64.6 ± 8.0
女性	シングルハンド(14-17歳)	(n=10)	15.8 ± 1.0	159.4 ± 6.2	58.0 ± 4.6
	シングルハンド(18歳以上)	(n=4)	23.8 ± 4.3	163.0 ± 4.9	63.6 ± 4.6
	ダブルハンド(18歳以上)	(n=6)	19.5 ± 1.2	156.4 ± 7.8	52.6 ± 9.9

. 測定時期

18 歳未満のグループは、2012 年 12 月に行われた日本セーリング連盟主催のユースナショナルチーム候補選手強化合宿中に計測を行った。18 歳以上のグループは、2013 年 1～3 月に行われた大学生を中心とした合同合宿期間中や、所属する大学チームの体力測定の一環として計測した。なお、ナショナルチーム（男性 2 名、女性 3 名）の一部は、2013 年 3 月にハイクアウトテストのみ実施しており、18 歳未満の者は含まれていなかった。

3. 測定項目

18 歳未満のシングルハンド群に対しては、身長・体重、(1)ハイクアウトテスト、(2)20m シャトルラン、(3)握力、(4)腕立て伏せ、(5)懸垂、(6)上体起こしテスト、(7)ウォールシットテストを実施した。18 歳以上のシングルハンドおよびダブルハンド群に対しては、上記の測定項目に加えて、(8)等尺性膝伸展筋力、(9)ウインゲートテスト、(10)30 秒間上体起こしテストを追加して実施した。

(1)ハイクアウトテスト (動画)

ハイクアウトテストの模式図を図 1 に示した。ハイクアウトベンチ（Laser Pro Hiking Bench、David Page Associates Limited、England）を用いて、セーリング競技で用いられているハイクアウトと呼ばれる姿勢をシミュレートして行わせた。張力計やフォースプレートなどの特別な計測機器を使用せずに、ハイクアウトベンチとストップウォッチがあればフィールドでも簡易に計測できる点が特徴である。

ハイクアウトテストの姿勢定義にあたっては、セーリング競技の専門家（選手およびコーチ）と 2012 年度日本セーリング連盟のスタッフにて打ち合わせを行い、レーザー級（4.7 級、ラジアル級、スタンダード級）、スナイプ級、470 級などの広範囲の艇種に適用することができ、海上でフルハイクと呼ばれる姿勢に近いものを採用した。対象者には、ハイクアウト姿勢をできるだけ長時間保持するように指示した。

ハイクアウトテストの姿勢については、①大腿部の位置、②臀部の高さ、③肩峰の高さの 3 点を規定した。足部にあるフットベルトを調整して、大腿部中央がハイクアウトベンチの端になるようにした。大腿部前部の近位（付け根）が、ハイクアウトベンチの上端より高くなるように、膝を伸展させて行わせた。また、肩甲骨上縁の高さが、膝関節の上部と同等になるように、地面に対する体幹の角度を規定した。その他の注意点として、視線はつま先に向けて、体幹は捻らないように行わせた。上記の姿勢を定義するために、ハイクアウトベンチの左右に、台座に約 1m の棒を差して、棒の左右にゴム紐を張った。ゴム紐の高さは、膝上部と同じ高さになるようにした。そして、肩甲骨上縁が接触するまで、上体を倒して行わせた。測定終了の判断基準は、ゴム紐から身体が離れた時点や、身体が下降してゴム紐が伸びた時点で対象者に告知して、即時に規定した姿勢に戻せなかった場合とした。また、臀部が台高より下がった時点で対象者に知らせて、規定した姿勢に戻せない場合は終了と判断した。

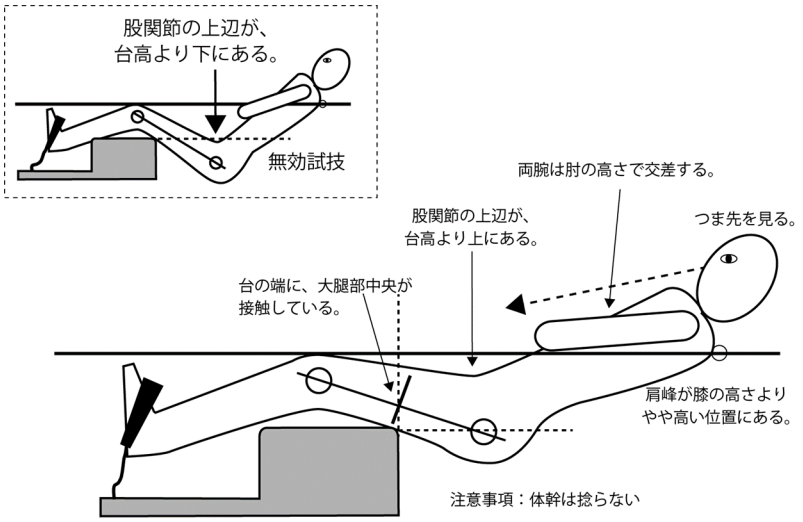

図1. ハイクアウトテストの実施方法

(2)20m シャトルラン

新体力テスト実施要領に基づいて実施した。測定用 CD の音声に合わせて、20m 往復走を行い、折り返しの回数を測定した。対象者にはできる限り多くの回数をこなすように指示した。

