

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

高地トレーニング・低酸素トレーニングの実践と成果について スピードスケート選手における低酸素トレーニングの成果

前 嶋 孝

はじめに

酸素を取り込む能力や筋における酸素不足状態に耐える能力はスポーツの競技力と大きなかわりがある。酸素運搬能力を高める手段として陸上競技、水泳競技などでは、標高2,000m前後の高地に数週間あるいは数ヶ月滞在しながらトレーニングを行うことによって、平地での競技力の向上を目指している。すなわち、平地においてどれほど激しいトレーニングをしようとも得られない低酸素という負荷を呼吸循環機能あるいは筋の代謝機能に与え、それに順応させることが競技力の向上につながると考えるからである。

スピードスケートの長距離種目でも最大酸素摂取量と競技成績との間に $r=0.85$ 程度の相関関係がある（但し、最大酸素摂取量は自転車エルゴメータによる測定）ので、高地トレーニングによって酸素運搬能力が高まれば競技力向上につながるであろうことは推察される。しかし、標高2,000m級の高地にスケートリンクがないこと、また、たとえあったとしても高地における空気抵抗の小さいことが滑走中の脚パワーや平地での滑走技術に与える影響等が懸念されるなどにより、積極的に高地トレーニングを考えることはなかった。

近年、Living high and Training low (Hi-Lo training) というトレーニング法が提唱され、標高2,500m程度の高地に滞在し、トレーニングは低地（標高1,250m程度）で行った結果、Living high and Training high (Hi-Hi training) よりも酸素運搬能力が高まり、平地でのPerformanceがより改善されるとの報告がある。著者はスピードスケート選手の高地トレーニングとして菅平（標高1,300m）に滞在しながらトレーニングのみ長野Mウェーブスケートリンク（標高340m）で行うという方法を試みた。しかし、滞在場所からトレーニング場所への毎日往復1時間20分の移動時間による選手のコンディショニングへの影響や冬季には道路の凍結や雪など競技会直前のことを考えると危険性が懸念された。

人工的低酸素環境でのトレーニングを考える

スピードスケート選手に対して平地でトレーニングしながら、1日のうちの一定時間人工的に作った低酸素室を利用し、高地トレーニングと同じ効果を得ることを考えた。低酸素室は、タバイエスベック梯の協力によって、常圧のまま酸素分圧が高所と同じとなる部屋を試作し、1995年9月に第1回目のトレーニング実験を行った。

低酸素環境として低酸素室内の酸素濃度を16.4%（標高2,000m相当）に設定した。トレーニング内容は、低酸素室内に一日10時間（夜の9時から朝7時まで）滞在すること、および、日中、同じ低酸

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

素を吸入しながら1時間の自転車エルゴメータによって運動することであった。

低酸素室に入室中、安静時心拍数は増加し、 SpO_2 は減少した。また、低酸素を吸入しながらの自転車エルゴメータによる運動中の SpO_2 は運動負荷の増加に伴って低下した。このように、常圧-低酸素環境であっても高地とはほぼ同じ生体反応が得られることが確認された。そして、このトレーニング内容を10日間継続した結果、自転車エルゴメータによる仕事量が増加し、一定運動負荷中の心拍数および血中乳酸濃度は低下し、 SpO_2 は増加傾向を示した。

以上のトレーニング法では、低酸素室に滞在しながら1日に1時間同じ低酸素を吸入しながら自転車エルゴメータにおいて運動をし、さらに、通常のスピードスケートのための陸上トレーニングを行っているので、Living high, Training high and Training low (Hi-Hi-Lo training)ということになる。ちなみに、酸素濃度16.4%の低酸素室に滞在し、低酸素下での運動を行わない(ただし、スピードスケートのための陸上トレーニングは通常どおり行った)グループ (Hi-Lo training) には顕著な変化がみられなかった。すなわち、16.4%の低酸素室に1日10時間入って、ほとんど寝ているだけでは効果は認められなかった。

長野オリンピック直前の低酸素室利用

上述の基礎的実験に基づいて、長野オリンピックに向けての低酸素トレーニングの実施を計画した。低酸素室はオリンピック会場に近い場所に低酸素室を設置し、競技会にあわせた低酸素トレーニングを合計4回行い、5回目がオリンピック直前となるようにした。すなわち、1回目は1996年12月の全日本選手権大会(酸素濃度16.4%にて)、2回目は翌年1月に日本(長野)において開催された世界選手権大会(酸素濃度16.4%にて)、3回目は1997年(オリンピックシーズン)11月に開催されたワールドカップ大会代表選考会(酸素濃度15.4%にて)、および、4回目はオリンピック年の1月(オリンピック1ヶ月前)に開催の全日本選手権大会(オリンピック最終選考会:酸素濃度16.0%にて)のそれぞれ1週間前に1週間から10日間行われた。なお、トレーニングの内容は、低酸素室に1日10時間入室、同じ低酸素気による運動40分および常圧酸素下における水上トレーニングのいわゆるHi-Hi-Lo trainingとした。

