

女性パイロットによる人力飛行の6年間の体カトレーニング効果について (その2)

OHP-1

CHICK-2000 プロジェクトチーム “アクティブギャルズ”
パイロット 堀琴乃(東陶機器(株))

95年1月以来、女性パイロットの人力飛行による旋回飛行を目指して体カトレーニングに取り組み、2000年11月に安定した直線飛行に成功しました。それを纏め、昨年はトレーニング手法とメニューや頻度、持続時間の推移について報告しました。今回はトレーニング効果の評価のもう一つの重要な側面である**心拍数の推移とペダリング・スキル**について報告します。

OHP-2

トレーニングの目標は、体力目標が“出力パワー180Wの7分間持続”、ペダリングスキルの目標が“脈動の無いスキルの習得”です。

トレーニングの効果を説明します。

自転車エルゴメータによるトレーニング中の心拍数の変化ですが、**図2は100Wウォーミングアップ時の心拍数の応答**です。いずれも心拍数の安定に約4分を要し、5分以後は僅かに漸増しています。158日目は1分当たり150拍を少し超え、415日目では145拍から150拍、1445日目と1771日目には130拍から140拍と、効果が現れ、初期から20拍近く減少しました。

OHP-3

図3は110Wトレーニング時の心拍数の応答です。285日目の心拍数は6分で160拍に達し、その後漸増して20分で170拍に達しました。404日目は5分で150拍に達し、10分から15分の間は160拍で安定しています。1133日目には5分で約150拍に達し、20分まで殆ど一定でした。15分経過の時点で比較しますと、心拍数は明らかにトレーニングによって減少しました。

OHP-4

図4は180W持続時間測定時の心拍数の応答です。心拍数は、疲労困憊時または最高値が164日目で170拍、333日目では180拍、975日目には195拍と、持続時間の増加に伴い増加しました。また1731日目では疲労困憊時の心拍数は186拍に減少しました。

OHP-5

図5に180Wインターバルトレーニング時の心拍数の応答を示します。トレーニング時間と回数は、124日目は60秒を5セット、310日目は60秒を7セット、578日目は75秒を7セット、816日目は120秒を7セット、1181日目は120秒を7セットです。休息は心拍数の回復を目安とし、120拍代に下がるまでとしました。心拍数の最大値は回数が増す毎に増加し、124日目で170拍以下で疲労困憊になった以外は、ほぼ180拍に達した時に疲労困憊になりました。1サイクル当たりのインターバルトレーニングの時間と心拍数は、どちらも、1181日目には124日目の約2倍に達しました。

OHP-6

892日目に最大酸素摂取量と運動中の血液中の乳酸値を測定しました。**図6が最大酸素摂取量、図7が乳酸値の測定結果**です。最大酸素摂取量は、最大運動能力170Wで45.60 ml/min/kgです。これは、20代後半の女性の平均値32mlより13.6 ml大きな値（約1.4倍）です。乳酸値の測定では、AT値が80～90W、LT値は110W、OBLA値が138Wです。ちなみに、AT値は血中に乳酸が溜まり始める時のパワー、LT値は安静時の乳酸値より1mmol/l高いパワー、OBLA値は血中乳酸濃度が4mmol/lに達するパワーを示します。

OHP-7

図8は記録飛行150日前から最大筋力の増加を狙って行ったハーフスクワットトレーニングのバーベル重量と180Wの持続時間の推移です。負荷は私の体重：42kgから始めました。負荷の増加は、ハーフスクワットを10回、3セット達成時とし、増加量は体重の15%：6kgとしました。負荷の増加は体重の160%：68kgで停止し、以後はセット回数の増加に務めました。持続時間は、睡眠不足で180Wが4分3秒まで低下しましたが、その後急速に伸び、6分7秒まで回復しました。持続時間が最も落ち込んだ2088日目から49日間で124秒伸び、1日当たりの持続時間の伸びの平均は、2.53秒に達しました。このトレーニングは補助者なしでは危険で、2名の男性補助者の基に行ないました。負荷の増加停止は、増加が体に故障を引き起こしかねない、故障時のダメージが大きい、万一の場合、被験者と補助者に危険を伴うことによります。

OHP-8

図9は実機と同じ測定装置でプロペラを回転させている時のペダル回転速度の変化です。毎分70、80、100回転では、始めの2～3秒で一度目的の回転数を大きく超えて、4～6秒後に目的回転数に収束しましたが、90回転では同様の傾向ながら最もスムーズに目的回転数に収束しました。回転数の周期は、2～3秒の長周期の波とその中の0.5秒以下の短周期の波で構成されていますが、90回転では長周期の波が殆ど見られず、振幅も最小でした。