(3)握力

左右の握力を、握力計(竹井機器工業)を用いて計測した。握力計の握り幅は、人差し指の第 2 関節がほぼ直角になるように調整した。直立の姿勢で測定を行い、握力計が身体に触れないように実施させた。2 回の計測を行い、それぞれの最大値を採用した。

(4)腕立て伏せ

手幅を決定するために、手掌を胸の高さにして、肘関節を最大屈曲させた時に、肘関節が 90 度になるようにした。そして、パイプ椅子につま先を乗せて、体幹と下肢を一直線上になるようにした。上体を下降させて、10.5 ㎝高のパットにあごが接触するまで下降させた。測定者の合図に従い、下降および上昇を 2 秒間のペースで行わせた。設定したペースで実施できなくなった場合や、挙上できなくなった時点を終了とした。

(5)懸垂

手幅は肩幅より広くなるように設定した。膝関節を約 90 度に曲げ、足を交差した。この姿勢から、鉄棒よりあごが高い位置になるまで、身体を引き上げるように指示した。測定者の合図に従い、上昇および下降を 4 秒間のペースで行わせた。あごが鉄棒より高い位置に到達しなかった場合、身体を下ろした時に肘が完全に伸展しなかった場合、下肢や体幹の反動動作によって行った場合は、挙上回数にカウントしなかった。挙上できなくなった時点で、測定を終了とした。試行回数は 1 回として、最大の挙上回数を代表値とした。

(6) 上体起こしテスト

足部をパイプ椅子の上に載せて、股関節と膝関節の角度を約 90 度に保って行わせた。胸の前で両腕を組み、大腿部に肘が接触するまで上体を起こすように行わせた。測定者の合図に従い、挙上および下降に 2 秒間ペースで行わせた。規定されたペースを保てなくなった場合や、大腿部に肘が接触できなくなった時点を測定終了とした。なお、ジュニア・ユース選手は、挙上回数が 60 回を超えた場合は、その時点で終了とした。

(7)ウォールシットテスト

背中全体を壁に付けて、股関節と膝関節が 90 度になるようにした。両腕は胸の前で交差させ、片脚で身体を支持させた。身体を支持しない足は、身体を支持している脚のすねに、踵が接触するようにした。この姿勢をできるだけ維持するように支持して、規定した姿勢の持続時間を計測した。測定は右脚、左脚の順に行わせた。持続時間が 180 秒を超えた場合は、その時点で終了とした。左右の持続時間の平均値を分析に用いた。

(8)等尺性膝関節伸展筋力

等尺性の膝関節伸展筋力の計測には、等尺性筋力測定装置(片脚用筋力測定台:T.K.K.5715;筋力計:5710e、竹井機器工業)を用いた。測定用の台座上で、膝関節と股関節が 90 度になるように座り、ストラップを用いて腰部を固定した。また、座面側部を握ることで、上体の固定を行った。

測定時の力発揮は、脱力した状態から 5 秒間かけて最大筋力に到達するように指示した。いずれの測定も 2 回ずつ行い、最大値を採用した。2 回の測定値が、10%以上の差があった場合は、追加の測定を行った。測定機器および測定手順に慣れるために、測定前には 1〜2 回の練習試行を設けた。

(9)ウインゲートテスト

自転車エルゴメーター(Powermax-VⅢ, コンビウェルネス社製)を用いて、ウインゲートテスト(30 秒間全力ペダリング)を行わせた。対象者には、十分なウォーミングアップを行わせてから、10 秒間の全力ペダリング運動を行わせた。負荷設定は、各対象者の体重の 7.5%とした。10 秒間の全力ペダリングから、10 分以上の休息を挟んだ後に、ウインゲートテストを実施した。ウインゲートテストでは、10 秒間全力ペダリングで得られた、最大回転数の 95%以上を満たすように指示した。なお、上記の回転数を満たさない場合は、計測を中断して、10 分以上の休息を挟んだ後に再度計測した。測定値は、平均パワーと最大パワーを採用し、絶対値および体重割で表した。低下率(Fatigue Index)は、(最大パワー−25〜30 秒区間の平均パワー)/最大パワーによって算出した。

(10)30 秒間上体起こしテスト

体幹屈曲筋群の筋力および筋持久力を評価するために、文部科学省の新体力テストに基づいて、30 秒間の上体起こしを行わせた。手は胸の前で交差させ、肩甲骨下部が床に接地したところから開始して、大腿部に肘が接触したところを 1 回とカウントした。30 秒間に実施できた回数を、測定回数とした。

4. 統計処理

測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。

年齢・艇種別のハイクアウトテストの持続時間(図 2)を検討するために、対応のない一元配置分散分析を用いた。F 値が有意であった場合は、群間の差を検討するために Tukey の HSD 検定による多重比較を行った。

