

3 スキー競技クロスカントリー

吉本 俊明

1. 心拍数からみた高地トレーニング

(1) 高地合宿直前のコンディション

図1はフィンランド・ボカティにおける高地合宿直前のトレーニングによるコンディションの変化を、心拍数の変化から検討した結果を示したものです。測定はボカティスポーツセンターにおいてトレッドミルを用いて行っています。運動負荷は3分間で男子13.5km/h、女子は11.7km/hまで速度をあげていきますが、1回目は傾斜角が1度、2回目以降2、4、5度と角度を増し計4回実施するものです。測定は男女とも初日（2日目）と1週間後に実施しています。図は負荷レベルごとの平均値と標準偏差およびt検定の結果について初日と1週間後を比較して示しています。まず、男子9名についてみますと、初日、1週間後とも負荷が高まるごとに、心拍数が増しています。しかし、その値は1週間後の方が低く、どの負荷レベルにおいても明らかに減少しているといえます。一方、女子8名についてみますと、負荷レベルで心拍数が増す点では男子と同様の結果となっていますが、2日目と1週間後の比較のレベル1とレベル3では1週間後に減少したとはいえない結果となっています。また標準偏差（縦の線）についてみても、女子は男子以上に個人差が大きかったことを示しています。

しかし、いずれにしても高地に入る前1週間のトレーニングによって同じ負荷に対しての心拍数が減少して、循環機能という点でより良いコンディションになってきているといえます。