ただし、試合期では、低酸素トレーニング前後に自転車エルゴメータによる測定をするわけにいかないので、トレーニング前後の結果より、むしろ、低酸素トレーニング中における生理的主観的变化が実験室で仕事量が増加したときと同じような経過をたどるか、そして、その生理的变化パターンが競技成績に結びつくかどうかを見ることが重要である。

そこで、次の項目について測定した。

- 1) 起床時における安静時の心拍数および SpO_2 をミノルタ社製パルスオキシメータにて毎日測定。
- 2) 低酸素を吸入しながらの運動中(自転車エルゴメータでの低酸素運動は毎分60回転で2kp, 3kpおよび4kpの負荷でそれぞれ10分間行い、その後、トレッドミルにおいて傾斜角度0度; 毎分

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

100mの速度でジョギング) 各負荷の終了時心拍数, SpO₂, RPEおよび血中乳酸濃度を測定。

その結果, 酸素濃度16.4%および16.0%環境では, 低酸素トレーニング期間中, 低酸素室内での安静時心拍数が徐々に減少し, SpO₂が増加傾向を示した。そして, 低酸素運動中の心拍数は低酸素トレーニングの経過に伴って徐々に低下(約1週間で10拍/分から20拍/分の低下)し, SpO₂は, 増加傾向を示した。ただし, 酸素濃度15.4%環境では, 安静時および運動心拍数およびSpO₂において上述のような顕著な経日的変化が認められなかった。

以下に, この低酸素トレーニングを実施してオリンピック代表選手となったA選手の成果について示す。

レース直前に行った低酸素トレーニング後におけるA選手の5,000mの記録を見ると, 第1回目の1996年全日本選手権において6分49秒37(国内最高新記録), 2回目の世界選手権では6分47秒46(第3位:全日本選手権での国内最高記録を更新)であった。なお, この世界選手権においてA選手は総合2位(500m 3位, 5,000m 3位, 1,500m 6位, 10,000m 5位)となった。さらに, オリンピックシーズンのワールドカップ大会選考会直前では酸素濃度を15.4%でトレーニングし, 6分37秒93の日本新記録を樹立した。しかし, この低酸素トレーニング中は, 低酸素運動中「あくびが出る」, 「頭がぼーっとする」あるいは「頭痛がする」および「トレーニング後半において強い身体のだるさを感じる」などを訴えた。

低酸素室の酸素濃度を低くすることによって氷上でのスピードスケートのためのトレーニング強度をあまりにも軽減しなければならないようならば, 平地で低酸素トレーニングを行う意味が半減するであろう。特に, 精神的ストレスも大きくなるとされるオリンピック直前の低酸素室酸素濃度は慎重に決める必要があった。すなわち, 平地での競技成績を向上させるための低酸素トレーニングは, 酸素濃度が低ければ低いほどよいわけではないことが解った。

そこで, オリンピック最終選考会となる全日本選手権(1998年1月3-4日)直前は, 低酸素室酸素濃度を16.0%(標高2,200m相当)で行った。その結果, 6分37秒80(ワールドカップ選考会での日本記録をさらに更新)を記録し, 総合得点において155.966点の世界新記録を樹立した。そして, このときの低酸素(酸素濃度16.0%)トレーニングがA選手にとって最もコンディショニング作りのしやすい環境であったように思われた。

以上, 総合的に判断して, オリンピック直前の低酸素トレーニングは1ヶ月前の最終選考会直前に行った内容と全く同じにした。従って, オリンピック直前の低酸素トレーニング中では, 毎日のデータを, 最終選考会のデータと比較しながらコンディショニングを行った。その結果, 低酸素室内における安静時および低酸素運動中の心拍数およびSpO₂の変化が最終選考会直前とほぼ同様の傾向を示し, オリンピックにおける5,000m競技ではまたも国内最高記録を更新(6分36秒71)し7位に入賞した。結局, A選手は低酸素トレーニングのたびに国内最高記録を更新し続けたことになる。

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

(JOC高所トレーニング医・科学サポート7報：低酸素トレーニングによるスピードスケート選手へのサポートー長野オリンピック対策ーより)

複合低酸素トレーニングの試み

上述したA選手の方法は必ずしもすべての選手に当てはまったわけではなかった。特に、多くの被験者が低酸素トレーニング開始5日目から1週間目に身体のだるさや疲労感を訴えた。したがって、疲労状態のままトレーニングを継続することのないように配慮しなければならない。レースの1週間前に低酸素室から退室したのもこの理由からであった。