性別および競技レベル別にハイクアウトテストの持続時間(図 3)を検討するために、2 要因とも対応がない二元配置分散分析を用いた。交互作用がなく F 値が有意であった場合は、群間の差を検討するために Tukey の HSD 検定による多重比較を行った。

ハイクアウトテストの持続時間と体力測定項目との関係について検討するために、全体、男性、女性ごとにピアソンの積率相関関係を用いて検討した。相関係数の強さは、±0.2 以上±0.4 未満は弱い相関関係、±0.4 以上±0.7 未満は中程度の相関関係、±0.7 以上は強い相関関係と定義した。すべての検定は、JMP9.0.3(SAS Institute Japan)を用いて、有意水準を5%未満とした。

なお、分析する過程において、疑似の相関関係が疑われた、腕立て伏せとハイクアウトテストの持続時間の関係については、20m シャトルランの影響を除去するために、偏相関分析を行った。

Ⅲ. 結果

1. ハイクアウトテストの持続時間の比較

図 2 は、年齢および艇種別のハイクアウトテストの持続時間を示したものである。18 歳未満のシングルハンド、18 歳以上のダブルハンド、18 歳以上のシングルハンドの順に、ハイクアウトテストの持続時間が長いが、統計的な有意差は認められなかった。表 2 は、年齢および艇種別のハイクアウトテストの持続時間に関する分散分析表を示した。

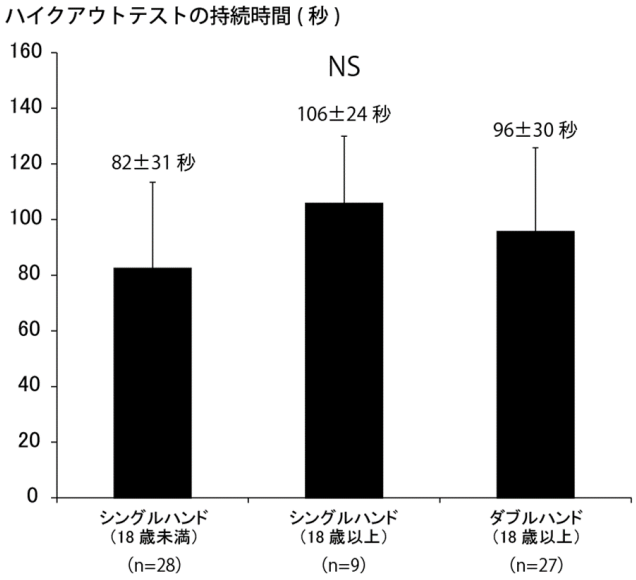

図 2. 年齢および艇種別のハイクアウトテストの持続時間

表 2. 年齢および艇種別のハイクアウトテストの持続時間

要因	平方和	自由度	平均平方	F値	p値
年齢・艇種	4622.70	2	2311.35	2.59	0.083 ns
誤差	54380.23	61	891.48		

図 3 は、性別および競技レベル別によるハイクアウトテストの持続時間を示した。性別および競技レベルによる交互作用は認められなかった。競技レベルに主効果が認められ、国際レベルの選手は国内レベルの選手に比べて、ハイクアウトテストの持続時間が有意に長いことが認められた。なお、性別による主効果は認められなかった。表 3 は、性別および競技レベル別によるハイクアウトテストの持続時間に関する分散分析表を示した。

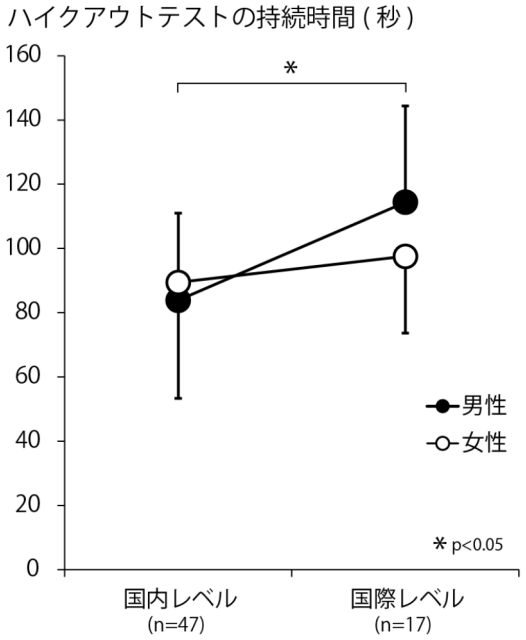

図 3. 性別および競技レベル別によるハイクアウトの持続時間

表 3. 性別および競技レベル別のハイクアウトテストの持続時間

要因	平方和	自由度	平均平方	F値	p値	
競技レベル	4272.97	1	4272.97	4.98	0.029 *	国際＞国内
性別	362.40	1	362.40	0.42	0.518 ns	
競技レベル×性別	1437.91	1	1437.91	1.68	0.200 ns	
誤差	51476.87	60	857.95			

