

# 高山病をどう回避するか

村上 宣寛

The prevention of high-altitude sickness

Yoshihiro MURAKAMI

E-mail: completewalker@gmail.com

## 概 要

急性高山病の主症状は頭痛か睡眠障害である。急性高山病が重篤化すると高所脳浮腫や高所肺水腫になる。急性高山病の場合は症状の進展を確認してよいが、高所脳浮腫や高所肺水腫の場合はただちに下山する。急性高山病を避けるには、標高2,500~2,800メートルへの移動に二日以上かけるとよい。急性高山病の予防・治療薬としてアセタゾラミドやデキサメタゾンがある。比較的安全な代替薬では非ステロイド系消炎剤がある。イチョウ、ビートの根、鉄サプリの効果は確認されていない。高所での激しい運動は急性高山病のリスク要因ではなく、高所での運動は、高所順応とは関係しない。極端な高所では体重の減少が避けられない。炭水化物が有利というエビデンスはなく、炭水化物60%程度のバランス・ダイエットでよい。筋肉の消耗を防ぐために、ロイシンのサプリアが有利である。

キーワード：急性高山病, 高所脳浮腫, 高所肺水腫, リスク要因, 予防法

## はじめに

アメリカの国立公園ではパーミットを得ないと、キャンプをしながらのハイキング(トレッキングと同義)は不可能である<sup>1)</sup>。ところが、最近、アメリカではハイキングに関連した二つの映画がヒットし、大勢の人が国立公園に押しかけ、パーミットが非常に難しくなった。

筆者は、アメリカに7年前からハイキングに出かけているが、トレイルの標高は3,000メートルを超えることが多い。今年パーミットの関係でジョン・ミューア・トレイルを南から北上することにした。ただ、ローン・パインという町の標高が1,200メートルほどで、トレイルヘッドが3,050メートル程度である。パシフィック・クレスト・トレイルのハイカーもこのトレイルを北上するので、よく高山病で倒れる。標高3,000メートル前後に一日で移動する場合には、事前に高度順化が必要である。

日本人の間でもトレッキング・ツアーや観光旅行で、アルプスのハイキング、ペルーやボリビアへのツアー、ネパールのトレッキングに参加し、高山病に罹る人が増えている。高山病についての知識があれば予防が可能だが、旅行会社には十分な知識がなく、医学教育でも重視されていない<sup>2)</sup>。2016年6月にも日本人登山家4名がカナダ最高峰のデナリに向かい、その1名が病気になり、高所用ヘリコプ

ターで標高5,800メートルから下ろしたが、死亡した。死因は特定されていないが、ABC Newsによれば"altered mental status"(意識障害)とあるので、高所脳浮腫であろう。

高山病は所定の知識があれば予防できるし、少なくとも命を失うことはない。そこで、最新の研究論文をレビューし、まとめることにした。

## 高所の定義

一般的には、2,000メートルくらいから高度障害が出始め、標高5,000メートルを超えると高度障害が酷くなる。Taylor (2011)<sup>3)</sup>によると、標高1500~3500メートルは高所、標高3,500~5,500メートルは非常な高所、標高5,500メートル以上は極端な高所という分類である。酸素分圧は、平地と比べると、標高2,000メートルで79%、3,000メートルで69%、4,000メートルで60%、5,000メートルで52%となる。高度3,000メートルほどで高度障害が現れ、標高5,000メートルでは体重の減少を止められないという現実がある。

チベット高原、アンデス高原、エチオピアのシミアン高原は、標高3,500~4,500メートルの高所にあるが、一、二万年前から人が居住してきた。数百の研究に基づく、人々は低酸素症に対抗して遺伝子を変化させて適応したようだ。チベットやエチオ

ピア高原の居住者は、適応遺伝子のコピーとヘモグロビン濃度に関係があり、アンデスやチベット高原の居住者は子宮動脈が太く、新生児の体重は重めである。また、チベット族とシェルパ族は心拍数が高く、一拍当たりの血液排出量が大きい<sup>4)</sup>。標高5,000メートルでは酸素分圧が半分になるので、人間には居住困難なようだ。平地の居住者が標高3,000メートルの高地に急に移動すれば、かなりの確率で高山病になってしまう。

## 高山病の種類

### 急性高山病 (acute mountain sickness : AMS)

200年ほど前から急に高い山に登ると、急性高山病が起こることが認識されていた。新しい高度に到達した後、6～12時間以内に、頭痛が起こり、それに伴い、消化器症状（食欲不振、吐き気、嘔吐）、疲労/脱力、めまい/ふらつき、睡眠障害が起こる。単なる頭痛なのか、急性高山病なのか、判定するには、レイク・ルーズ AMS 自己評価尺度（表1）を使う。

表1：レイク・ルーズ AMS 自己評価尺度

頭痛	なし (0) …酷くて我慢できない (3)
消化器症状	なし (0) 食欲不振か吐き気 (1) 酷い食欲不振か嘔吐 (2) 耐えがたい食欲不振か嘔吐 (3)
疲労/脱力	なし (0) …酷くて我慢できない (3)
めまい/ふらつき	なし (0) …酷くて我慢できない (3)
睡眠障害	なし、何時ものようによく眠れる (0) …まったく眠れない (3)