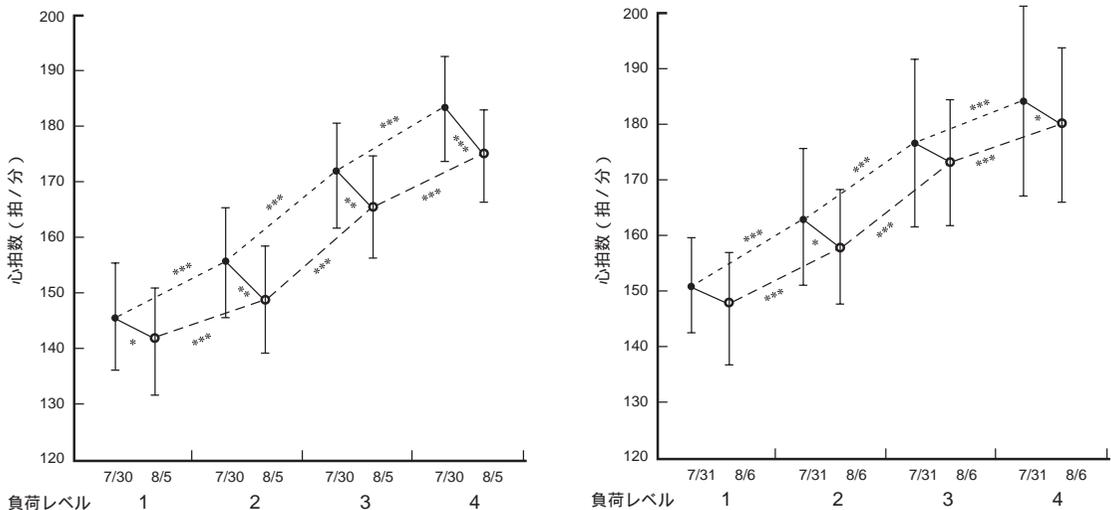


図1 高地合宿直前の合宿における男女別にみた負荷レベルによる心拍数の比較および1週間の変化
左：男子選手の平均値と標準偏差、右：女子選手の平均値と標準偏差

(2) 高地におけるトレーニング強度を変えたときの心拍数

高地トレーニングでは、低圧低酸素の環境に適応し、低地並に機能を回復する過程が必要であり、トレーニング強度を高めるのはそれからといえます。ここではラムソー（オーストリア）における2,700mの氷河での雪上トレーニングの中から、ベース1トレーニングを中心にした120分間の中にスピードトレーニングを加えた例を示しました。図2、図3とも女子選手であり、トレーニング中ハートレートモニターを用いて5秒間隔でサンプリングしたものです。図2のA選手についてみるとベース1トレーニング時の心拍数がほとんど140拍/分以下であり、maxでも140拍/分台です。したがって、スピードトレーニングを行った矢印部分の心拍数が明らかに高いことが分かります。それに対して図3のB選手の場合は、ベース1トレーニング時にすでに150拍/分を越え、maxは155拍/分を越える状態です。したがって、スピードトレーニングを行った後半部分ではわずかに心拍数の増加がみられるに留まっています。このトレーニングが両選手とも高地合宿4～5日目であったことを考えますと、B選手の場合、ベース1の意識にも関わらず心拍数が高めになるのは、まだ高地への適応ができていない可能性があったといえます。

高地におけるトレーニング計画は、コンディションを十分考慮して行うべきことを示した結果といえます。

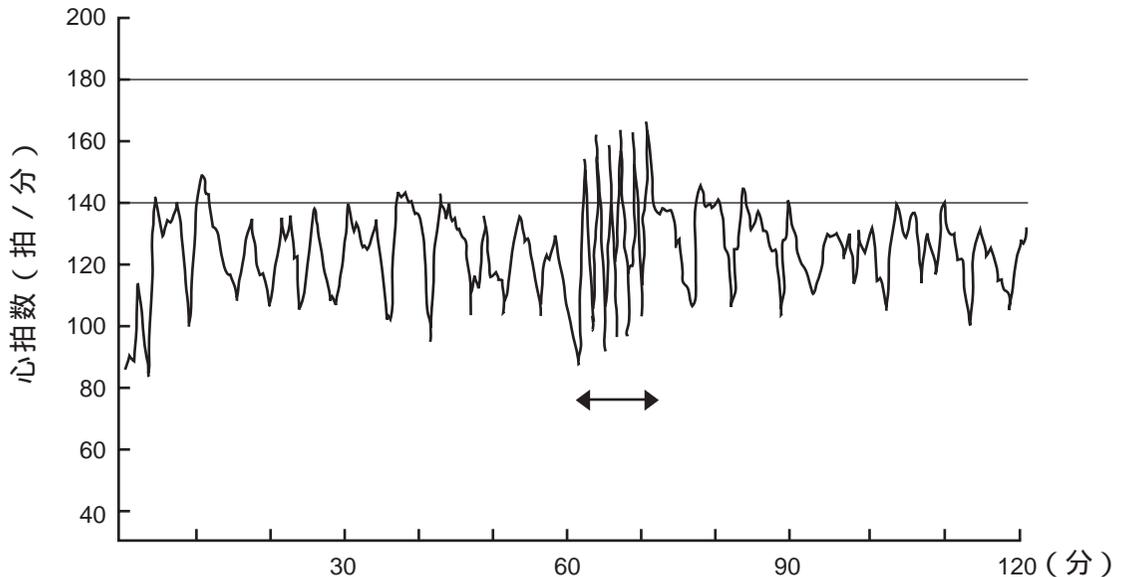


図2 トレーニング強度を変えた高地トレーニング中の心拍数の変化（女子A選手）
 B1トレーニング（前半） max 149 - 136 min 108 - 92
 スピードトレーニング max 167 - 155 min 97 - 91
 B1トレーニング（後半） max 147 - 131 min 112 - 94 （拍/分）