* p<0.05

2. ハイクアウトテストの持続時間と体力要因の関係

図 4 は、20m シャトルランとハイクアウトテストの持続時間の関係を示したものである。全体(r= 0.342, p<0.01)と男性(r= 0.382, p<0.05)は、有意な弱い正の相関関係が認められた。女性(r= 0.724, p<0.01)は、有意な強い正の相関関係が認められた。

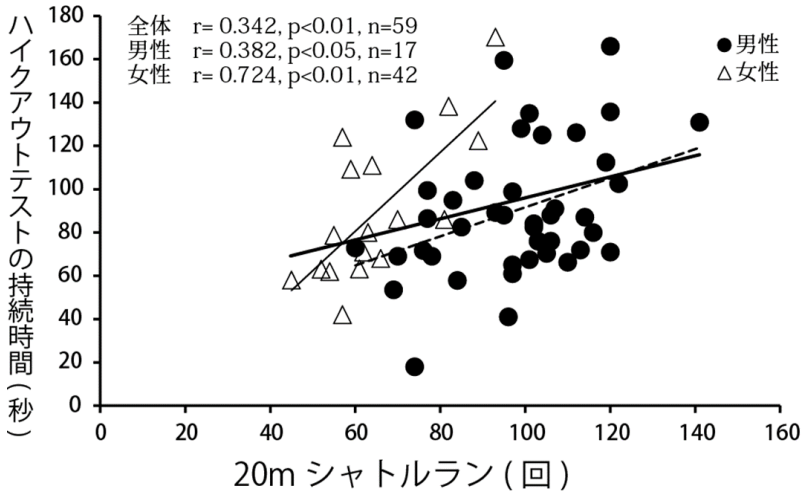

図 4. 20mシャトルランとハイクアウトテストの関係

図 5 は、上体起こしテストとハイクアウトテストの持続時間の関係を示したものである。男性（r= 0.400, p<0.01）のみ、有意な中程度の正の相関関係が認められた。一方、全体（r= 0.214, NS）および女性（r=−0.191, NS）は、有意な相関関係が認められなかった。

また、30 秒間上体起こしテストとハイクアウトテストの持続時間の関係は、全体（r=0.087, NS）、男性（r=0.172, NS）、女性（r=0.336, NS）のすべての組み合わせにおいて、有意な相関関係は認められなかった。

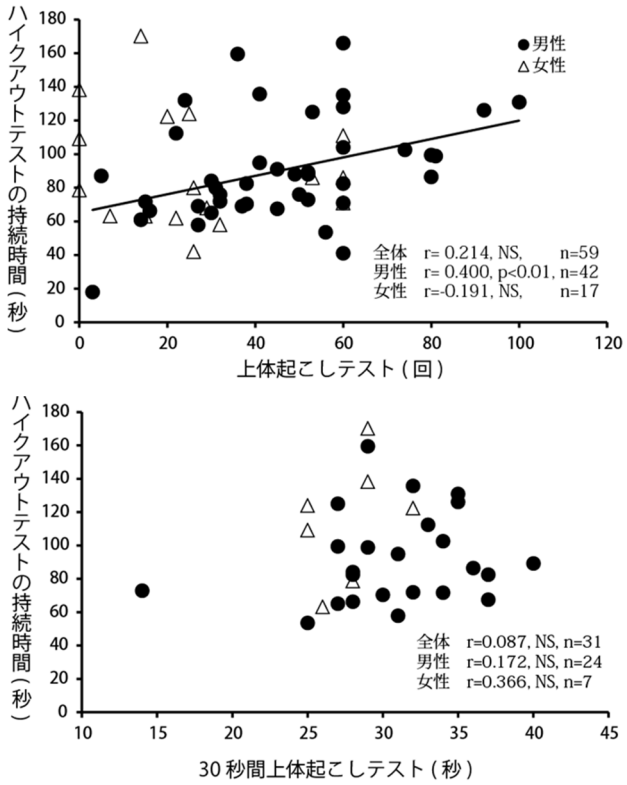

図 5. 上体起こしテスト、30 秒間上体起こしテストとハイクアウトテストの関係

図 6 は、ウォールシットテストとハイクアウトテストの持続時間の関係を示したものである。全体（r=-0.246, NS）、男性（r= 0.297, NS）、女性（r=-0.004, NS）のすべての組み合わせにおいて、有意な相関関係は認められなかった。

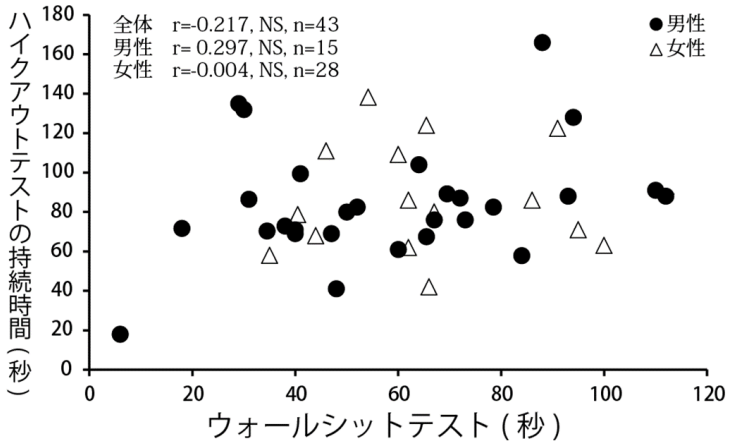

図6. ウォールシットテストとハイクアウトテストの関係

図 7 は、握力、腕立て伏せ、懸垂とハイクアウトテストの持続時間との関係を示したものである。握力は、全体（r= 0.078, NS）、男性（r= 0.103, NS）、女性（r= 0.148, NS）のすべての組み合わせにおいて、有意な相関関係が認められなかった。

