

2. 環境ストレス

(1) 高地環境、高地トレーニング (Wilber、2008)

長距離選手が行う『高地トレーニング』というのは、赤血球やヘモグロビンを増加させ、平地でのマラソンに必要な能力を向上させるということであり、これは高地で3週間以上のトレーニングが望ましいといわれている。一方、『高地順化』は、選手が平地で発揮できる能力を、骨格筋の酸素利用能を高めて、平地と同じように運動できるようにすることである。これは、約2週間程度の期間、該当する場所の標高かそれ以上の標高の高地でトレーニングをすることによって可能とされている (Randal, 2008)。

1) 基礎 (Powers, 2020)

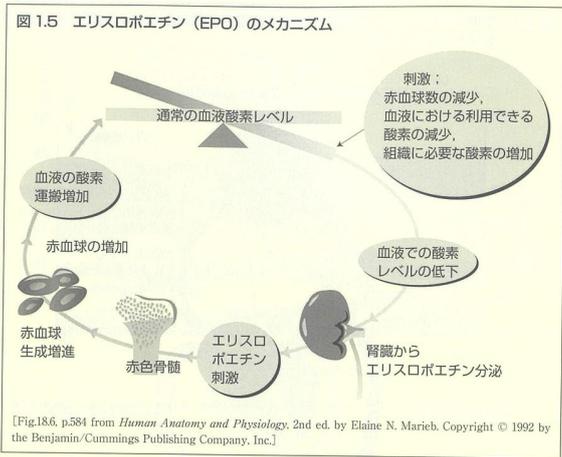
- ・標高が高くなるほど大気圧、大気密度、酸素分圧 (PO₂)、気温は低くなる。
- ・高地では大気密度が小さいために走行中の空気抵抗が少なくなり、短距離競技のパフォーマンスは影響を受けないか、むしろ向上する。
 - ・高地では、PO₂の低下によりヘモグロビン酸素飽和度 (%HbO₂) や最大酸素摂取量 (VO₂max) が低下し、長距離走協議のパフォーマンスは低下する。
 - ・ある程度の標高 (約4000m) までは、PO₂低下に伴う動脈血酸素含量 (CaO₂) の低下がVO₂max低下の主な原因とされている。それ以上の標高になると最大心拍出量も減少するため、VO₂maxの低下の割合は大きくなる。
 - ・高地での最大下運動時には、CaO₂が低下し、加えて大気1Lあたりに含まれる酸素分子の数も少ないため、それぞれに対する応答として心拍数の増加と換気量の増加がみられる。
 - ・アスリートが高地トレーニングをする際、VO₂maxの低下率には個人差がみられる。この個人差は、ヘモグロビン酸素飽和度 (%HbO₂) の低下の度合いに関連しているとされている。海面位においてさえ、最大運動時にはヘモグロビン酸素飽和度の低下がみられるアスリートがいることを思い出してほしい。
 - ・高地トレーニングによってVO₂maxの向上がみられるアスリートと、そうでないアスリートがいる。この個人差には、高地へ移動する前に行っていたトレーニングの程度が関係しているとされている。
 - ・さらに、海面位へ戻った後についても、VO₂maxの向上がみられるアスリートと、そうでないアスリートがいる。その理由の1つとしてトレーニングを実施した標高があげられる。非常に高い標高でトレーニングをした人は、運動の質が低下してトレーニング量を減らしている状態になってしまうからである。この問題を回避する方法として、高地と海面位でのトレーニングを交互に行うことや、高い標高で生活し、低めの標高でトレーニングを行うことがあげられる。

2) 血液学

高地への暴露が血清 EPO の増加を起し、その結果として血液産生とヘモグロビン濃度の増加が引き起こされるという事実に基づいている。多くのコーチおよび選手は、これらの血液学的な変化が活動筋への酸素運搬能力を増加させることによって、選手のVO₂maxを改善させると信じている。

資料Ⅲ-2-4 エリスロポエチンのメカニズム

図 1.5 エリスロポエチン (EPO) のメカニズム

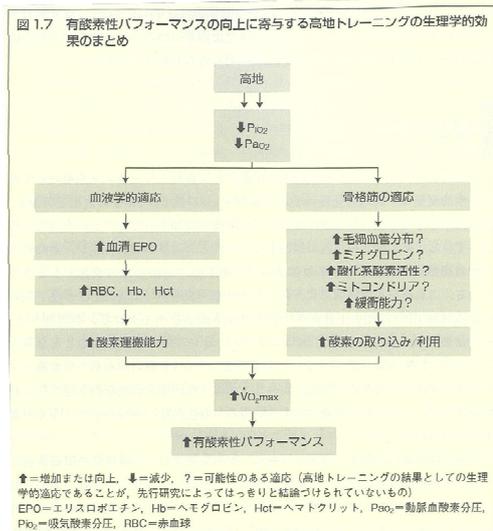


3) 骨格筋

中程度の高地への暴露をもたらす重要な生理学的適応には、骨格筋および血液における水素イオン (H+) 緩衝能の改善がある。高地トレーニングによる筋緩衝能の向上を説明する詳細なメカニズムは明らかではないが、クレアチンリン酸 (CP) や筋たんぱく濃度、またはその両方の変化が関与している可能性がある。一方、血液の緩衝能の改善は、重炭酸塩やヘモグロビン濃度、またはその両方の増加によるものと考えられる。