頭痛の存在が必須で、この自己評価尺度で合計が3点以上であれば、急性高山病 AMS と判定する。つまり、少し頭痛があり（1点）、食欲不振（1点）で、疲れた感じ（1点）であれば、頭痛が存在して、合計が3点以上であるので、急性高山病と考えた方がよい。

この内容は日本登山医学会編集「登山の医学ハンドブック」（杏林書院、2009年）にも紹介されている。現実的には、高所で頭痛がして、高度以外の原因が見当たらない場合、急性高山病として取り扱う方がよい<sup>5)</sup>。

一方、頭痛はないが（0点）、少し食欲不振で（1点）、疲労/脱力感はなく（0点）、睡眠障害が酷い（3点）なら計4点になり、レイク・ルーズ AMS

自己評価尺度の判定基準に従えば、急性高山病ではないとされるが、これには疑義がある。

David ら (2014)<sup>6)</sup> はボリビアとキリマンジャロ、3,650～5,200メートルに遠征した参加者269名から高山病の症状データを1,110個を収集し、ネットワーク分析ツールで症状のクラスター化を行った。類似性の指標はピアソンの積率相関である。結果を図1に示す。

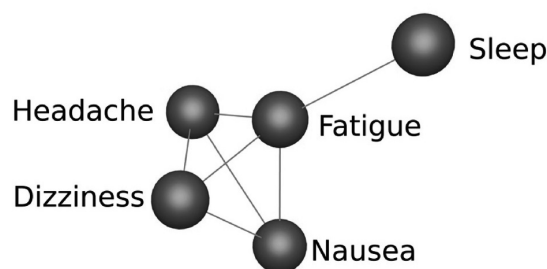


図1：急性高山病の症状のクラスター。頭痛関連の症状と睡眠障害という二つのグループに分かれる。

分析対象はレイク・ルーズ AMS 自己評価尺度データ1,045個で、0.4以上の相関のみが示されている。頭痛、めまい、疲労、吐き気は一つのクラスターに纏まっていて、睡眠障害は独立のクラスターとなっている。睡眠障害は疲労と関係するだけであった。

急性高山病の症状は頭痛と睡眠障害の二つのクラスターに分かれるが、頭痛と睡眠障害の両方が現れるケースは少ないという。レイク・ルーズ AMS 自己評価尺度を使う時、頭痛、もしくは、睡眠障害のどちらかがあり、合計得点が3点以上で急性高山病と判断した方がよいだろう。より実際的には、高所で頭痛、もしくは、睡眠障害が顕著であれば、急性高山病として対処した方がよい。

### 高所脳浮腫 (high altitude cerebral edema : HACE)

高所脳浮腫は脳浮腫と頭蓋骨中の過度の緊張状態で、急性高山病が重症化した最終段階と見なされる。進行すると耐えがたい頭痛や嘔吐などが起こり、ついには意識障害、運動失調、昏睡に至り、死亡する。治療や対処法は急性高山病と同じである。脳浮腫は急性高山病と共通であるが、脳浮腫の程度と急性高山病の症状は相関しない。高所脳浮腫ではイオン・ポンプの異常によって神経膠細胞が浮腫を起こすというモデルが提案されている<sup>7)</sup>。

**高所肺水腫 (high altitude pulmonary edema : HAPE)**

高所肺水腫は2,500メートル以上の高度に到達後、2～4日で発症する。肺の血管内の液が漏出し、血管の外に溜まるので、血管が収縮し、酸素の交換が妨げられてしまう。症状の特徴は、息切れして、休息時にさらに悪化して呼吸困難に陥ることである。湿った咳、血痰、胸痛、頭痛、錯乱状態、起座呼吸(身体を横にすると呼吸困難になる)などの症状を伴う。もちろん、急性高山病や高所脳浮腫の症状も伴う。できるだけ早く高度を落とさないと危険である。

**正しい知識が急性高山病を予防する**

急性高山病の場合は、現在地に留まり、症状が悪化すれば下山する、高所脳浮腫や高所肺水腫の場合は、直ちに下山する、が正しい対処法である。Vardyら(2005)<sup>8)</sup>は、エヴェレストのベースキャンプで136名に、高山病の場合の対処法(計2問)を問い、レイク・ルーズAMS自己評価尺度の得点を調査した。

第一問は「頭が酷く痛くて気分が優れないが、他はすべて上手くいっている。次の村まで登山中だが、どうしますか」という急性高山病を想定した質問である。登山を続けると不適切な回答をした人は37名(28%)で、そのうち12名が急性高山病であった。一方、留まるか下山すると回答した人は93名(72%)で、そのうち14名が急性高山病であった。安全な回答をした人は急性高山病にかかりにくいと

いう結果であった。

第二問は高所脳浮腫や高所肺水腫を想定して、登山を続けるか、留まるという不適切な回答をした人は12名(9%)であった。この問では高山病との統計的関係は出なかった。

この研究は、入山前の知識を調査して、入山後の急性高山病との因果関係を示した研究ではない。ただ、急性高山病に対する正しい対処法を知っている人は、実際に急性高山病にかかりにくいという事は示しているだろう。

**リスク要因**

ウィルダネス・メディカル・ソサイエティ<sup>9)</sup>は2014年に急性高山病予防のためのガイドラインを改定した。2010年のガイドラインとの違いは、急性高山病を特定の標高に結びつけて考えることを止めた点である。急性高山病は標高2,500メートル以上で頻繁に起こるが、個人差が大きく、もっと低い標高でも罹患する。