腕立て伏せの回数は、全体（r= 0.433, $p<0.01$）、男性（r= 0.415, $p<0.01$）女性（r= 0.666, $p<0.01$）におけるすべての組み合わせにおいて、有意な中程度の正の相関関係が認められた。

懸垂は、男女問わず全員に実施したが、女性の半数以上が 1 回も実施することができないことから、女性のデータは分析に用いなかった。男性に限定して、懸垂の回数とハイクアウトテストの持続時間との関係について検討したところ、有意な弱い正の相関関係（r=0.378, $p<0.05$）が認められた。

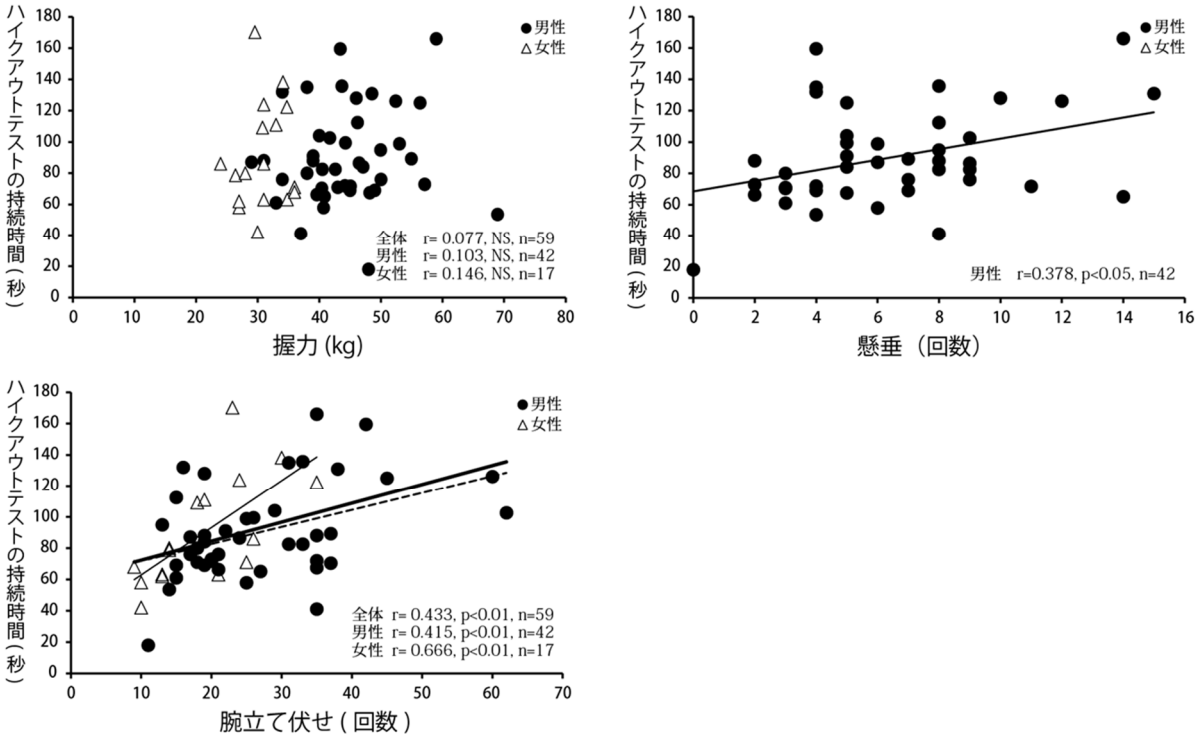

図7. 握力、腕立て伏せ、懸垂とハイクアウトテストの関係

表 4. ハイクアウトテストと等尺性膝伸展筋力およびウインゲートテストの関係

分析項目		単位	ハイクアウトテストの持続時間(秒) 全体 (n=31)	男性 (n=24)	女性 (n=7)
等尺性膝伸展筋力		絶対値(kg)	0.020 NS	0.303 NS	0.118 NS
		体重割(kg/BW)	0.172 NS	0.252 NS	0.461 NS
ウインゲートテスト	平均パワー	絶対値(W)	-0.194 NS	0.190 NS	-0.340 NS
		体重割(W/kg)	0.022 NS	0.263 NS	0.213 NS
	最大パワー	絶対値(W)	-0.180 NS	0.154 NS	-0.194 NS
		体重割(W/kg)	0.018 NS	0.248 NS	0.313 NS
	低下率(%)		-0.082 NS	-0.337 NS	0.544 NS