そこで、身体のだるさの原因は低酸素室滞在中の酸素濃度にあるように思われたので、滞在場所を準高地(菅平：標高1,300m)とし、水上トレーニングを平地(長野：標高340m)で行い、さらに、準高地の空気を低酸素発生器によって作った標高2,200m相当の低酸素空気を吸入しながらの自転車エルゴメータ運動を負荷するという方法を試みた。すなわち、滞在場所をこれまでの低酸素室の環境(酸素濃度16.4%)より高い酸素分圧とし、その代わりにより低い酸素濃度での運動を加えるという方法である。

低酸素運動中の動脈血酸素飽和度をみると、大きな個人差が認められた。そしてその差は酸素濃度が低くなればさらに大きくなった(図1)。トレーニングの結果、菅平に3週間滞在中に標高2,200m相当の低酸素運動を3~4日おきに5~6回行った選手は同一負荷運動中の心拍数は減少し、SpO₂は上昇し(SpO₂/HR比の上昇)、低酸素運動に順応していることが推察された。そして、トレーニング

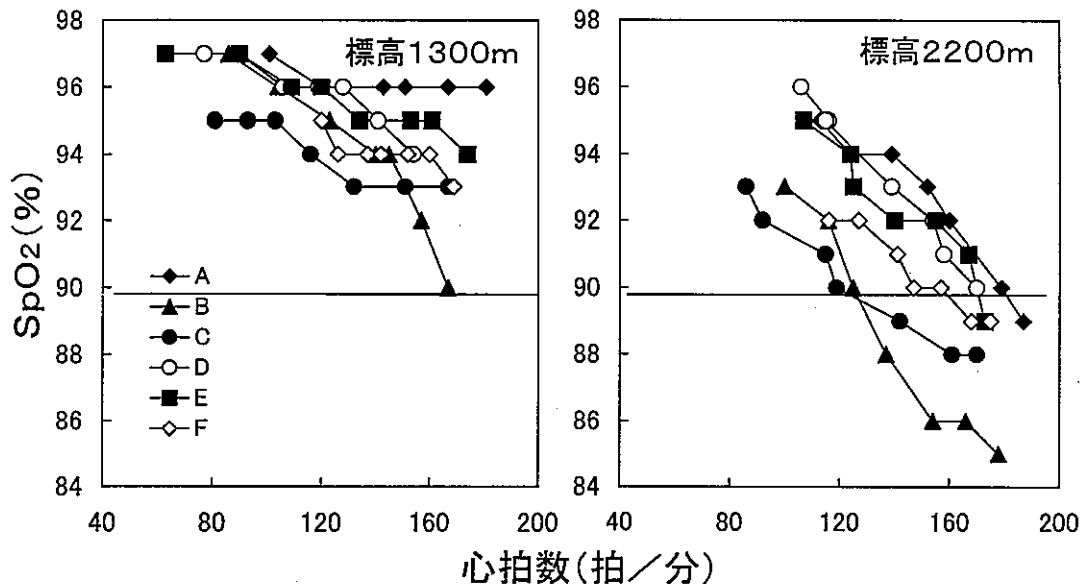


図1 標高1,300mおよび2,200m(標高1,300mにおいて2,200m相等の低酸素空気を吸入)における自転車エルゴメータペダリング中の心拍数に対するSpO₂の変化

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

期間中体のだるさを訴える者は少なかった。

酸素濃度の違いは、選手のトレーニング中において様々な生理的主観的応答の違いとして現れる。そして、その応答の違いには大きな個人差があることも明らかとなった。

(前嶋 孝：低酸素トレーニング。体育の科学1999年5月より)

低酸素トレーニングの年間計画

上述したように、スピードスケート選手のための低酸素トレーニングは、これまで、高地滞在-低地トレーニング、常圧低酸素室滞在および低酸素吸入運動、準高地滞在と低酸素気吸入運動とを組み合わせた複合低酸素トレーニングなど、スピードスケート選手のための低酸素環境を利用した新たなトレーニング法を模索してきた。

そして、それらの高地トレーニングあるいは低酸素トレーニングはその効果の持続という点を考慮して、シーズン中における競技会直前の利用法に集中した。また、その間の研究によって、高地や人工的低酸素環境の適応能力に大きな個人差があることが解った。すなわち、誰でも同じ条件の低酸素環境で同じ効果が得られるとは限らない。従って、高地トレーニングや低酸素トレーニングは競技会直前のみでなく、年間を通じて計画的に実施し、その中から個人に合った適切な利用法を探る必要がある。

そして、その場合、常圧低酸素室と高地および上述したような複合的低酸素トレーニングなど、目的に応じた様々な低酸素トレーニングの方法が考えられてよいように思われる。

(専修大学)