

平成21年6月12日

国際山岳連合医療部会 (UIAA MedCom) 公認基準

(その4)

山中における栄養の問題

—医師向けに—

訳 夏井正明

OFFICIAL STANDARDS
OF THE
UIAA MEDICAL COMMISSION

VOL: 4

Nutritional Considerations in Mountaineering

Intended for Doctors

A. Morrison, Th. Kuepper, V. Schoeffl
2008

Intended for Doctors, Interested Non-medical
Persons and Trekking or Expedition Operators

A. Morrison, V. Schöffl, Th. Küpper

1 はじめに

「適切なカロリーや水分摂取の重要性は、少なくとも酸素と同等以上に評価されるべきである」

[1]

Pughが、1953年の英国・エベレスト登山隊に同行して行なった研究データをもとに、表記の研究発表を行なったのは1965年のことで、それから40数年経っているのに、この分野の、高所における栄養問題を取上げた研究発表は、最近20年間以降のものばかりである。

さまざまな登山形態、例えばアルパイン登攀、トレッキング、遠征登山などは、身体的にも生理学的にも高い運動の力が求められる。スポーツとレクリエーションのために、より高い所へ、より長期（時には数ヶ月も）に亘り、旅行する人の数が増えてきている。そしてどんなスポーツ活動でも同じだが、健康も身体活動も共に、適切に栄養と水分を摂取することで増進される。けれどもそれは、高所や、辺境の地や、挑戦的自然環境状況下にあっては、言われているほどには容易くない。

どんな登山でも実施計画に際して、特に長期にわたる場合には、配慮しなければならない多くの栄養学的な問題がある。高度が増すことで低酸素状態（呼吸による酸素摂取の低下）が強まり、生理的調節機能が乱れる。食欲と味覚認識は減弱する。高所における身体運動では海拔0メートルの2倍のエネルギー（カロリー摂取量）を必要とする。これらの影響が複合して体重の減少に至ったり、身体組成（体脂肪と筋肉の比率）の変化を生じたりする。

したがって本論文の目的は、体重減少を最小にして健康状態と運動能力を向上させるために実行できる、事実に基づく栄養学的な知見と対策を概説することにある。

2 高所における体重減少の理由

毎定期的に口に合う（好みの）食べ物が用意され、比較的快適に食べられたとしても、実際に、十分量飲食出来ているかどうか、は依然として問題が残るかもしれない。

食欲も味覚も高所では抑制される。このため食事量の減少と飽満感の増加により、少しの量で『満腹』を感じることになる。この『高所食欲不振』の影響により、高度3,600mあたりから明らかかな体重減少が始まり、高度5,000m付近で最大（すなわち体重が1週間に1～2kg減少）となる[2]。これは、高所に登ることによってホルモンレベル、特にレプチンの変化によって誘発されると考えられる。特に5,400m以上での体重（特に体脂肪）減少は、エベレスト遠征で白人とシェルパ族との間で大きい[3]。ベースキャンプで体脂肪率が9.1%だったシェルパ族は、高所でもこの値を維持し、四肢円周に変化はなかったが、体脂肪率18.4%の白人には体脂肪と四肢円周の減少が見られた。

この体重減少は急性高山病（AMS）の症状とは別であるが、空腹感があっても吐き気により飲食願望は起きない。AMSは準高所（通常2,500m以上）でも起きる。

個人が衛生状態に配慮しないことは、下痢を発症する多くの理由のひとつであり、国際山岳連合医療部会公認規準No.5でも述べている。どんな高度でも下痢を発症すれば体重の減少と電解質のアンバランスをもたらす（国際山岳連合医療部会公認規準No.5 旅行者下痢症参照）。基本的な電解質補給の飲料については6ページに記す。

体重減少の一因となっている他の理由としては、食べ慣れないメニュー、快適さや生活習慣、あるいは友人や家族からの隔離が食欲不振をもたらす。また身体活動への負荷や登攀、あるいは緊急時に備えて集中する必要性が飲食に影を落とすことになる [4]。

その人の身体トレーニング状況にかかわらず、低酸素状態では身体はエネルギー源（脂肪または炭水化物）を優先的に用い、これには男女間で差がある [5]。

身体組成は高所で体重が減少するにつれて変化する。この体重減少は『脂肪組織がない』（筋肉や体液）のとは対照的に、体の各場所にある『脂肪組織』によるものであり、高度や身体組成そして性差に依存している。身体の体液バランスは低酸素状態によって変化する。口に合う食物が常に十分に用意されて比較的快適な状態で食事ができる場合、体重減少は最小になる [6] [4] [2] [7]。