表 4 は、ハイクアウトテストの持続時間と等尺性膝伸展筋力およびウインゲートテスト（平均パワー、最大パワー、低下率）の関係を示したものである。

等尺性膝伸展筋力（絶対値・体重割）とハイクアウトテストの持続時間との関係は、全体、男性、女性のすべての組み合わせにおいて有意な相関関係は認められなかった。

ウインゲートテストの平均および最大パワー（絶対値・体重割）とハイクアウトテストの持続時間の間に有意な相関関係は認められなかった。また、低下率とハイクアウトテストの持続時間との間にも、有意な相関関係が認められなかった。

Ⅳ. 考察

1. ハイクアウトテストの持続時間の比較

性別および競技レベル別にハイクアウトテストの持続時間を検討したところ(図 3)、性別による差は認められないが、競技レベル別によるハイクアウトテストの持続時間には有意差が認められた。競技レベルが高いほど、ハイクアウトテストの持続時間が長いという結果は、Vangelakoudi et al.(2007)と同様である。したがって、本研究で考案した評価方法は、セーリング競技のハイクアウトテストの持続能力を評価する指標として、十分な妥当性を有していると考えられる。一方、18 歳未満のシングルハンド、18 歳以上のシングルハンド、18 歳以上のダブルハンド群のハイクアウトテストの持続時間には、有意差が認められなかった(図 2)。これは各年代に国際大会に出場していた者が含まれていたことや、各年代の競技レベルが等質ではなかったことが影響したと考えられる。各年代で国際大会に出場している人数は、18 歳未満のシングルハンド群で 28 名中 4 名、18 歳以上のシングルハンド群 9 名中 8 名、18 歳以上のダブルハンド群 27 名中 5 名であった。18 歳未満のシングルハンド群と 18 歳以上のダブルハンド群は、国際レベルと国内レベルの比率は同程度であるが、18 歳以上のシングルハンド群は国際レベルの比率が高かった。18 歳未満のシングルハンド群は、日本セーリング連盟のユースナショナルチーム候補選手強化合宿に参加できる、地区(水域)レベルで優秀な選手が招集されていた。一方、18 歳以上のダブルハンド群は、日本学生選手権で上位を占める者から、中位および下位を占める者まで含まれていたことから、競技レベルにばらつきがあり、ハイクアウトテストの持続時間にも影響して、差が認められなかったものと考えられる。つまり、ハイクアウトテストの持続時間には、競技レベルが大きく影響している可能性が示唆された。

2. 20m シャトルランとハイクアウトテストの関係

20m シャトルランは、最大酸素摂取量との関連性が認められており(Léger and Lambert, 1982)、有酸素性作業能力を示す指標である。本研究では、20m シャトルランの回数とハイクアウトテストの持続時間には、有意な弱い相関関係が認められた。つまり、有酸素性作業能力が高い者ほど、ハイクアウトテストの持続時間が長くなることを示している。また、この有酸素性持久能力とハイクアウトテストの持続時間との関連性は、性別に関わらずに認められたが、回帰直線の傾きは男女で異なっていた。これについて、女性選手はシャトルランの回数が少なくても、ハイクアウトテストの持続時間が長くなることを示している。この男女間の回帰直線の違いは、何によって生じているかは、今後の検討課題である。

先行研究では、ハイクアウトを長時間行う(Legg et al., 1999)レーザー級の選手は、その他の艇種の選手に比べて、最大酸素摂取量が大きい(Bojsen-Møller et al., 2007)ことが報告されている。本研究によって明らかになった、有酸素性作業能力が高いほどハイクアウトの持続時間が長くなるという結果は、シングルハンド(レーザー級)において、有酸素性作業能力を高めることが、ハイクアウトの持続時間を延長させることを示唆するものであると考えられる。

3. 上体起こしテスト、30 秒間上体起こしテストとハイクアウトテストの関係

本研究では、腹筋の筋力・筋持久力を評価するために、日本セーリング連盟が実施している上体起こしテストと、新体力テストの 30 秒間上体起こしテストを実施した。上体起こしテストとハイクアウトテスト

の間には、男性において弱い有意な相関関係が認められた。一方、30 秒間上体起こしテストとハイクアウトテストの間には、すべての組み合わせにおいて、有意な相関関係が認められなかった。

ジュニア・ユース選手の上体起こしテストは、測定時間の都合から、挙上回数が 60 回を超えた時点で終了とした。そのため、挙上回数が 60 回に到達した選手を含めて相関分析を行うと、結果が歪められている可能性が考えられた。そこで、上体起こしテストの挙上回数が 60 回であったジュニア・ユース選手を除去して、上体起こしテストとハイクアウトテストの持続時間との関係性について再検討した。その結果、男性（n=36,r=0.427,p<0.05）は、有意な中程度の正の相関関係が認められた。一方、全体（r=n=50,r=0.195,NS）および女性（n=14,r=-0.292,NS）は、有意な相関関係が認められなかった。この結果は、上体起こしテストの挙上回数が 60 回に到達した選手を含めた結果と同様であった。したがって、男性において、上体起こしテストとハイクアウトテストの持続時間には、関連性があると考えられる。