資料Ⅲ-2-5 有酸素性パフォーマンスの向上に寄与する高地トレーニングの生理学的効果のまとめ

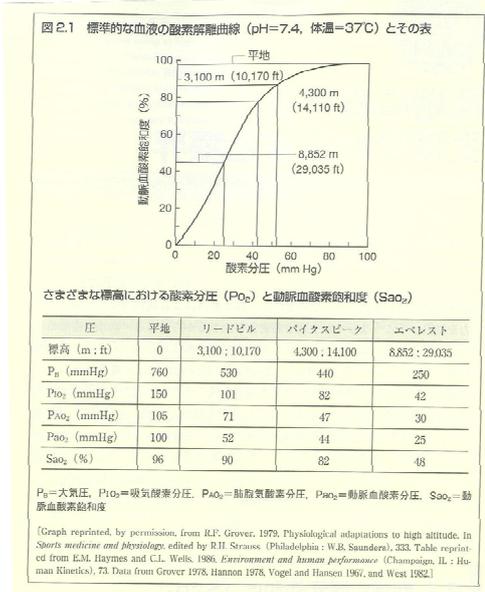
図 1.7 有酸素性パフォーマンスの向上に寄与する高地トレーニングの生理学的効果のまとめ



4) 生理学的な適応

i) 動脈血酸素飽和度 (Sao2)

資料Ⅲ-2-6 標準的な血液の酸素解離曲線とその表



ii) 最大酸素摂取量

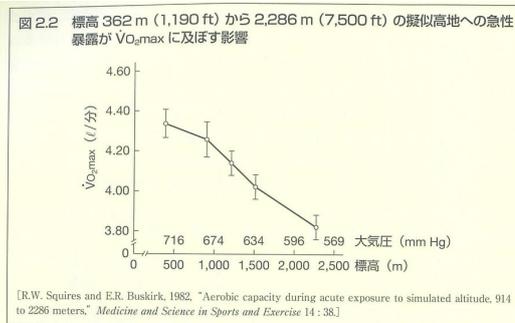
資料Ⅲ-2-7 急性高地暴露が動脈血酸素飽和度へ及ぼす影響

表 2.1 急性高地暴露が動脈血酸素飽和度へ及ぼす影響

著者	標高 (m; ft)	被験者	測定方法	運動	平地での酸素飽和度 (%)	高地での酸素飽和度 (%)	酸素飽和度の低下率 (%)
Gore et al. 1996	580; 1,900 ^a	男性自転車選手 (n=9)	Sao ₂	自転車エルゴメーターでの $\dot{V}O_{2max}$	90.4	86.5	4*
Gore et al. 1997	580; 1,900 ^a	女性自転車選手 (n=10) 男性自転車選手 (n=10)	Sao ₂	自転車エルゴメーターでの $\dot{V}O_{2max}$	92.1 92.0	89.7 90.1	3* 2*
Squires and Buskirk 1982	915; 3,000 ^a 1,220; 4,000 1,525; 5,000	男性長距離選手 (n=12)	SpO ₂	トレッドミルでの $\dot{V}O_{2max}$	90.7	87.2	4*
Roberts et al. 1998	1,800; 5,905 ^b	男性エリートクロスカントリー選手 (n=9) (オーストラリアナショナルチーム)	Sao ₂	トレッドミルでのクロスカントリースキー $\dot{V}O_{2max}$	90.6	77.8	14*
Brosnan et al. 2000	2,100; 6,890 ^b	女性エリート自転車選手 (n=8) (オーストラリアナショナルチーム)	SpO ₂	3×10分の自転車運動 (~85% $\dot{V}O_{2peak}$)	95.4	92.9	3*
Squires and Buskirk 1982	2,286; 7,500 ^b	男性長距離選手 (n=12)	SpO ₂	トレッドミルでの $\dot{V}O_{2max}$	90.7	79.1	13*
Lawler et al. 1988	3,000; 9,840 ^b	持久系選手 (n=7)	SpO ₂	自転車エルゴメーターでの $\dot{V}O_{2max}$	90.1	77.3	14*

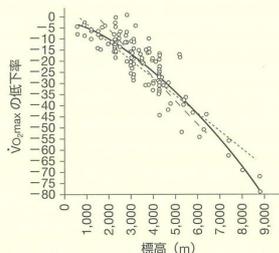
(注) 文庫は標高が低い順に並べられている。Sao₂=動脈血で測定された動脈血酸素飽和度, SpO₂=パルスオキシメーターで測定された動脈血酸素飽和度
a 低圧チャンバー
b 低酸素混合ガス
* 平地と比較して高地の動脈血酸素飽和度が有意に低下 (p<0.05)