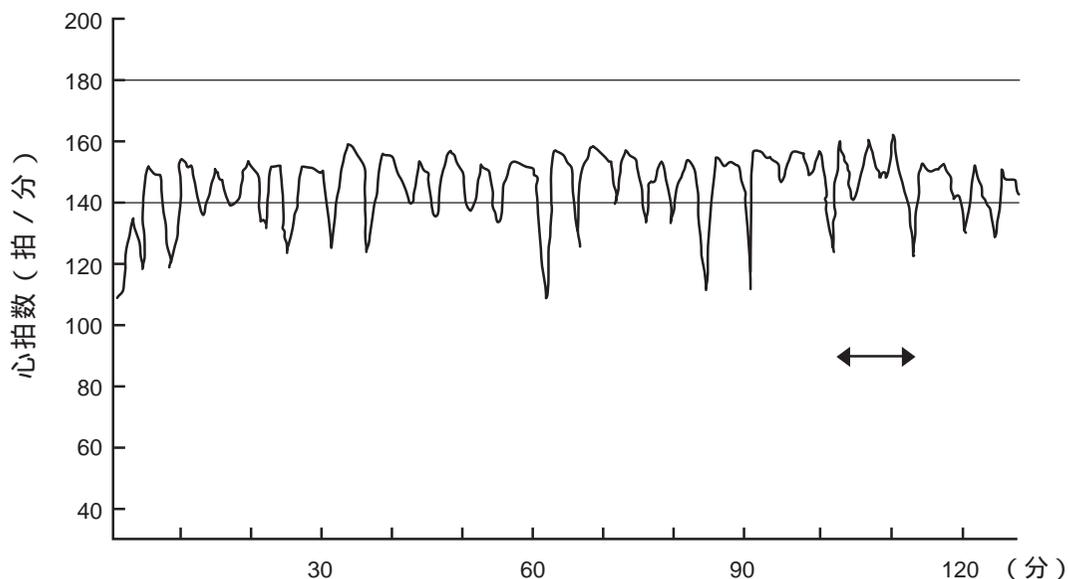


図3 トレーニング強度を変えた高地トレーニング中の心拍数の変化 (女子B選手)
 B1トレーニング (前半) max 158 - 150 min 138 - 109
 スピードトレーニング max 163 - 156 min 150 - 113
 B1トレーニング (後半) max 155 - 153 min 128 - 126 (拍/分)

(3) ベース1トレーニング時の心拍数の分布

図4は、前述と同様ラムソー (オーストリア) における2,700mの氷河での雪上トレーニングの際の心拍数を、10拍ずつに区切ってその割合を示したものです。図は合宿中複数回同様のトレーニングを行っている中から、フリー走法でベース1トレーニングを行った2日間を取り上げ、男女1名ずつについて示してあります。図の横軸は10拍中の中央の値を示しています。左側の男子選手は、ベース1を105～135拍/分に設定しています。1回目が100分間、2回目が150分間とトレーニング時間が異なりますが、135拍/分を中心に2回の分布がほとんど重なっているのが特徴です。この選手はオリンピックにも出場し、高地トレーニングの経験も豊富で、非常によくコントロールしてトレーニングメニューを消化しているといえます。右側は女子選手の1回目90分間、2回目120分間の結果を示したものです。2回目の方がより低い心拍数の頻度が多くなっていますが、140拍/分以下と設定しているベース1の値より高めであり、しかも分布が広いのが特徴といえます。この女子選手もオリンピックに出場し高地トレーニングの経験も豊富という点では男子選手と同じですが、ベース1に設定したにも関わらず全体に心拍数が高