上体起こしテストのみ有意な相関関係が認められた理由として、ハイクアウトテストの運動時間が影響したと考えられる。上体起こしテストは動作回数 40.1±23.5 回であり、運動時間に換算すると 160±94 秒間行われている。ハイクアウトテストの運動時間は 91.3±30.6 秒であり、上体起こしの運動時間と同等かそれ以上である。一方、30 秒間の上体起こしテストは、運動時間が 30 秒であり、ハイクアウトテストと比較しても短い。したがって、ハイクアウトテストと上体起こしでは運動時間が近似しているが、30 秒間上体起こしテストは、運動時間が大きく異なっていることから、有意な相関関係が認められなかったと考えられる。

しかしながら、女性において、上体起こしテストとハイクアウトテストの間には有意な相関関係が認められなかった。その理由として、女性の対象者の一部には（図 4）、体幹の筋力が低く、体幹の屈曲可動域も小さいため、大腿部に肘が接触するまで体幹を屈曲できない者が含まれていたことが影響したと考えられる。したがって、本研究で使用した上体起こしテストは、体幹の筋力が極端に低い者や、胸椎の可動域が小さいものは評価できないといった問題点があることが明らかとなった。今後、より良い評価方法を検討して行く必要性があると考えられる。

4. 下肢の筋力および筋持久力とハイクアウトテストの関係

先行研究では、ハイクアウトのパフォーマンスを決定する体力要因として、等尺性膝伸展筋力が報告されている（Aaggard et al.,1998）。しかし、本研究では、ハイクアウトテストの持続時間と等尺性膝伸展筋力との間に有意な相関関係が認められなかった。この理由として、測定時の膝関節角度が先行研究と異なったこと、対象者の筋力レベルが中程度以上であったことが影響したと考えられる。

先行研究では、膝関節角度を 65 度に規定して行われていた（Aaggard et al., 1998）が、本研究では、膝関節角度を約 90 度に規定して行った。ハイクアウトテスト中の膝関節角度は、約 20～30 度であった。したがって、本研究の膝関節伸展筋力測定時の関節角度は、ハイクアウトテストの関節角度よりも小さいことから、最大筋力が出現する関節角度が異なり、有意な相関関係が認められなかったと考えられる。また、本研究では、18 歳未満のシングルハンド選手を除く、18 歳以上のシングルハンドおよびダブルハンドの選手を対象に、等尺性膝関節伸展筋力を行った。そのため、膝関節伸展筋力が 50 kg 以上の者がほとんどであり、50 kg未満の筋力が低い者が含まれていなかったことが、有意な相関関係が認められなかった可能性もある。

本研究では、等尺性膝関節伸展筋力とは別に、ウォールシットテストと呼ばれる、下肢の筋持久力を評価するテストも実施した(Blackburn, 2001)。このテストは、日本セーリング連盟が、ハイクアウト姿勢による下肢の筋持久力を評価するために行っている。どちらの運動においても、膝関節の伸筋群が等尺性の筋力発揮することから、筋活動様式が類似しているため有意な相関関係が認められると予想していたが、両者には相関関係が認められなかった。

これは、ウォールシットテストの膝関節角度が約 90 度で行われ、ハイクアウトは上述のとおり約 20～30 度で行われることから、両者の運動では関節角度が異なり、相関関係が認められなかったと考えられる。さらに、ウォールシットテストは、姿勢を保持するために、股関節の伸展筋群が使用されるため、ハイクアウトに動員される筋群と異なった可能性も考えられる。

5. 上肢の筋力・筋持久力とハイクアウトテストの関係

腕立て伏せとハイクアウトテストの持続時間には、有意な中程度の相関関係が認められた。ハイクアウトは、下肢と体幹の筋群によって姿勢が保たれることから、上肢の筋群が関与することによって、ハイクアウトテストの持続時間の延長は考えにくい。結果には示していないが、20m シャトルランと腕立て伏せには有意な相関関係が認められている(全体 : $r=0.697, p<0.01$; 男性 : $r=0.644, p<0.01$; 女性 : $r=0.640, p<0.01$)。上述した通り、ハイクアウトテストの持続時間と 20m シャトルランに相関関係が認められていることから、腕立て伏せとハイクアウトテストの持続時間に、疑似の相関関係が生じていた可能性が考えられる。

そこで、疑似の相関関係について検証するために、偏相関分析を用いて、20m シャトルランの影響を除去して、腕立て伏せとハイクアウトテストの持続時間の関係を検討した。その結果、全体($r=0.315$、$p<0.05$)は有意な相関関係が認められた。一方、男性($r=0.303$、NS)と女性($r=0.382$、NS)の間には、有意な相関関係は認められなかった。つまり、男性と女性共に、腕立て伏せとハイクアウトテストの持続時間に、疑似の相関関係が生じていたため、このような相関関係が認められたものと考えられる。