資料Ⅲ-2-8 標高 362m から 2286m の疑似高地への急性暴露が $\dot{V}O_{2max}$ に及ぼす影響



資料Ⅲ-2-9 高度の上昇にともなう%VO₂max の低下

図 2.3 高度の上昇にともなう%VO₂max の低下

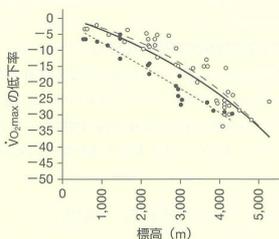


146 のポイント (白丸) は、標高 580 m (1,900 ft) から 8,848 m (29,020 ft) の高地で行われた 67 の異なる一般人と軍人の研究から得られた平均値を示す。1 つの研究で (a) 標高、(b) 被験者群、(c) 暴露時間が 1 つ以上設定されている場合は、複数の平均値が含まれている。低酸素ガスをを用いた研究の場合は、吸気酸素の値を標高に置き換えた。すべての研究に共通した唯一の指標であったために、平均値を示した。データベースの回帰線 (太い曲線) は 146 ポイントを用いて描かれた。それぞれのポイントは各研究内の多くの VO₂max の平均値であるため、回帰曲線は何千もの VO₂max テストの値を示している可能性があり、したがって各標高における低下の平均を表す正確な近似値が得られている。VO₂max の低下と標高の上昇との関係で、もっともよく引用される Buskirk et al. (1967b) (破線) と Grover et al. (1986) (点線) の回帰曲線も示されている。

[Reprinted, by permission, from C.S. Fulco et al. 1998. "Maximal and submaximal exercise performance at altitude." *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 69:794.]

資料Ⅲ-2-10 体力レベルが VO₂max 低下に及ぼす影響

図 2.4 体力レベルが VO₂max 低下に及ぼす影響



この図は体力レベルが高い人 (平地の VO₂max > 63 ml/kg/分, ●) と低い人 (平地の VO₂max < 51 ml/kg/分, ○) を対象とした研究結果を示している。目標体力水準を基にした平均データポイントのみ、すなわち体重で標準化した VO₂max と高地暴露前および高地居住者の VO₂max が含まれている。“体力レベルが高い”、“よく適応した”、“トレーニングされた”などの被験者を特徴づける用語のみを使用している研究は含まれていない。高地順化や高地でのトレーニングによるコンディション変化の影響と混同する可能性を最小限にするために、高地暴露の最初の 3 日間で収集したデータも除外した。図 2.3 から修正されたデータベース回帰直線 (実線) だけではなく、体力レベルが高い個人 (点線) と低い個人 (破線) の回帰直線も含まれている。

[Reprinted, by permission, from C.S. Fulco et al. 1998. "Maximal and submaximal exercise performance at altitude." *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 69:794.]

資料Ⅲ-2-11 高地暴露がトレーニングされた持久系選手のV_{O2}max に及ぼす影響

表 2.2 高地暴露がトレーニングされた持久系選手のV_{O2}max に及ぼす影響

著者	標高 (m; ft)	被験者	V _{O2} max テ スト前の高 地暴露(日)	V _{O2} max 低下率 (%)
Gore et al. 1996	580; 1,900 ^a	男性自転車選手 (n=9)	a	7*
Gore et al. 1997	580; 1,900 ^b	女性自転車選手 (n=10) 男性自転車選手 (n=10)	a	4* 6*
Squires and Buskirk 1982	914; 3,000 ^a	男性長距離選手 (n=12)	a	2 NSD
Chapman et al. 1999	1,000; 3,280 ^b	EIAH 男性長距離選手 (n=8) 非 EIAH 男性長距離選手 (n=6)	b	4* 1 NSD
Squires and Buskirk 1982	1,219; 4,000 ^a 1,524; 5,000 ^b	男性長距離選手 (n=12)	a	5* 7*
Bailey et al. 1998	1,640; 5,380	エリート男性長距離選手 (n=10) (イギリスナショナルチーム)	19~20	13*
Roberts et al. 1998	1,800; 5,905 ^b	エリート男性タロスカントリー スキー選手 (n=9) (オーストラリアナショナル チーム)	a	12*
Jensen et al. 1993	1,822; 5,980	エリート男性ボート選手 (n=9) (イタリアナショナルチーム)	≤5	15*
Saltin et al. 1995	2,000; 6,560	スカンジナビアのエリート男性 長距離選手 (n=6) ケニアのエリート男性長距離選 手 (n=6)	1~5 c	15* 17*
Squires and Buskirk 1982	2,286; 7,500 ^b	男性長距離選手 (n=12)	a	12*
Faulkner et al. 1967	2,300; 7,544	男子大学生競泳選手 (n=15)	14	8*
Faulkner et al. 1968	2,300; 7,544	男子大学生長距離選手 (n=5)	7	17*
Daniels and Oldridge 1970	2,300; 7,544	エリート男性長距離選手 (n=6) (アメリカナショナルチーム)	2	15*
Adams et al. 1975	2,300; 7,544	男性長距離選手 (n=12)	3	17*
Dill and Adams 1971	3,090; 10,135	男性長距離選手 (n=6)	2	18*
Faulkner et al. 1968	3,100; 10,170	男子大学生長距離選手 (n=5)	5~7	20*
Buskirk et al. 1967a	4,000; 13,120	男子大学生長距離選手 (n=6)	3	29*
Vallier et al. 1996	4,000; 13,120 ^a	エリート女性・男性トリアス ロン選手 (n=5) (フランスナショナルチーム)	1	28*
Faulkner et al. 1968	4,300; 14,110	男子大学生長距離選手 (n=4)	3	29*