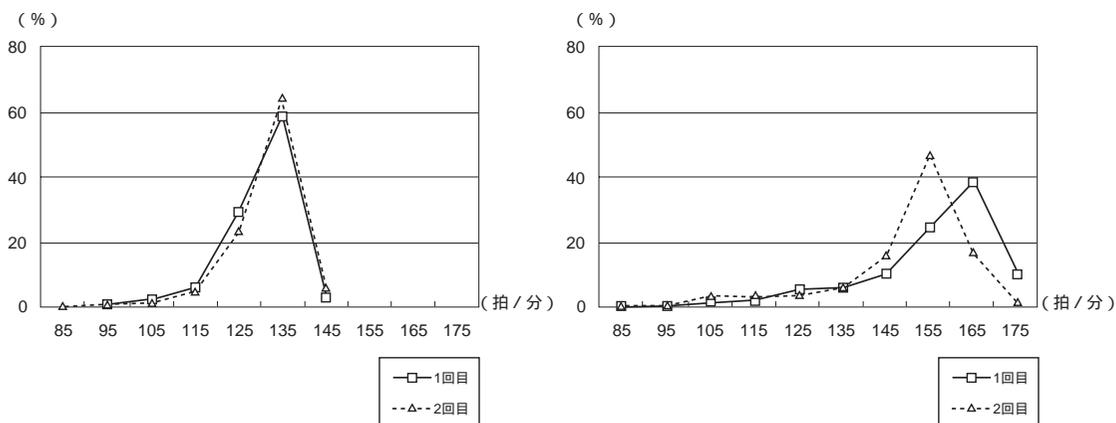


図4 B1トレーニング中の心拍数の分布
左：男子選手の例、右：女子選手の例

めになってしまっている傾向は、女子選手に共通していました。内省報告でも他の選手のペースが気になるという結果でした。

高地におけるトレーニングでは、早期に高地に適応するためにトレーニング強度を低めに押さえるのが望ましいという点からも、自分自身でのコントロールが必要であることを示している結果といえます。

2. 血中乳酸濃度からみた高地トレーニング

(1) 高地合宿直前のコンディション

図5は、図1の心拍数のところでも述べたフィンランド・ボカティにおける高地合宿直前のトレーニングによるコンディションの変化を、血中乳酸濃度の変化から検討した結果を示したものです。測定は心拍数の測定と同じ条件で実施しています。図の示し方も心拍数と同様、負荷レベルごとの平均値と標準偏差および検定の結果について初日と1週間後を比較して示しています。まず負荷レベルによる値についてみると、男子(9名)女子(8名)とも初日(2日目)、1週間後のいずれにおいてもレベル1と2の間では乳酸値に違いがみられなかったことがあげられます。そしてレベル3、4になると値は急に高くなり、男子初日のレベル4では平均値で4.5mM、女子初日では5.5mMを超える高い値になっています。特に、女子の中には標準偏差からも分かるようにレベル3でも4mMを超える選手もみられました。しかし1週間後の値についてみると1~4の全てのレベルで平均値が低くなり、レベル4については男女とも平均値が4mM以下になり、実際に4mMを超えた選手は男女とも1名に留まるまで変化していました。

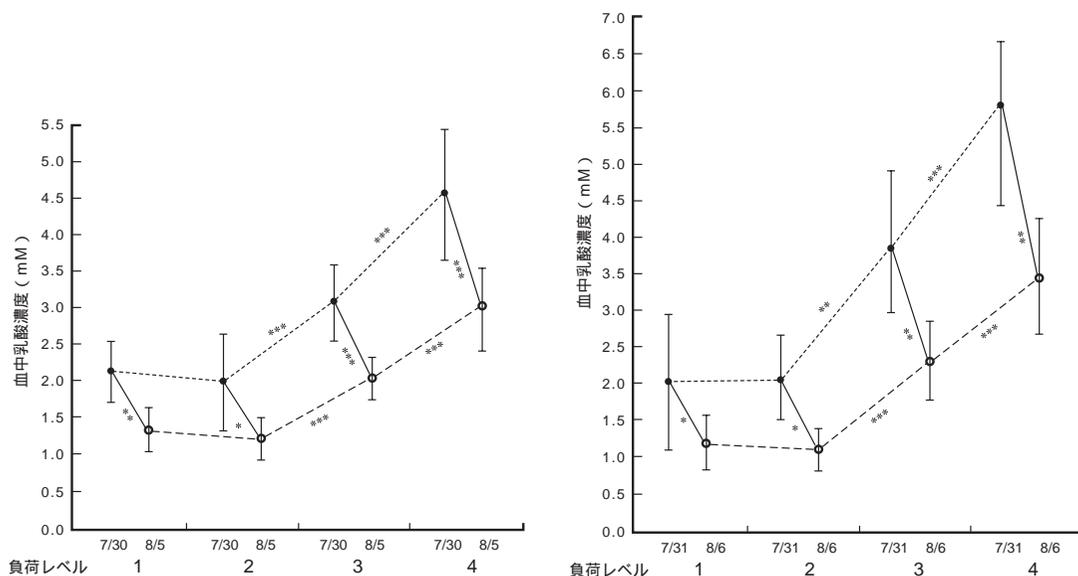


図5 高地合宿直前の合宿における男女別にみた負荷レベルによる血中乳酸濃度の比較および1週間の変化
左：男子選手の平均値と標準偏差、右：女子選手の平均値と標準偏差

この結果は、高地に入る前1週間のトレーニングによって同じ負荷に対しての血中乳酸濃度に減少がみられたという点からも、より良いコンディションを築いたことを示しているといえます。