急性高山病の重症化した病態が高所脳浮腫であり、予防法や治療法は同じである。リスク要因を表2に引用しておこう。高度順化していない人が標高1,200メートルから登山(アプローチ)を開始する場合である。

表2のリスクの高低の目安が不明である。Lawrenceら(2016)<sup>10)</sup>によると、6日間でキリマンジャロを登山した人175名の急性高山病罹患率は、レイク・ルーズAMS自己評価尺度の3点以上が

**表2：急性高山病のリスク**

リスク要因	状況
低い	<ul style="list-style-type: none"> <li>高山病の既往歴がなく、標高2,800メートル以下への移動</li> <li>標高2,500～2,800メートルへの移動に二日以上かけて、その後、就寝時の標高の上昇を一日に500メートル以下とし、標高の上昇1,000メートルに付き、休養日を一日設ける</li> </ul>
中程度	<ul style="list-style-type: none"> <li>急性高山病の既往歴があり、標高2,500～2,800メートルに一日で移動する</li> <li>急性高山病の既往歴がなく、標高2,800メートル以上に一日で移動する</li> <li>標高3,000メートル以上で、就寝時の標高の上昇が一日に500メートル以上であるが、標高1,000メートルごとに一日の休養日を設ける</li> </ul>
高い	<ul style="list-style-type: none"> <li>急性高山病の既往歴があり、標高2,800メートル以上に一日で移動する</li> <li>急性脳浮腫の既往歴がある</li> <li>標高3,500メートル以上へ一日で移動する</li> <li>標高3,000メートル以上で、就寝時の標高の上昇が一日に500メートル以上であるが、休養日を設けない</li> <li>急速な登山(キリマンジャロに七日以内で登頂する)</li> </ul>

53%、5点以上が23%であった。これは高リスクに該当する。つまり、リスク要因を低めにすれば、ほとんどの人は急性高山病に罹患しないので、予防のために薬物を服用する必要がない。

## 他のリスク要因

他のリスク要因は、十分な一貫性はないが、比較的確実な要因に触れておこう。

### 肥満

肥満者は急性高山病に罹りやすい。Yang ら (2015)<sup>11)</sup> は、チベット高原で、前向きランダム化比較試験を行った。非肥満者が142名、肥満者が120名で、BMIはそれぞれ22.7、29.9であった。平地では生理的指標に違いが無かったが、チベット高原に移動して24時間後には、肥満者ではSO<sub>2</sub>（動脈血酸素飽和度）とPaO<sub>2</sub>（酸素分圧）が低下し、PaCO<sub>2</sub>（二酸化炭素分圧）が上昇した。レイク・ルイズ AMS 自己評価尺度の値も肥満者では高かった。

Yang ら (2015) は実験的研究であるが、McDevitt ら (2014)<sup>12)</sup> によると、肥満者は実際のヒマラヤ・トレッキングでも高山病になりやすかった。肥満は急性高山病の確実なリスク要因であろう。

### 年齢

年齢が高いと急性高山病に罹りやすい。Tang ら (2014)<sup>13)</sup> は標高500メートルから3,700メートルにジェット機で2時間以内に移動した856名を調査した。その結果、重症の急性高山病は20歳以下では26%だが、21～25歳では30%、26～30歳では44%、31～35歳では49%と増加することを確認した。500メートルでは各生理指標に違いはないが、3,700メートルでは、年齢と共にHR（心拍数）が増加し、SaO<sub>2</sub>（酸素飽和度）が低下した。

ただし、McDevitt ら (2014)<sup>14)</sup> のヒマラヤ・トレッキングの調査では、年齢が若いほど急性高山病の得点が高かった。急性高山病の指標が質問紙であること、アセタゾラミドなどを自分で投与していることと関係があるという。現実の登山では、年齢の高い人は、自分の行動をコントロールするので、単純な関係が得られない。

## 喫煙

Vinnikov ら (2015)<sup>15)</sup> は標高4,000メートル以上の鉱山労働者569名を一年間追跡研究し、一日の喫煙本数が急性高山病のリスク要因であることを確認した。ただ、喫煙が急性高山病者のリスク要因でなく、予防的因子になるという研究もあり、結果の一貫性が乏しい。他の因子が混入しているであろう。

## 女性

女性は急性高山病に罹りやすいと言われるが、一貫性は不十分である。例えば、McDevitt ら (2014)<sup>16)</sup> は女性が急性高山病に罹りやすいが、質問紙に性差がある可能性を述べている。

Lawrence ら (2016)<sup>17)</sup> のキリマンジャロ調査では、年齢、性別、BMI、アセタゾラミドの投与の有無は、すべて無関係であった。ただ、女性と年齢（40歳以上）は登頂失敗が多かった。登頂の成功率は88%であった。キリマンジャロを4日間や5日間で登山するグループと比較すると、急性高山病の罹患率が低いという。

## 水分摂取

高所は一般的に気温が低く乾燥している。尿で失われる水分量も多いので、大目に水分を摂取する必要がある。Nerin ら (2006)<sup>18)</sup> によると、高所登山者は平均2.8リッターの水を飲み、尿の排出量は1.6リッター程度である。急性高山病の場合、この尿量が減少してしまう。水分摂取量は急性高山病の症状と少し関係はあるが、有意水準に達しない。大量に水を飲めば急性高山病を防げるかもしれないという。