3 遠征の前

3.1 遠征に持ってゆく携帯食糧をどのように決めるか

遠征でどのような食糧を用意するか、の決定は、グループ内の個人の食嗜好と遠征の長さに依る。遠征前には歯科検診を行い、問題を起こしそうな歯は治療しておくべきである。

エネルギー摂取量がエネルギー消費量を満たすには不十分な状況（即ち5,000mあたりではカロリー摂取量は3分の1にも減る）では、食事が口に合い、満足でき、簡単な調理で食べられることが潜在的体重減少を最少にするために重要なことである [2]。

さまざまな高カロリー食品や調理が簡単な炭水化物を、毎回自分で選んで摂ったり、登攀中に簡単に口に入れられるように（特に炭水化物を）ポケットに入れておくことは有効である。さまざまな食品を摂取すること。高所では味覚が減弱するので、食べやすいように自分で選んでいろいろなスパイスを加えることは効果的である。（あるエベレスト研究によれば、数週間で全体では2.3kgの唐辛子を使ったとの記録がある[6]。）

使用する調理器具は時間と手間を省くためにいつも清潔にしておくべきであり、調理のあとで鍋を完全にきれいにおかないと、いくつかの腸管感染症を起こす可能性がある。蓋を使うことはエネルギーの節約になる。鍋ひとつの食事は、手早い調理、最小限の燃料消費、準備に最小限の水使用、最後の調理器具の片付けという点で薦められる手法である。たとえば、あるエベレスト遠征に関する報告では、ローツェ西壁のキャンプⅢは、傾斜角45度の不安定な氷壁に位置していた。そこで準備できる食事は限られており、食べられるもの（通常は高カロリー炭水化物）は、調理せずに口に入れられるものか、単に湯を注ぐだけで食べられるものに限られていた [4]。多くの軍事研究において、高地で実地訓練を行っている隊員に特に必要とされるカロリーと必要栄養素を調整した食料では、割当量を自由にした場合には、好まれない食材は廃棄される（通常で10-20%、場合によっては40%）ので、残りの糧食を食べる前にすでにエネルギー不足に陥っている [6]。一般人を対象にした研究でも同様のことが見られる。

食べる見込みのない食料は運び上げる必要はない。遠征隊員のニーズと食嗜好を注意深く検討しなければならない。高所や寒さの中で用意できる食事にあっては、必要とされるエネルギー摂取

量を嗜好に適合させることが不可欠な要素となる。

食事のメニューには下記の情報は含んでおらず、個人の食ではさまざまな変容がある：

何を常食とするか（菜食主義、乳卵菜食主義、制限なし）

宗教（厳格な菜食主義、コーシャ：ユダヤ教）

その他の食餌制限

年齢と性

食品過敏/アレルギー

健康状態（胃腸障害、糖尿）

身体トレーニング状況

体脂肪率（筋肉と脂肪の比率）

甘味と香辛料の嗜好

服薬に不適合を起こす食材

激しい食物アレルギーを持っている場合、その食品は可能な限り配給糧食から除外しなければならない。アナフィラキシーの場合には、緊急アドレナリン（すなわちエピペン）が発症した気温でも有効であることを確認しておくこと。

食材の調達をどこで行うかー持参か遠征先か？食料の賞味期限、保管の温度、重量と食材の包装、そして誰が食料を運ぶか（自分かポーターか？）を良く考えること。どのように/いつ包装材を廃棄するか？

ひとたびこの食材情報がわかれば、各隊員の食の要求と嗜好に対応する食材を準備するのに不足している情報はない。もし遠征の主催者が食材供給の責任を持っているのならば、遠征チームに確実な献立情報を提供できる。

3.2 遠征での調理/食事は先ず出発前に確かめること

遠征で消費する食品の種類は試しに料理をしてみる。粉末状のミルク、鶏卵、チーズなど。乾燥野菜、固形スープの素、ドライフルーツと各種のナッツ類なども。もしアルミ箔包装の食品を用意するならば、十分に口に合うことを確認する必要がある。レンズマメ、カラスムギや乾燥食品などは、調理前に十分に水に浸す必要がある。そうしないと消化管から水分を吸収し、便秘や胃部不調をきたす原因となる。高度が上がればあがるほど食欲は失われ、食物の味もおかしくなることを覚えておくべきである。

遠征中には食品の硬さはその場の温度で変わることを確認すべきである。暑い気候では食感が変わるが、同時に腐敗の原因ともなる。非常な寒冷気候では調理せずに食べられるもの（キャラメル、ヌガー）は噛むには非常に硬いか脆くなっていることがあるので、突然の歯科トラブル（歯の割裂、充填材の喪失）を起こすかもしれない。

3.3 遠征前に血中の鉄分を確認すること！

医師により自分の血中の鉄分検査を出発前に行い、そして本番の遠征/滞在の前に血色素不足の原因とアンバランスを修正すること！鉄欠乏性貧血を元通りにするには3～6ヵ月かかる。女性と菜食主義者には特に危険性があり、高高所に行く前に検査しなければならない。