(2) 高地合宿中の安静時における血中乳酸濃度の変化

高地合宿におけるコンディションを安静時の血中乳酸濃度からみるため、合宿に入ってから6日間、朝食前(午前6時半~7時)にラクテートプロ(京都第1科学)を用いて測定したものです。図6は、男子選手11名を合宿始めから1mM以下の5名と、合宿始めあるいは途中で1mMを超える値で変動した6名に分け、平均値とともに示しています。なお平均値を求める際および個人の値を示す際、測定器具の関係から0.7mM以下が「low」と表示されるため、「low」については全て0.7mMとして計算、表示を行いました。左右の図を比較してみると明らかなように、右側の6名は早朝の安静時にも関わらず、特に3、4日目の値が大きく変動しているといえます。これらの理由としては、合宿前からのコンディション、または高地への適応過程の影響が考えられます。図7は、同様の方法で女子の7名について示したものです。女子については、1mM以下の3名と1mMを超える変動のある4名に分けていますが、変動の大きな群でも男子と異なり、むしろ合宿始めの値が高めで4日目には全員が1mM以下になっているのが特徴といえます。

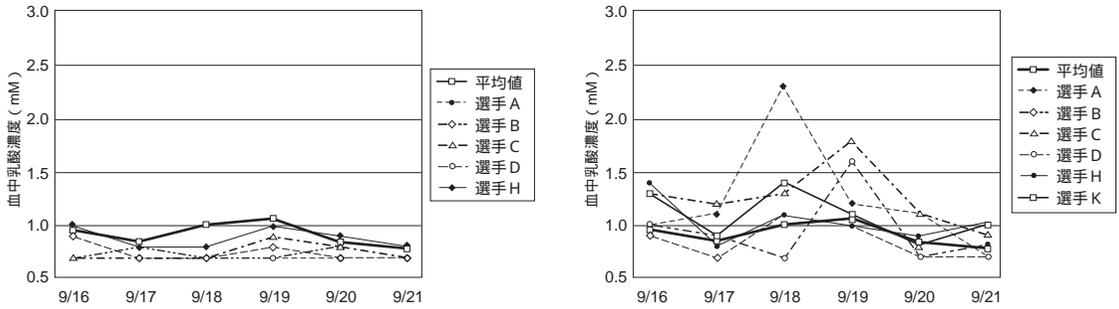


図6 高地合宿中の安静時における男子選手の血中乳酸濃度の変化
左：初日から1mM以下の群、右：値が変動する群

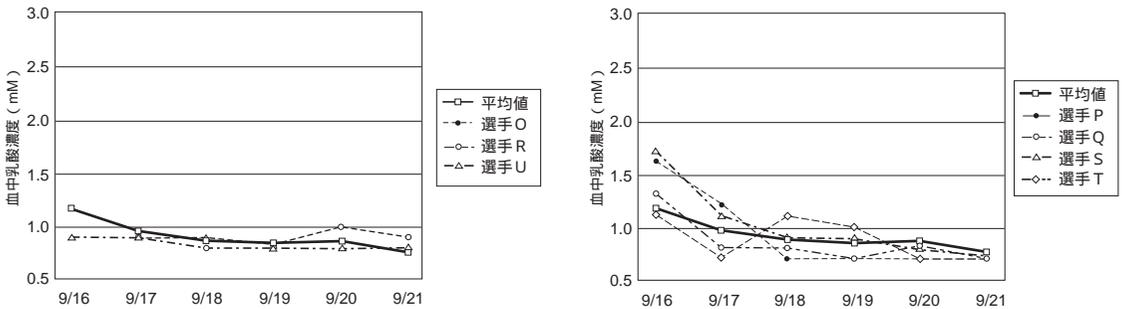


図7 高地合宿中の安静時における女子選手の血中乳酸濃度の変化
左：初日から1mM以下の群、右：値が変動する群

いずれにせよ、早朝の安静時においても乳酸値が高めである状態では、特にトレーニングメニューを考慮しなければならないといえ、安静時の乳酸値の測定がその指標として役立つことを示した結果といえます。