しかし、Gatterer ら (2013)<sup>19)</sup> は、標高4,500メートル相当の酸素濃度でシミュレーション実験を行い、体内の水分量と急性高山病の関係を調べた。参加者43名の急性高山病の罹患率は平均43%で、尿の減少で体内の水分が増加したが、それは血管中の水分の増加であった。つまり、強制的に大量に水を飲めば急性高山病が防げるという信念に反する結果であった。

このように水分摂取は高所で必要ではあるが、急性高山病の罹患率と明確な関係はない。水分を大量摂取しても急性高山病が予防できるかは不明で、悪化する可能性もある。一日に3リッター程度の摂取量で十分であろう。

## 運動

激しい運動が急性高山病のリスク要因になるという説があるが、研究結果に一貫性がない。

Mellor ら (2014)<sup>20)</sup> はトレッカー48名の調査で、ボリビアの標高5,129メートルへの10日間のトレッキングで、主観的な運動の強度を測定し、それと急性高山病の関係を調べたものである。主観的運動強度が強い群と低い群では、レイク・ルーズ AMS 自己評価尺度で2.6点と1.7点、心拍数が87と80、SPO<sub>2</sub> が83と86で、有意差があった。

実験室的研究では、Roach ら (2000)<sup>21)</sup> は、参加者7名に4,800メートル相当の低圧室で6～10時間過ごした後、VO<sub>2max</sub> の50%の中強度の運動を30分間行わせた。運動条件と統制条件のレイク・ルーズ AMS 自己評価尺度は4.4点と1.3点で、条件間に有意差があった。

一方、Schommer ら (2012)<sup>22)</sup> は標高4,500メートル相当 (常圧、酸素濃度12%) の実験室的研究を行い、逆の結果を見いだした。実験計画はランダム化された前向きクロスオーバー研究で、16名の参加者はVO<sub>2max</sub> の50%の中強度の運動を45分間する実験条件と、運動しない統制条件に参加した。レイク・ルーズ AMS 自己評価尺度は、運動条件で6.5、統制条件で5.1と有意差がなかった。中強度の運動は、急性高山病のリスク要因ではないという。

Shah ら (2015)<sup>23)</sup> は、低圧と常圧の実験室の条件の違いかもしれないが、運動時と休息時のコルチゾール・レベルは同じで、脳容量の変化も報告されていないので、運動と急性高山病の関係は複雑であるという。

一般論としては、高所は酸素濃度が低いので激しい運動は避けた方がよい。しかし、現状では激しい運動が急性高山病のリスク要因であるというエビデンスは乏しい。疲労が蓄積しない程度の中強度の運動ならば問題はないであろう。

## 予防法

急性高山病を予防するには、表2のリスク要因を避けることが重要である。薬物等も治療だけでなく、予防効果もある。ガイドラインを主としながら、いくつか最新の研究成果を追加しておく。

## ゆっくりと上昇する

登山家の古い格言“Climb high, sleep low (高い所に登り、低い所で寝る)”は原則として正しい。高所を歩く時は、昼頃までにピークに到達するかパスを越えて低い場所にキャンプを張れば、急性高山病に罹りにくいし、雷の危険を避ける上でも安全である。

一般的に注意すべき高所は2,000メートル以上である。急性高山病を避けるには、表2のリスク要因を可能な限り小さくすることである。すなわち、標高2,500～2,800メートルへの移動に二日以上かけて、その後、就寝時の標高の上昇を一日に500メートル以下とし、高度の上昇1,000メートルに付き、休養日を一日設ける、である。登山時の標高ではなく、睡眠時の標高の上昇を抑えることが重要である。

## アセタゾラミド (商品名：ダイアモックス)

アセタゾラミドは炭酸脱水酵素阻害薬で、近位尿細管で、水が再吸収されにくくなり、尿量が増加する利尿薬の一種である。緑内障等の治療に用いられる。急性高山病の予防と治療にも有効である。Burtscher ら (2014)<sup>24)</sup> によれば、予防に用いる場合は、高所への移動の二日前に125mgを一日に二回の処方が効果的である。

システマテック・レビューが行われ、エビデンスが確立したのは最近である。Ritchie ら (2012)<sup>25)</sup> の結果を図2に示す。投与量と予防効果の関係は不明で、多く投与すれば効果が大きいというエビデンスはない。Kayser ら (2012) のシステマテック・レビューでも、リスクが低い場合は、アセタゾラミドの効果は限られていて、投与量の影響はわずかである<sup>26)</sup>

投与量に関するシステマテック・レビューはEmma ら (2012)<sup>27)</sup> が行った。一日の服用量は250mg, 500mg, 750mg の時、効果があり、有効性のある最低服用量は、125mg を一日に二回である。

副作用は顕著ではないが、それなりにある。250mg 投与の場合、220例中、79例 (36%) に臨床検査値に異常が見つかり、四肢知覚異常 (26%)、頻尿・多尿 (8%) であった<sup>28)</sup>。重い副作用もまれにあり、電解質異常、アナフィラキシー様ショック症状、重篤な血液障害、皮膚粘膜眼症候群、中毒性表皮壊死症、急性腎不全、精神錯乱、痙攣、肝機能障害などである。