(注) 文数は標高が低い順に並べられている。

a 低圧チャンバー

b 低酸素混合ガス

c 高地住民

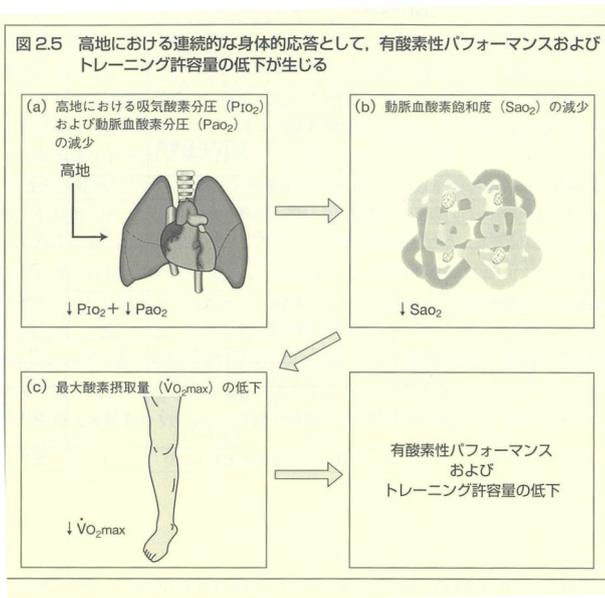
* 平地と比較して高地でのV_{O2}maxの有意な低下 (p<0.05)

統計解析なし

EIAH = 運動誘発性動脈血酸素飽和度 (Sp_{o2}) が、平地で測定された最大酸素摂取量の90%以下、NSD = 有意差なし

iii) 有酸素性パフォーマンス

資料Ⅲ-2-12 高地における連続的な身体的応答として、有酸素性パフォーマンスおよびトレーニング許容量の低下が生じる



資料Ⅲ-2-13 異なる標高での男子マラソン最高記録

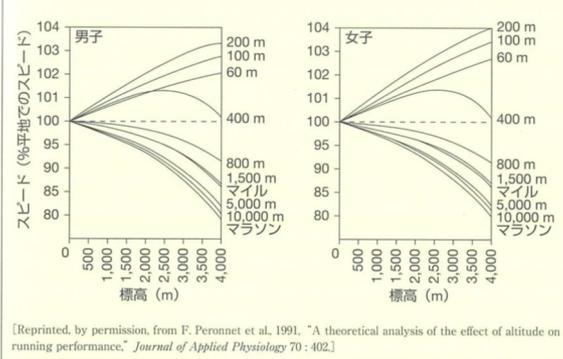
表 2.3 異なる標高での男子マラソン最高記録

年	場所	標高 (m : ft)	タイム	%平地タイム	優勝者
1998	ロッテルダム	0 : 0	2時間 06分 50秒	100	Dinsamo (エチオピア)
1993	メキシコシティ	2,240 : 7,345	2時間 14分 47秒	94	Ceron (メキシコ)
1994	チベット	4,300 : 14,110	2時間 56分 08秒	72	Carpenter (アメリカ)
1995	チベット	5,200 : 17,055	3時間 22分 25秒	62	Carpenter (アメリカ)

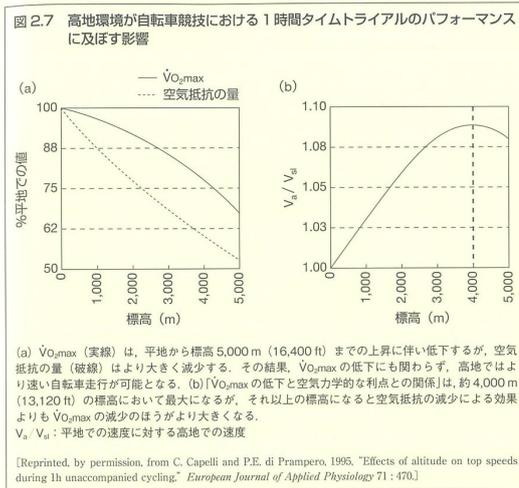
G.S. Roi et al., 1999. "Marathons at altitude," *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31 : 726.