3. 自律神経機能の測定からみた高地トレーニング

(1) 圧受容器反射機能の測定

この測定は仰臥位および立位時における5分間ずつの血圧、心電図の継時的測定によって求めるものです。血圧の測定にはOHMEDA社製連続血圧測定器Fina Pres、心電図の測定にはAD Instruments社製Powerlab Systemを用いています。なお、高地への機能適応をみるため低地における測定を実施するとともに、トレーニング中の心拍数と最高心拍数をもとにしたTRIMP (Training Impulse) も求めています。このTRIMPはトレーニングによって心臓や血管などの循環器系にどの程度の負荷がかかっていたかを数値化したものです。このTRIMPの値をみる場合、USAにおける大学生アスリートで140、トップアスリートで170-180程度の値が得られているのが目安となります。

図8は標高2,300mの立山(富山)における雪上合宿と標高2,175mの渋峠(長野)に宿泊した陸上合宿時の男子H選手の結果について示したものです。立山の合宿は、宿泊施設とトレーニング場所が同じ標高にある“Living High, Training High”といわれる条件といえ、渋峠の合宿は宿泊施設よりもトレーニング場所が400~700m低い“Living High, Training Low”といわれる条件といえます。H選手は、立山合宿の3日目にはまだ低酸素、低圧の影響を受けていますが、4~7日目では十分回復し、短期間でかなり高い適応を示していたといえます。しかし、立山のTRIMPについてみると前半で143、後半で100となっていますが、この値についてはもう少し高めの方がトレーニング効果が顕著に表れる可能性があったことを示しています。渋峠の結果についてみると立山の時に比べて高い値で変動しているのが分かりますが、その要因としては1年間で機能レベルが上がったことと、いわゆる“Living High, Training Low”という条件により高地適応が促進されたことが上げられます。また、TRIMPからみても前半137に対して後半に181と高まった点もトレーニングが適切であったことを示しています。この結果は立山のような条件でも適応は可能ですが、むしろ“Living High, Training Low”という条件の方が効果が期待できることを明らかにしているといえます。