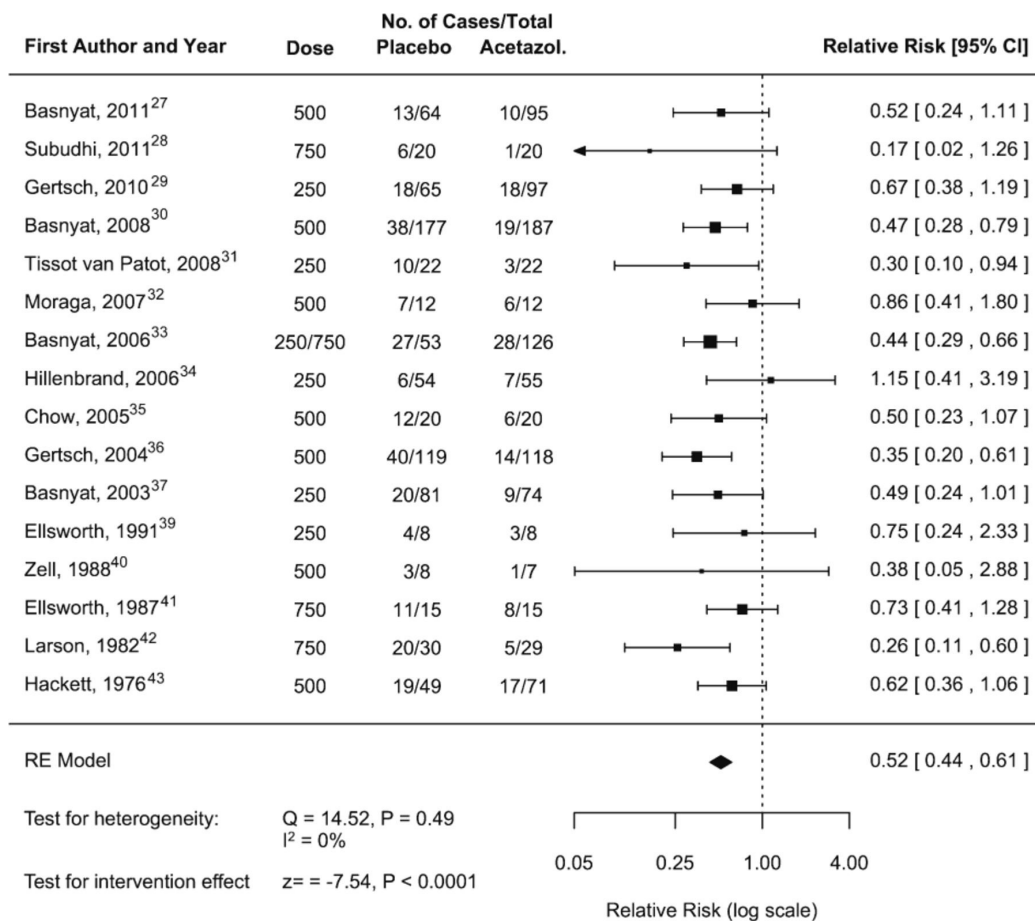


図2：アセタゾラミドのメタ分析。48%リスクを減らすという。

### デキサメタゾン

ステロイド系抗炎症薬の一種で、白血病などの血液腫瘍の治療に用いられる。前向き研究で急性高山病に効果があることが確認された。Dumontら(2000)<sup>29)</sup>によるシステマテック・レビューでは、一日の投与量8~16mgのデキサメタゾンは急性高山病予防に有効で、750mgのアセタゾラミドと同等の効果があった。また、Tangら(2014)<sup>30)</sup>のシステマテック・レビューでもデキサメタゾンの有効性が確認された。

デキサメタゾンは血液悪性腫瘍等に用いられる抗がん剤である。成人の投与量は、6時間ごとに2mgか、12時間ごとに4mgである。副作用として、

高血糖や感染症などがあり、糖尿病の発症や悪化をもたらすことがある。感染症ではB型肝炎ウイルスなどが増殖することがある。また、消化性潰瘍や、骨粗鬆症、精神障害などもある。長期投与を行うと免疫力が低下する。

### 非ステロイド系消炎剤

イブプロフィンなどの非ステロイド系消炎剤も急性高山病に効果がある。Pandit(2014)<sup>31)</sup>は、標高3,800メートル以上でプラシーボ(偽薬)との比較を行った質の良い研究をメタ分析し、その効果を確認した。結果を図3に示す。参加人数が限られていること、適切な投与量が不明なこと、アセタゾラ

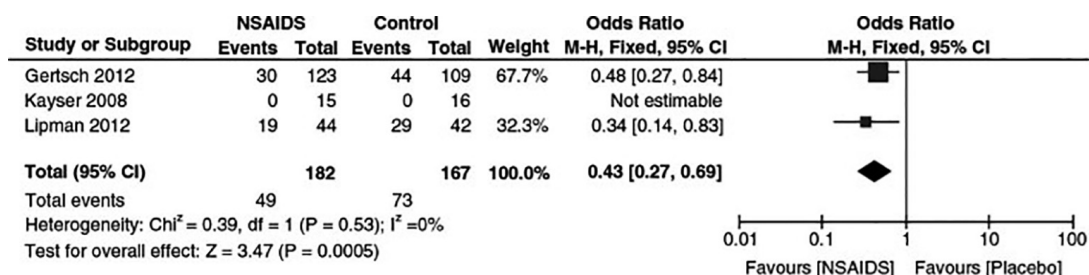


図3：非ステロイド系消炎剤のメタ分析。基礎となる研究は少ないが、比較的安全な代替薬である。

ミドやデキサメタゾンとの比較研究がないことと、まだ研究の余地は大きい。常用すると、非ステロイド系消炎剤は心臓血管系に悪影響があるが<sup>32)</sup>、限定的に使用する限り、副作用は比較的少ない。筆者はハイキングの時は緊急用として常備している。