資料Ⅲ-2-14 標高 4,000m までの高地環境が 100m 走からマラソンまでの総速度に及ぼす影響

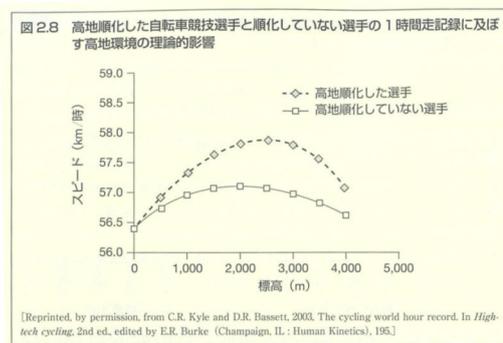
図 2.6 標高 4,000 m (13,120 ft) までの高地環境が 100 m 走からマラソンまでの走速度に及ぼす影響



資料Ⅲ-2-15 高地環境が自転車競技における1時間タイムトライアルのパフォーマンスに及ぼす影響



資料Ⅲ-2-16 高地順化した自転車競技選手と順化していない選手の1時間走記録に及ぼす高地環境の理論的影響



資料Ⅲ-2-17 2002年ソルトレイクシティオリンピックにおけるスピードスケート種目の結果

表 2.4 2002年ソルトレイクシティオリンピックにおけるスピードスケート種目の結果

種目	オリンピック優勝者	タイム (分:秒)	以前または現在の 世界記録 (分:秒)	差 (%)
女子 500 m	LeMay Doan (カナダ)	0:37.29	0:37.22	+0.2
男子 500 m	Fitzrandolph (アメリカ)	0:34.42	0:34.32	+0.3
女子 1,000 m	Witty (アメリカ)	1:13.83*	1:14.06	-0.3
男子 1,000 m	van Velde (オランダ)	1:07.18*	1:07.72	-0.8
女子 1,500 m	Friesinger (ドイツ)	1:54.02*	1:54.38	-0.3
男子 1,500 m	Parra (アメリカ)	1:43.95*	1:45.20	-1.2
女子 3,000 m	Pechstein (ドイツ)	3:57.70*	3:59.26	-0.7
女子 5,000 m	Pechstein (ドイツ)	6:46.91*	6:52.44	-1.3
男子 5,000 m	Uytdehaage (オランダ)	6:14.66*	6:18.72	-1.1
男子 10,000 m	Uytdehaage (オランダ)	12:58.92*	13:03.40	-0.6

(注) 競技は標高 1,425 m (4,675 ft) のユタ・オリンピック競技場で行われた。
 *世界新記録およびオリンピック新記録

iv) トレーニング許容量

資料Ⅲ-2-18 高地暴露が持久系選手の持久性パフォーマンスに及ぼす影響

表 2.5 高地暴露が持久系選手の持久性パフォーマンスに及ぼす影響

著者	標高 (m; ft)	被験者	パフォーマンステスト	パフォーマンステスト直前の高地暴露 (日)	パフォーマンスの低下率 (%)
Gore et al. 1997	580; 1,900 ^a	女性自転車選手 (n=10) 男性自転車選手 (n=10)	5分間最大自転車テスト (kJ) 5分間最大自転車テスト (kJ)	a	4*
Bailey et al. 1998	1,500; 4,920 1,640; 5,380	男性エリート長距離選手 (n=10) (イギリスナショナルチーム) 男性エリート長距離選手 (n=10) (イギリスナショナルチーム)	1,000 m タイムトライアル (m/秒) 1,000 m タイムトライアル (m/秒)	16 18	3* 4*
Roberts et al. 1998	1,800; 5,905 ^b	男性エリートクロスカントリースキー選手 (n=9) (オーストラリアナショナルチーム)	45分間クロスカントリースキーテスト (m)	a	7 NSD
Jensen et al. 1993	1,822; 5,975	男性エリート短距離選手 (n=9) (イタリヤナショナルチーム)	6分間最大ローイングテスト (kJ)	≤5	7*
Brosnan et al. 2000	2,100; 6,890 ^b	女性エリート自転車選手 (n=8) (オーストラリアナショナルチーム)	85% $\dot{V}O_{2peak}$ での3×10分間自転車運動 (W)	b	6*
Faulkner et al. 1967	2,300; 7,544	男性大学水泳選手 (n=15)	100ヤードタイムトライアル (分:秒) 200ヤードタイムトライアル (分:秒) 500ヤードタイムトライアル (分:秒)	1 1 1	2* 5* 6*
Faulkner et al. 1968	2,300; 7,544	男性大学長距離選手 (n=5)	1マイルタイムトライアル (分:秒) 2マイルタイムトライアル (分:秒) 3マイルタイムトライアル (分:秒)	7	7*
Daniels and Oldridge 1970	2,300; 7,544	男性エリート長距離選手 (n=6) (アメリカナショナルチーム)	1マイルタイムトライアル (分:秒) 3マイルタイムトライアル (分:秒)	2 2	8* 10*
Adams et al. 1975	2,300; 7,544	男性長距離選手 (n=12)	2マイルタイムトライアル (分:秒)	3	7*
Dill and Adams 1971	3,000; 10,135	男性長距離選手 (n=6)	疲労困憊までのトレッドミルランニング (分)	2 ~ 16	27*
Baskirk et al. 1967a	4,000; 13,120	男性大学長距離選手 (n=6)	疲労困憊までの自転車運動 (分) 400ヤードタイムトライアル (分:秒) 800ヤードタイムトライアル (分:秒) 1マイルタイムトライアル (分:秒) 2マイルタイムトライアル (分:秒)	3 40 ~ 57 40 ~ 57 40 ~ 57 40 ~ 57	12* 15* 18* 23* 19*
Vallet et al. 1996	4,000; 13,120 ^a	男女エリートトライアスロン選手 (n=5) (フランスナショナルチーム)	最大自転車テスト (W)	1	28*
Rai et al. 1999	4,300; 14,110	男性エリートマラソン選手 (n=5)	マラソン競技会 (km/時)	7	29*
Rai et al. 1999	5,200; 17,055	男性エリートマラソン選手 (n=5)	マラソン競技会 (km/時)	21	34*