写真 圧受容器反射機能の測定風景 / 左：仰臥位、右：立位

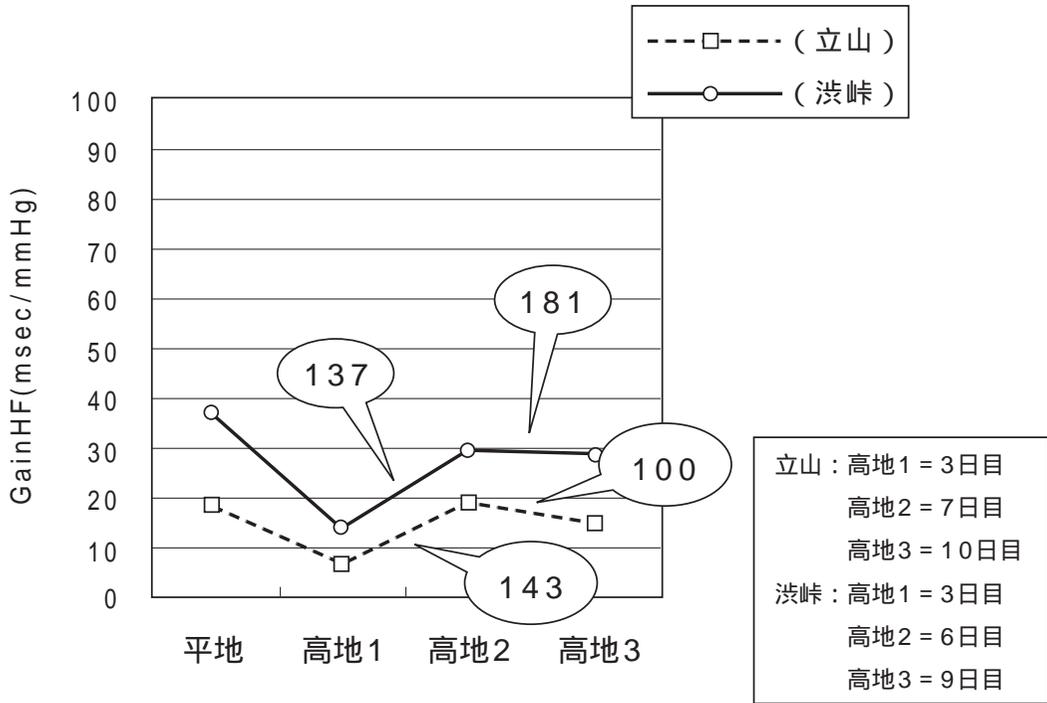


図8 圧受容器反射機能の測定からみた男子H選手の高地適応過程

図9は同じ2つの合宿における女子Y選手の適応過程を示したものです。Y選手の場合、立山の結果からも明らかなように高地適応が極めて速やかであり、TRIMPも非常に高い値を保っていて、高地に強くトレーニングが環境に影響されないことを示しています。渋峠についても早期の高地適応が認められますが、高地2日目の機能レベルが特に高いのは、高地合宿の直前に行われた低地におけるローラースキー大会で循環器系に十分な負荷が加わった影響といえます。その後も低地と同じレベルの機能が維持できていて、しかもTRIMPも195と十分な値が確保されているということから、Y選手は高地におけるいろいろな条件に適応可能な選手といえます。

これらの結果は、圧受容器反射機能の測定が高地への適応過程を適切にとらえているとともに、“Living High, Training Low”条件下における高地トレーニングの有効性、高地トレーニング直前に循環器系に十分な負荷をかけておくことの有効性についても明らかにしたといえます。

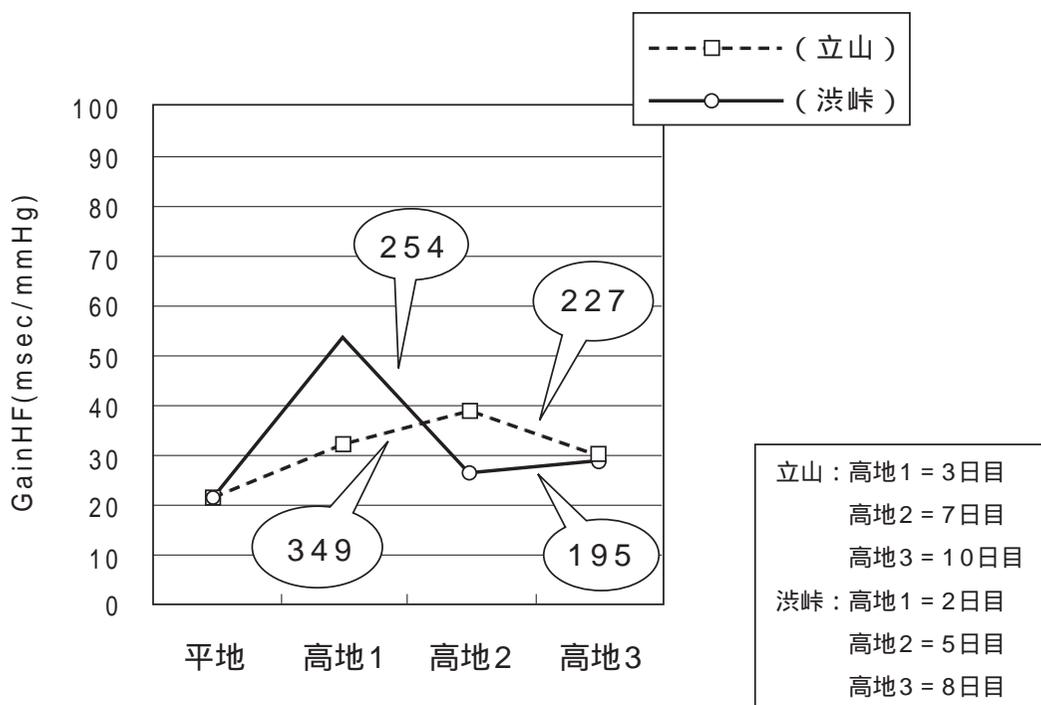


図9 圧受容器反射機能の測定からみた女子Y選手の高地適応過程

(2) オルトスタテック・テスト (Orthostatic Test)