OHP-9

以上を考察します。

心拍数の推移について、180Wの持続時間測定時の最高心拍数は、250日目頃から180拍まで追い込めるようになり、**トレーニング中の心拍数は1000日を過ぎて190拍に達しました**。同時にこの頃から、図2の100Wウォーミングアップ時の心拍数や、図3の110Wトレーニング時の心拍数は130～140拍に低下しました。これは、**低負荷の有酸素性トレーニングの効果**と考えられます。一方、**図4の180W持続時間測定時の心拍数が1000日目に近くなると、180拍を越えて運動を続けることが可能**になりました。これは、**高負荷のインターバルトレーニングと乳酸値を意識した有酸素トレーニングの相乗効果**と考えられます。

OHP-10

一定負荷における心拍数減少の原因は次の4つが考えられます。**一回拍出量の増加** 酸素摂取量に変化がないとすると、運動に供給される酸素量は一定で、血液中の酸素濃度が一定ならば、心拍出量（心臓が1分間に送り出す血液量）は一定です。心拍出量と心拍数は、 $\text{心拍出量} = \text{一回拍出量} \times \text{心拍数}$ ですから、心拍数の低下は、一回拍出量つまり心臓が1回の収縮で送り出す血液量の増加と考えられます。一回拍出量の増加は心筋力の増加、心容積の増加、冠循環の発達に起因します。**呼吸数の減少** 呼吸筋が発達して一回換気量が増加すれば、呼吸数が減少し、心拍数減少の原因になります。**酸素摂取率の増加** 酸素摂取量 = 換気量 × 酸素摂取率 ですから、酸素摂取率が向上すると換気量が減り、呼吸

OHP-11

数が減少します。 **酸素摂取量の減少** 一定負荷の運動に必要な酸素量が減少する場合、機械的効率の向上と言えます。原因は、遅筋線維の選択的発達、フォームの改善による無駄な筋収縮の減少が考えられます。

OHP-11

脈拍の減少は以上の**複合効果**ですが、参考に、**酸素摂取率の増加、或いは酸素摂取量の減少**のどちらか1つを捕らえると、**180拍から150拍への減少は、平地での運動が海拔2300mの高地でこなせることに匹敵**します。一定負荷に対する心拍数の減少は、持久性能の向上と考えられます。疲労困憊時は、心拍数は最高心拍数に近づきます。従って、一定負荷における心拍数が低いと、心拍数が最高心拍数に近づくのが遅くなり、持久力が向上したと言えます。

OHP-12

以上は、**6年間に短期・中期・長期の目標を設定し、明確な目的意識を持ったトレーニングを継続し、1ヶ月毎に結果と効果を見直し、その時点の目的にかなったバランス良い最適なトレーニングを積み重ねた結果**と考えられます。

次に**ペダリングスキル**に関してですが、エルゴメータートレーニングで持続時間が向上しても、実機でパフォーマンスを発揮できなければ意味がありません。今回は、フライトの時間経過に対応した負荷設定によるシミュレーショントレーニングや実機のプロペラを使ったトレーニングも行ないました。図9のように90回転のペダル回転速度は他より増減が少なく、早く目的回転に合わせられました。これは、90回転以外では、トレーニングしていないためにスキルが未熟で、90回転のトレーニング効果と考えます。しかし、90回転でも1回転ごとに10~20回転の変動がありました。自転車エルゴメータでは、その変動は5回転程度でした。この差は、自転車エルゴメータでは回転盤の慣性によるフライホイール効果で回転速度が平滑化されますが、プロペラにはそれが殆どないことによります。**安定したペダリングは、低負荷トレーニングを繰り返し、適切な筋活動の獲得が重要**です。**回転速度の変動の少ないペダリングスキルがプロペラ効率を改善し、滞空時間の増加に繋がります。**

OHP-13

以上を纏めます。リカンベントスタイルの持久性ペダリングトレーニングを6年間継続し、以下が得られました。**一度獲得した体力は、それが低下した場合でも、著しい心肺機能の低下が見られず、筋力の低下のみに留まれば、トレーニング頻度の確保と複合トレーニングの効率的な組み合わせで、年齢や体調に大きな影響を受けず、比較的短期間に回復する。**心肺機能の向上は、筋力向上に比べて長期に渡る弛まないトレーニングを要する。**実機によるペダリングの回転速度は、トレーニングした90回転のペダル回転速度の時に最も安定していた。**

OHP-14

被験者のAT値やOBLA値の認識は、長期的トレーニング計画時のプランやメニューの組み立ての指標になります。詳しくは、今年の11月9日、第16回トレーニング科学学会で発表しました。又、近日中に**トレーニング科学学会誌**に詳しく発表しますのでご覧下さい。最後に、CHick-2000は、8月10日にオープンした青森県立**三沢航空科学館**に保存されたことを報告しておきます。本報告が、女性の人力飛行の一助になる事を期待します。