(注) 文献は標高が低い順に並べられている。
a 低圧チャンバーに低酸素環境を設け、* 平地と比較した高地における持久性パフォーマンスに有意差あり (p<0.05) #統計解析なし NSD=有意差なし

資料Ⅲ-2-19 標高が長距離選手の絶対的トレーニング強度に及ぼす影響

表 2.6 標高が長距離選手の絶対的トレーニング強度に及ぼす影響

	ベストトレーニング		インターバルトレーニング	
	走速度 (平地での5,000 m タイムとの割合)	$\dot{V}O_{2max}$ (平地での $\dot{V}O_{2max}$ に対する割合)	走速度 (平地での5,000 m タイムとの割合)	$\dot{V}O_{2max}$ (平地での $\dot{V}O_{2max}$ に対する割合)
low-low (n=13)	82	72	111	92
high-low (n=13)	77*	67	104*	85
high-high (n=13)	76*	64*	96*	74*

* low-lowと有意差あり (p<0.05)
Adapted, by permission, from B.D. Levine and J. Stray-Gundersen, 1997. "Living high-training low: Effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance." *Journal of Applied Physiology* 83: 107.

v) 無酸素性パフォーマンス

資料Ⅲ-2-20 高地暴露が非鍛錬者および鍛錬者の無酸素性パフォーマンスに及ぼす影響

表 2.7 高地暴露が非鍛錬者および鍛錬者の無酸素性パフォーマンスに及ぼす影響

著者	標高 (m; ft)	被験者	パフォーマンステスト	結果
Brosnan et al. 2000	2,100; 6,890 ^a	女性エリート自転車選手 (n=8) (オーストラリアナショナルチーム)	6×15秒×3セット (運動: 休息比は1:3, 1:2, 1:1)	平均パワー (W) は1セット目では低酸素と常酸素で同様であったが、2セット目と3セット目は低酸素が有意に低かった
Balsom et al. 1994	3,000; 9,840 ^b	男性体育専攻学生 (n=7)	10×6秒自転車スプリント (30秒休息)	8日目と9日目の平均パワー (W) は低酸素が常酸素と比較して有意に低かった
Weyand et al. 1999	4,270; 14,005 ^a	健康な男性非鍛錬者 (n=4)	15 ~ 180秒間の最大スプリントを15回 (休息時間はスプリント時間によって10分から30分に変化)	15秒と60秒のスプリント速度は低酸素と常酸素で同じ 75秒と180秒のスプリント速度は低酸素が常酸素と比較して有意に低下
McClellan et al. 1993	5,460; 17,910 ^a	健康な男性非鍛錬者 (n=12)	45秒のウインゲートテスト (負荷は体重の75%)	最高パワーは低酸素と常酸素で同じ 平均パワーは低酸素が常酸素と比較して有意に低下
McClellan et al. 1990	5,730; 18,950 ^a	健康な男性非鍛錬者 (n=12)	30秒と45秒のウインゲートテスト (負荷は両方とも体重の75%)	30秒と45秒のウインゲートテストいずれにおいても、最高パワー (W/kg) および平均パワー (W/kg) は、低酸素と常酸素で同じ