### 効果不明の薬剤

ギンコ（イチョウの葉のエキス）のサプリは認知症などの治療に用いられている。高山病の予防に効果があるという研究はあるが、結果に一貫性がない。サプリによって含まれる成分が異なる可能性がある。副作用は頭痛、吐き気、胃腸障害、出血など多い。高山病予防のために摂取しても利点は少ない。

ビートという根菜の根は硝酸塩を含み、その酸化窒素が動脈中の酸素が飽和に達するのを防ぐと期待される。しかし、急性高山病を防ぐ効果は確認されていない。

鉄サプリでヘモグロビンの濃度が上がれば、急性高山病の予防に有用だと思われる。しかし、小規模なランダム化比較試験しかなく、予防効果も確認されていない。

### 高度順化中のトレーニング

事前に標高3,000メートル以上の高所にいれば、3,500メートル以上の非常な高所で急性高山病に罹患しにくい。しかし、現実的には実行が難しいので、低酸素環境で高度順化を行う他ない。

それでは、一日に数分から数時間、低酸素環境にいるだけの場合と、同様の低酸素環境でトレーニングを行う場合は、どちらが優位だろうか。

論理的には低酸素環境でトレーニングした方がトレーニング効果が大きく、高度順化が進みそうである。しかし、多くの実験結果に基づくと、生理指標と運動能力に関して二つの条件間に違いがなかった<sup>33)</sup>。

Fraiss4ら(2013)<sup>34)</sup>は、低酸素環境と正常酸素環境でスプリント走をトレーニングした23の研究結果を比較した。すると、 $VO_{2max}$ は両条件で上昇するが、条件間の違いがほとんどなかった。

現状では、トレーニングによって高所順化が促進されるかは不明と考えるべきであろう。

### 高所での栄養

齊藤(2014)<sup>35)</sup>に、酸素の少ない環境で有利な食

品として糖質が挙げられていた。理由は糖質がエネルギー源の場合、呼吸商(respiration quotient, 発生 $CO_2$ /消費 $CO_2$ )が1.0、脂質ばかりだと0.7となり、脂質の方が酸素の消費が多くなり、酸素の少ない環境では糖質を中心とした食事が有利だという。

実証科学の場合、論理的な推論結果が正しいという保証はない。幸い、Taylor(2011)<sup>36)</sup>に記述があった。それによると、低酸素状態に曝される40分前に純粋の炭水化物を摂ると、ヘモグロビンの酸素飽和度が4%改善される。しかし、その効果は150分で消失する。言い換えれば、炭水化物の優位性は誤差の範囲である。

一般的に、高所では消費エネルギーに見合った食事をしない傾向があり、標高5,500メートル以上の極端な高所では体重の減少が止まらない<sup>37)</sup>。

Reynoldsら(1998)<sup>38)</sup>はエヴェレストのベースキャンプ(標高5,600メートル)で高脂質(35%)低炭水化物(50%)ダイエットと、低脂質(20%)高炭水化物(60%)ダイエットのランダム化比較クロス試験を行った。しかし、参加者らは食物を自分で選んだため、脂質の摂取量は28%に収束して仕舞った。

Bensoら(2007)<sup>39)</sup>がイタリアのエヴェレスト登頂者のエネルギー摂取の割合を調べた所、炭水化物58%、脂質30%、タンパク質12%であった。この割合はバランス・ダイエットに該当する。高所でもバランス・ダイエットを守った方がよいだろう。少し脂質が多いのは、体重の減少を防ぐためである。

極端な高所に長く滞在すると、低酸素症のために筋肉が分解され、体重の減少は不可避である。Wing-Gaia(2014)<sup>40)</sup>はエヴェレストのベースキャンプで、カロリー摂取をコントロールしつつ盲検化されたランダム化比較試験を行った。すると、ロイシン(7g)摂取グループの脂質以外の身体組成の減少は42%、統制群の減少は66%で、ロイシンの効果が認められた。平地の環境下ではロイシンの効果はないが、5,000メートル以上の高所では筋肉の減少を食い止めるにはロイシンのサプリが効果的である。

### 呼吸器の訓練

呼吸を妨げるマスクをして、呼吸器の筋肉を鍛えると、心臓からの排出血流量が大きくなり、肺毛細管の飽和を遅らせることができるという。市販のマ

スクもある。残念ながら、標高3,050メートル以下では、呼吸器の能力にゆとりがあるので、効果はない。トレーニング効果は標高4,880～5,550メートルで現れ、血液中の酸素分圧の低下が6%ほど押さえられるという。しかし、数値は誤差範囲であり、急性高山病の予防に効果があるというエビデンスはない。