同じ自律神経機能の測定でも、圧受容器反射機能の測定のように大掛かりな測定機材を必要としない簡易的な測定法として位置付けられます。この値を求めるためには、ハートレートモニターによる入力とソフトが必要になります。ここでは、前述した渋峠における圧受容器反射機能の測定結果との対応という形で示します。

表1は、男子H選手のオルトスタテック・テストで求められた値を示したものです。表中の点線より左が平地における直前合宿、右側が渋峠における値を示しています。合宿2日目(測定日5)に上昇時間、下降時間とも延長し、仰臥位の心拍数が67拍/分と増加したことによって体位心拍差が減少した点、その直後から上昇時間、下降時間が短縮し仰臥位の心拍数が50~60拍/分に安定した点は、前述の3日目には機能低下がみられるがその後機能が回復するという結果と一致する傾向といえます。

表2は、同じく女子Y選手について示したものです。高地入り2~3日目(測定日4、5)には上昇時間、下降時間が短縮し高地の影響をあまり受けていないことを示しています。また、文中には示しませんでした、Y選手の図9の中の5日目にやや値が低くなった結果がみられますが、表中5日目(測定日7)の上昇時間、下降時間の延長傾向にその傾向がみられるという点でもほぼ一致した結果みられているといえます。

表1 オルトスタテック・テスト (Orthostatic Test) の例

男子H選手

測定日		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
上昇開始時間心拍数	拍/分	48	55	52	55	64	58	57	59	52	59	57
最高時点心拍数	拍/分	83	83	85	86	92	90	92	92	84	94	91
下降終了時点心拍数	拍/分	64	71	71	71	71	66	74	67	61	69	76
上昇時間	秒	22	8	20	21	<u>27</u>	20	19	19	14	12	21
上昇心拍数	拍/分	35	28	33	31	28	32	35	33	32	35	34
下降時間	秒	19	13	16	16	<u>26</u>	21	16	21	21	19	23
下降心拍数	拍/分	19	12	14	15	21	24	18	25	23	25	15
仰臥位平均心拍数	拍/分	49	52	52	55	<u>67</u>	58	61	60	<u>53</u>	<u>55</u>	61
立位平均心拍数	拍/分	77	80	80	81	76	75	75	73	70	78	76
体位心拍差	拍/分	28	27	28	25	<u>9</u>	16	14	13	17	23	15

表2 オルトスタテック・テスト (Orthostatic Test) の例

女子Y選手

測定日		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
上昇開始時間心拍数	拍/分	48	43	44	54	51	54	50	48	51	51
最高時点心拍数	拍/分	81	67	71	85	77	83	76	80	83	83
下降終了時点心拍数	拍/分	59	59	63	62	66	69	71	69	80	72
上昇時間	秒	20	18	15	21	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>27</u>	13	27	21
上昇心拍数	拍/分	33	24	27	31	26	29	26	32	32	32
下降時間	秒	11	32	14	<u>10</u>	<u>17</u>	<u>29</u>	<u>32</u>	25	-	17
下降心拍数	拍/分	22	8	8	23	11	14	5	11	-	11
仰臥位平均心拍数	拍/分	44	44	45	46	53	54	51	50	53	53
立位平均心拍数	拍/分	58	61	65	67	68	72	74	69	75	78
体位心拍差	拍/分	14	16	20	21	15	18	<u>23</u>	18	<u>21</u>	<u>25</u>

このように、上昇時間、下降時間を中心に圧受容器反射機能との対応がみられることから、高地で簡易的に用い、コンディション・チェックに利用できることが確認されたといえます。