(注) 文献は標高が低い順に並べられている。
a 低酸素混合ガス
b 低圧チャンバー

vi) 心血管系応答

資料Ⅲ-2-21 平地に対する急性高地暴露による心血管系応答

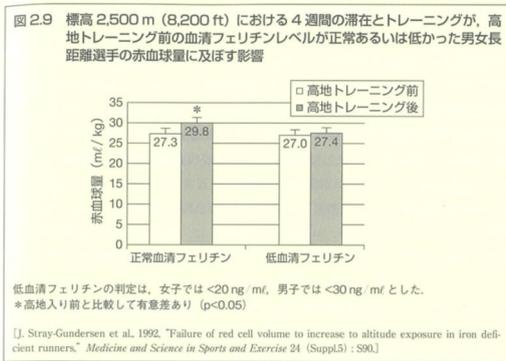
表 2.8 平地に対する急性高地暴露による心血管系応答

	安静時	最大下運動	最大運動
心拍数 (拍/分)	↑	↑	↔ ↓
1回拍出量 (ml/拍)	↓	↓	↓
心拍出量 (l/分)	↓	↓	↓

(注) 3,100 m (10,170 ft) 相当またはそれ以上の高地における2~3日間の滞在による反応。
↔変化なし, ↑増加, ↓低下

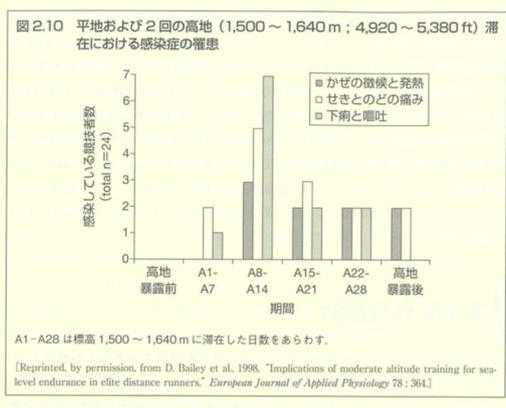
- vii) 換気応答
- viii) 呼吸と尿による水分喪失
- ix) 血中乳酸応答と酸—塩基平衡
- x) 糖質利用（糖質代謝）
- xi) 鉄代謝

資料Ⅲ-2-22 高地トレーニングが赤血球量に及ぼす影響



- xii) ストレスホルモン応答：コルチゾール
- xiii) 免疫機能

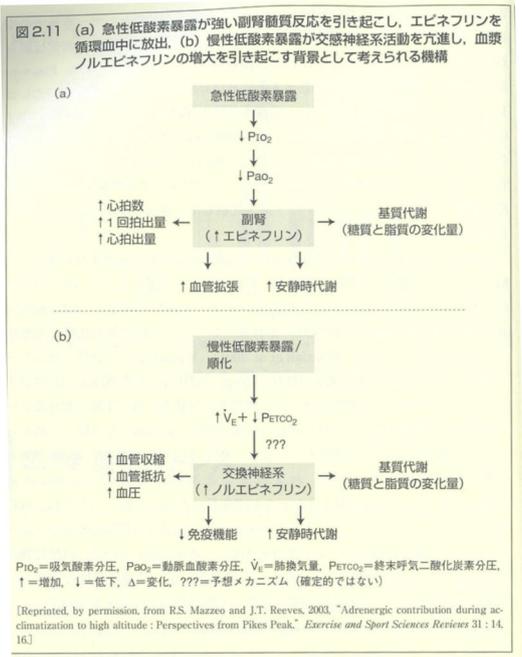
資料Ⅲ-2-23 高地滞在と感染症の罹患



- xiv) 酸化ストレス

xv) 交感神経系：エピネフリンとノルエピネフリン

資料Ⅲ-2-24 急性低酸素暴露と血漿ノルエピネフリンの増大との関係



xvi) 骨格筋アデノシン三リン酸化酵素

xvii) 身体組成

xviii) 高地における女性特有の生理学的応答

xix) 睡眠障害

ii x) 急性高山病

ii x i) 高地における鎌状赤血球形質と運動

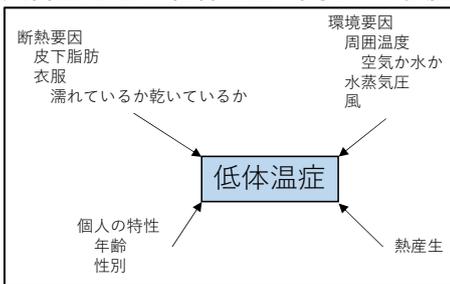
ii x ii) 認知機能

(2) 寒冷環境 (Powers, 2020)