### 客観的指標

急性高山病の診断には、主観的な自己記入式質問紙が使われているが、Liら(2015)<sup>41)</sup>は、参加者1,019名を標高500メートルから標高3,700メートルに飛行機2時間半以内に移動する条件(752名)と、標高3,650メートルで3日間高所順応した後、標高4,400メートルに車で3時間以内に移動する条件(267名)に割り当てた。各条件で急性高山病に罹った群と罹らなかった群の比較を行った。全体を通して $\Delta$ HR(心拍数の事前事後の差)、 $\text{SaO}_2$ (事後)、 $\Delta$  $\text{SaO}_2$ (事前事後の差)で、統計的に明確な違いがあった。急速移動条件では、 $\Delta > 25$ で $\text{SaO}_2 < 88\%$ 、順化条件では $\Delta$ HR $> 15$ で $\text{SaO}_2 < 86\%$ が急性高山病をよく識別するカットオフ・ポイントであった。

### パルスオキシメータ

$\Delta$ HRと $\text{SaO}_2$ は急性高山病の客観的指標であったが、 $\text{SaO}_2$ を測定するには血液のサンプルが必要である。パルスオキシメータは安価で小型の装置で、指先を挟むだけで、HRと $\text{SpO}_2$ を簡単に測定できる。 $\text{SpO}_2$ には誤差が伴い、 $\text{SaO}_2$ とは意味が違うが、急性高山病の予測に有用である<sup>42)</sup>。

筆者もJMTに持っていき、測定したことがある<sup>43)</sup>。測定したのは標高3,000メートルほどの場所であったが、高度順化が完全なら90%程度の値を示す。70%以下は準呼吸不全で、何らかの対策が必要である。

動作をゆっくりとして、酸素消費量を減らすとともに、呼吸法として、口笛を吹くように排気の時に肺の圧力を高める方法がある。パルスオキシメータでモニターすると、この値が上昇することが分かる。特にエビデンスはないが、この呼吸法は、高山病の予防に多少は有用であろう。高所に留まっても、この値が改善しなければ、下山を考慮する必要がある。

### まとめ

急性高山病の主症状は頭痛か睡眠障害である。高所でどちらかの症状が現れれば急性高山病と判断してよい。急性高山病が重篤化すると高所脳浮腫や高所肺水腫になる。

急性高山病であれば、現在の標高に留まり、症状の進展を確認し、改善されなければ下山する。高所脳浮腫や高所肺水腫の場合はただちに下山する。

急性高山病を避けるには、標高2,500～2,800メートルへの移動に二日以上かけて、その後、就寝時の標高の上昇を一日に500メートル以下とし、1,000メートルに付き、休養日を一日設けるのがよい。

急性高山病の予防・治療薬としてアセタゾラミド(商品名：ダイアモックス)やデキサメタゾンがある。効果は確認されているが、副作用はそれなりにある。比較的安全な代替薬では非ステロイド系消炎剤がある。イチョウ、ビートの根、鉄サプリの効果は確認されていない。

高所での激しい運動は急性高山病のリスク要因ではない。また、高所での運動は、高所順応とは関係しない。

パルスオキシメータを使えば、動脈中のヘモグロビンの酸素飽和度( $\text{SpO}_2$ )と脈拍を簡単にモニターできる。

極端な高所では体重の減少が避けられない。炭水化物が有利というエビデンスはなく、炭水化物60%程度のバランス・ダイエットでよい。筋肉の消耗を防ぐために、ロイシンのサプリアが有利である。

### 文献

- 1) 村上宣寛：アメリカ・ハイキング(仮題)。樫出版、2017年春頃出版予定
- 2) 篠塚規：21世紀の知っておきたい旅行医学。Mebio, 104-107. 2001.
- 3) Taylor, AT: High-altitude illness: Physiology, risk factors, prevention, and treatment. *Rambam Mainoides Medical Journal*, 2, 1-17. 2011.
- 4) Simonson, TS: Altitude adaptation: A glimpse through various lenses. *High Altitude Medicine & Biology*, 16, 125-137. 2015.
- 5) Shah, NM, et al.: Wilderness medicine at high altitude: Recent developments in the field. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6,