しかし、偏相関分析を用いても、対象者全員の腕立て伏せとハイクアウトテストの持続時間には、有意な相関関係が認められた。腕立て伏せは、上肢の筋群が活動するだけではなく、体幹の筋群である腹直筋や(大)腰筋が活動することが報告されている(Juker et al., 1998)。つまり、腕立て伏せはハイクアウトの姿勢と共通して、体幹と股関節の屈曲に関与する筋群が使用されることから、動作中に使用される筋群が類似するため、有意な相関関係が認められたと推察される。

腕立て伏せと同様に、懸垂とハイクアウトテストの持続時間(男性)の関係について、偏相関を用いて 20m シャトルランの影響を除去して検討した。その結果、懸垂とハイクアウトテストの持続時間には、相関関係が認められなかった($r=0.282$、NS)。この結果は、上記の腕立て伏せの結果と同様であり、20m シャトルランに代表される有酸素性作業能力と疑似の相関関係が生じることによって、懸垂(男性)と相関関係が生じていたと考えられる。このように、腕立て伏せや懸垂において、疑似の相関関係が認められた理由として、有酸素性作業能力が高いものは、定期的に体力トレーニングを実施している可能性が高く、それに伴い腕立て伏せなどの補強運動を実施していたことが影響したと推察される。

6．ハイクアウトテストのフィールドにおける有用性

本研究では、フィールドで実施できるハイクアウトテストを考案した。このテストは、ハイクアウトベンチ、動作規定のために必要なポール用の台座およびゴム紐、ストップウォッチがあれば、特別な場所や計測手法を伴わず実施できる。海上では、風や波などの自然環境をコントロールできないため、ハイクアウトの持続能力を客観的に評価することは難しい。一方、本研究のテストを用いれば、自然環境の変化に左右されることがなく、日常活動しているフィールドで、いつでもハイクアウトの持続能力を評価することができる。また、日常的にハイクアウトに必要とされる専門的な体力が向上しているか評価できることから、セーリング競技の体力トレーニングを円滑に実施していくために有用なテストであると考えられる。

Ⅴ．まとめ

本研究では、ハイクアウトの持続能力に関する評価方法を考案して、年齢および競技レベルの異なるセーリング競技選手を対象に、ハイクアウトの持続時間を規定する体力要因を明らかにすることを目的とした。

その結果、本研究で考案したハイクアウトテストは、先行研究と同様にセーリング競技の競技レベルを反映しており（国際レベル＞国内レベル）、フィールドでハイクアウトの持続能力を評価できるテストとして有用であることが示唆された。

ハイクアウトの持続時間を規定する体力要因を検討したところ、有酸素性作業能力を示す 20m シャトルランの回数が多い者ほど、ハイクアウトテストの持続時間が長いことが明らかになった。この結果から、男女共に有酸素性作業能力の向上が、ハイクアウトテストの持続時間の延長に寄与することが示唆された。また、男性のみであるが上体起こしテストと関連性が認められたことから、体幹の筋持久力を高めることも、ハイクアウトの持続時間を増大させるためには重要であることが考えられた。

Ⅵ. 文献

- Aagaard, P., Beyer, N., Simonsen, E.B., Larsson, B., Magnusson, S.P., and Kjaer, M.(1998). Isokinetic muscle strength and hiking performance in elite sailors. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 8(3):138-144.
- Blackburn, M.(2001) Sail Fitter 2nd edition. Fitness Books: Manly Vale Australia.
- Bojsen-Møller, J., Larsson, B., Magnusson, SP., and Aagaard, P.(2007), Yacht type and crew-specific differences in anthropometric, aerobic capacity, and muscle strength parameters among international Olympic class sailors. Journal of Sports Sciences. 25(10):1117-1128.
- Burnett, AF., Wee, WK., Xie, W., Oh, PW., Lim, J.J., and Tan, KW.(2012), Levels of muscle activation in strength and conditioning exercises and dynamometer hiking in junior sailors. The Journal of Strength & Conditioning Research 26(4):1066-1075.
- Larsson, B., Beyer, N., Bay, P., Biønd, L., Aagaard, P., and Kjaer, M.(1996) Exercise performance in elite male and female sailors. International Journal of Sports Medicine . 17(7):504-508.
- Léger, L.A., and Lambert, J.(1982) A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO2 max. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 49(1):1-12., Legg, S., Mackie,

H., and Smith, P.(1999) Temporal patterns of physical activity in Olympic dinghy racing. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 39(4):315-320.

- Juker, D., McGill, S., Kropf, P., and Steffen, T.(1998), Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. Medicine & Science in Sports & Exercise. 30(2):301-310.
- Tan, B., Aziz, A. R., Spurway, N.C., Toh, C., Mackie, H., Xie, W., Wong, J., Fuss, F.K., The, K.C.(2006) Indicators of maximal hiking performance in Laser sailors. European Journal of Applied Physiology . 98(2):169-176.