1) 基礎

- ・低体温症は、周囲温度、湿度、風邪、浸水、断熱要因（皮下脂肪、衣服）、熱産生による影響を受ける。
- ・風速冷却指数は、皮膚の体感温度が風によってどのように低下するかを示し、無風環境と比べて対流による熱損失が増加する様を表す。
 - ・空気にさらされるのと比べて、水の場合は同じ温度であっても対流による寝る損失が 25 倍も速い。
 - ・皮下脂肪は重要な「自然断熱材」であり、冷たい水に浸かったときの急速な熱損失を防いでくれる。
 - ・衣服は皮下脂肪の断熱効果を拡張するもので、その断熱性は clo (クロー) 単位であらわされる。1clo とは、気温 21 度、相対湿度 50%、空気対流速度 $6\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ の環境で剤姿勢をとっているときに、深部体温を一定に保つために必要な断熱性である。
 - ・運動時には深部体温を維持するのに必要な断熱性は少なくなる。なぜなら代謝性熱産生が深部体温の維持に貢献するからである。運動時は衣服を何枚か重ね着しておけば、体温が上がった時に 1 枚ずつ脱いで断熱性を少なくすることができる。
 - ・寒冷暴露により熱産生は増加し、それに伴う V_{O2} の増加は体脂肪率と負の相関をもつ。冷たい水に浸かったとき、女性は男性よりもふるえが起きるまでの時間が長くなり、 V_{O2} の値も低い。そのため、女性は男性よりも体温低下が早く進行する。
 - ・軽度の低体温症の場合：患者を風邪、雨、寒さから避難させる：濡れた衣服は脱がして、乾いた衣服を着せる：隊幹部と熱を体内へ運びやすい部位のみを温める：暖かい飲み物や食べ物を与える。
 - ・中度／重度の低体温症の場合：軽度の低体温症と同じ手順に従うほか、バイタルサインをチェックし、救急車を手配して医療機関へ搬送する。

資料Ⅲ-2-25 低体温症に関連する要因



資料Ⅲ-2-26 低体温と症状

軽度の低体温症	35 度：最大のふるえ 34 度：記憶喪失、判断力低下
中度の低体温症	33 度：運動失調、無感情 31 度：ふるえが止まる、瞳孔散大 29 度：意識不明
重度の低体温症	28 度：心室細動 26 度：痛みへの反応なし 24 度：血圧低下、徐脈 19 度：平坦脳波 13.7 度：成人が生還できる最低体温

資料Ⅲ-2-27 風速冷却温度のチャート

表24.4 風速冷却温度のチャート

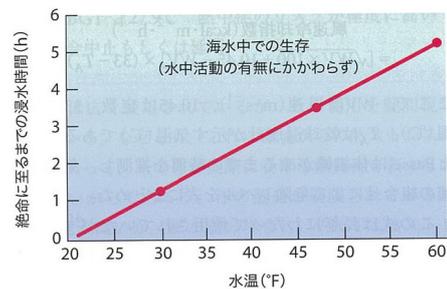
風速 (mph)	気温 (°F)																		
	無風	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
5	36	31	25	19	13	7	1	-5	-11	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-52	-57	-63	
10	34	27	21	15	9	3	-4	-10	-16	-22	-28	-35	-41	-47	-53	-59	-66	-72	
15	32	25	19	13	6	0	-7	-13	-19	-26	-32	-39	-45	-51	-58	-64	-71	-77	
20	30	24	17	11	4	-2	-9	-15	-22	-29	-35	-42	-48	-55	-61	-68	-74	-81	
25	29	23	16	9	3	-4	-11	-17	-24	-31	-37	-44	-51	-58	-64	-71	-78	-84	
30	28	22	15	8	1	-5	-12	-19	-26	-33	-39	-46	-53	-60	-67	-73	-80	-87	
35	28	21	14	7	0	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-55	-62	-69	-76	-82	-89	
40	27	20	13	6	-1	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78	-84	-91	
45	26	19	12	5	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79	-86	-93	
50	26	19	12	4	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81	-88	-95	
55	25	18	11	4	-3	-11	-18	-25	-32	-39	-46	-54	-61	-68	-75	-82	-89	-97	
60	25	17	10	3	-4	-11	-19	-26	-33	-40	-48	-55	-62	-69	-76	-84	-91	-98	

凍傷に至るまでの時間 30分間 10分間 5分間

風速冷却温度 (°F) = 35.74 + 0.6215 T - 35.75 V^{0.16} + 0.4275 T × V^{0.16}

T=気温(°F), V=風速(mph)

資料Ⅲ-2-28 水温が船の沈没被災者の生存に及ぼす影響



資料Ⅲ-2-29 低体温症への対応

軽度の低体温症	<ul style="list-style-type: none"> 濡れたり湿ったりしている衣服は脱がす 暖かいか空いた衣服や毛布で体を頭から包んで保温する。 風や雨が防げる暖かい場所へ移動させる。 <p>体幹太、熱を体内へ運びやすい部位（脇下、胸壁、鼠径部）のみを暖める。 6~8%の糖質を含む、アルコールの入っていない暖かい飲み物や食べ物を与える。</p>
中度/重度の低体温症	<ul style="list-style-type: none"> 心肺蘇生が必要かどうかを判断し、救急車を手配する。 濡れたり湿ったりしている衣服は脱がす 暖かい乾いた衣服や毛布で体を頭から包んで保温する。 <p>風邪や雨が防げる暖かい場所へ移動させる。</p>