- 319-328. 2015.
- 6) David, P et al. : Network analysis reveals distinct clinical syndromes underlying acute mountain sickness. *PLOS one*, 9: e81229. 2014.
- 7) Bailey DM, et al. : Emerging concepts in acute mountain sickness and high-altitude cerebral edema: from the molecular to the morphological. *Cellular and molecular life sciences*, 66, 3583-94 : 2009.
- 8) Vardy, J. et al. : Can knowledge protect against acute mountain sickness? *Journal of Public Health*, 27, 336-370 : 2005.
- 9) Luks, AM, et. al. : Wilderness Medical Society practice guidelines for the prevention and treatment of acute altitude illness: 2014 update. *Wilderness & Environmental Medicine*, 25, S4-14 : 2014.
- 10) Lawrence JS, et al. : Risk determinants of acute mountain sickness and summit success on a 6-Day ascent of Mount Kilimanjaro (5895 m). *Wilderness Environmental Medicine*. 78-84 : 2016.
- 11) Yang B, et al. : Obesity is a risk factor for acute mountain sickness: A prospective study in Tibet railway construction workers on Tibetan plateau. *European Review for Medical Pharmacological Sciences*, 119-122 : 2015.
- 12) McDevitt M, et al. : Risk determinants of acute mountain sickness in trekkers in the Nepali Himalaya: A 24-year follow-up. *Wilderness Environtal Medicine*, 25, 152-159 : 2014.
- 13) Tang XG, et al. : Age as a risk factor for acute mountain sickness upon rapid ascent to 3,700 m among young adult Chinese men. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 1287-1294 : 2014.
- 14) McDevitt M, et al. : Risk determinants of acute mountain sickness in trekkers in the Nepali Himalaya: A 24-year follow-up. *Wilderness Environtal Medicine*, 25, 152-159 : 2014.
- 15) Vinnikov D, et al. : Smoking increases the risk of acute mountain sickness. *Wilderness Environmental Medicine*, 164-172 : 2015.
- 16) McDevitt M, et al. : Risk determinants of acute mountain sickness in trekkers in the Nepali Himalaya: A 24-year follow-up. *Wilderness Environtal Medicine*, 25, 152-159 : 2014.
- 17) Lawrence JS, et al. : Risk determinants of acute mountain sickness and summit success on a 6-Day ascent of Mount Kilimanjaro (5895 m). *Wilderness Environmental Medicine*. 78-84: 2016.
- 18) Nerin MA, et al. : Acute mountain sickness: Influence of fluid intake. *Wilderness Environmental Medecine*, 17, 215-220 : 2006.
- 19) Gatterer H, et al. : Association between body water status and acute mountain sickness. *PLoS One*, 27, 8, e73185 : 2013.
- 20) Mellor AJ, et al.: Rating of perceived exertion and acute mountain sickness during a high-altitude trek. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 85, 1214-1216 : 2014.
- 21) Roach RC, et al.: Exercise exacerbates acute mountain sickness at simulated high altitude. *Journal of Applied Physiology*, 88, 581-585 : 2000.
- 22) Schommer K, et al.: Exercise intensity typical of mountain climbing does not exacerbate acute mountain sickness in normobaric hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, 113, 1068-1074 : 2012.
- 23) Shah, NM, et al. Wilderness medicine at high altitude: Recent developments in the field. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 319-328. 2015.
- 24) Burtcher M et al. Acetazolamide pre-treatment before ascending to high altitudes: when to start? *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 15, 7, 4378-83 : 2014.
- 25) Ritchie ND. et al. Acetazolamide for the prevention of acute mountain sickness--A systematic review and meta-analysis. *Journal of Travel Medicine*, 19, 298-307 : 2012.
- 26) Kayser B, et al. Reappraisal of acetazolamide for the prevention of acute mountain sickness: a systematic review and meta-analysis. *High Altitude Medicine & Biology*, 13, 82-92 : 2012.

- 27) Emma, V. L., et al. 2012 Identifying the lowest effective dose of acetazolamide for the prophylaxis of acute mountain sickness: Systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 345 : e6779
- 28) <http://www.e-pharma.jp/druginfo/tempbunsoyo/2134002F1109>
- 29) Dumont et al. Efficacy and harm of pharmacological prevention of acute mountain sickness: Quantitative systematic review. *BMJ*, 29, 321, 267-272 : 2000.
- 30) Tang E et al. Dexamethasone for the prevention of acute mountain sickness: Systematic review and meta-analysis. *International Journal of Cardiology*, 173, 133-138 : 2014.
- 31) Pandit A et al. Efficacy of NSAIDs for the prevention of acute mountain sickness: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Community Hospital Internal Medicine Perspective*, 29, 4, 24927 : 2014.
- 32) Trelle S, et al. Cardiovascular safety of non-steroidal anti-inflammatory drugs: Network meta-analysis. *BMJ*, 11, 342, c7086 : 2011.
- 33) Shah, NM, et al.: Wilderness medicine at high altitude: Recent developments in the field. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 319-328 : 2015.
- 34) Faiss R, et al. : Advancing hypoxic training in team sports: from intermittent hypoxic training to repeated sprint training in hypoxia. *British journal of sports medicine*, 47, i45-i50 : 2013.
- 35) 齊藤繁 : 「身体の力」が登山を変える。山と溪谷社, P132, 2014.
- 36) Taylor, AT: High-altitude illness: Physiology, risk factors, prevention, and treatment. *Rambam Mainoides Medical Journal*, 2, 1-17 : 2011.
- 37) Kechijian D: Optimizing nutrition for performance at altitude: A literature review. *Journal of Special Operations Medicine*, 11, 12-17. 2011.
- 38) Reynolds, et al. : Intakes of high fat and high carbohydrate foods by humans increased with exposure to increasing altitude during an expedition to Mt. Everest. *Journal of Nutrition*, 128, 50-55 : 1998.
- 39) Benso, et al. : Endocrine and metabolic responses to extreme altitude and physical exercise in climbers. *European Journal of Endocrinology*, 157, 733-740 : 2007.
- 40) Wing-Gaia, SL: Nutritional strategies for the preservation of fat free mass at high altitude. *Nutrients*, 13, 665-681 : 2014.
- 41) Li M, et al. : A specific objective supplemental factor in evaluating acute mountain sickness:  $\Delta$ HR in combination with SaO<sub>2</sub>. *Military Medical Research*, 2, 26, 10.1186/s40779-015-0055-0 : 2015.
- 42) Basnyat B : Pro: Pulse oximetry is useful in predicting acute mountain sickness. *High Altitude Medicine & Biology*, 15, 440-441 : 2014.
- 43) 村上宣寛 : ハイキング・ハンドブック, 新曜社, P.17 : 2013.

(2016年 9 月 8 日受付)

(2016年12月 7 日受理)