4 遠征中

4.1 高所ではどのように適切な補水をし、さらに脱水と下痢に伴う疾患を防ぐか

おそらく多くの人々はAMS（急性高山病）、HAPE（高所肺水腫）とHACE（高所脳浮腫）が、体液バランスが異常になることを特徴とする病理的現象である、ということ十分に理解していない（国際山岳連合医療部会公認規準No. 2参照）。脱水症状であること - すなわち不十分な水分摂取、発汗あるいは下痢のどちらも - は深刻な健康問題をそれぞれに生じさせる可能性がある。平地では水分喪失が体重の2~5%になると、渇き、頭痛、疲労、大量発汗、精神的/身体的能力の障害、ドライマウス、寒気と現実感の喪失という結果をもたらす；そして、損失が8%になると死亡する。高所（すなわち2,500m以上）で水分（体液）バランスを維持することは、さまざまな生理現象や高所での身体活動に影響を及ぼし、間違いなく重大な課題である。十分な安全な飲料水を確保し、高度で必要なときに定期的に、水や電解質（すなわちナトリウム、ブドウ糖）を含む飲料を摂らなければならないことは、今もって理解されていない。以下に示す事柄は高所における補水計画の助けとなる知識である。

適切に補水がなされていれば、尿はごく薄い淡黄色であるはずで、尿量も十分でなければならない。より暗黄色、さらには淡褐色の尿になれば尿量が足りないだけでなく、重篤な脱水症状の増悪や急性高山病も示唆している。

気象状況、運動強度/身体活動量、発汗損失による個人の変化と性差などに基づいて、毎日どのくらいの水分摂取が必要となるかを示すことは不可能である。例えばあるエベレスト登頂での研究では、ただじっとしているだけでも1日3.0±0.5Lの水分が喪失し、登山では1日3.3±0.6L以上であった。別の研究では同一の環境条件で高度5,000-7,000mと7,000-8,848mの水分喪失を比較し、それぞれが1日あたり3.7±0.6Lと3.3±0.8Lであったと報告されている [2]。

これに対して温暖な気候では、平地における基本的な水分必要量は、平均70kgの男性と55kgの女性で1日2.5Lと2.2L（飲食物合わせて）、もしくは水分のみではおよそ1日1.2Lである（コップ6~8杯）。しかしひとたび活動レベルや気温があがると、発汗による損失は個人で非常に変化し、簡単に1時間当たり1~2Lにも達する可能性がある。

さらに多量の汗は単に水分喪失だけではない。汗には水以外の成分として、例えば鉄、カリウムとナトリウム（塩）などが含まれる。例えば誰かの衣服に塩分の染みができるほどの大量の発汗をするか汗が眼に入って沁みれば、いつもよりも塩分の喪失が多いため水分喪失に加えて食物/飲料に塩分を加えることで補給する必要があることが推察できる - 少なくとも平地では普通のことである。しかし、高所で電解質飲料の摂取を調べた既知のデータがないため、高所で毎日どのくらいのナトリウムを摂取すべきという設定値を決めることは不可能である。いくつかの遠征での報告によれば：1994年に軍隊が寒冷状況で行った活動では、4,500kcalのエネルギー、4,500mgのナトリウムと90gのタンパク質を必要とした。アラスカ特殊部隊の登攀での医学研究報告では、疲労の原因がグリコゲンの減少や脱水よりむしろ、塩分の欠乏であると提言した。1989年のエベレスト遠征では、塩分無添加食糧で実験を行った。追認はしていないが毎日4リットルの電解質飲料を摂取したところ、発汗量が少なかったため『電解質過剰』による体調不良を起こした [6]。プー（2004年）は19,000フィート（約5,800m）で活動している登山者は通常飲料に溶かして毎日12オンス（約340g）の糖質を摂取すべきだと述べた [7]。カフェインを含む飲料を摂取するこ

とは、おそらく睡眠の阻害があるので避けるべきである。基本的なメッセージとしてまとめると、定期的に水分を摂取することを忘れない、身体運動の増加により無感覚のうちに水分喪失がある、そして『水』をベースにした電解質飲料は激しい運動や過度の発汗の後に（十分な炭水化物に加えて）必要となる。

ところが、高所において適切な水分補給を保つことが非常に難しい場合がある。飲料水の入手に問題がある場合 - すなわち多量の雪を溶かすか、十分に化学的殺菌をした水を飲むなど、または定期的に十分な水分補給を忘れないことなど。味覚に慣れれば、遠征中に沃素殺菌の水も試しに飲んでみる。もし必要ならば口に合うように、味のマスクングとして発泡性のビタミンCタブレットや類似物を加えることを試みても良い。氷河からは粘土質を含んだ融解水が流れだし、緩下剤の効果を持つ塩類が含まれるので、こうした水を飲む前には静置して沈下させ、濾過した後に煮沸するか化学浄化剤を使って浄化すべきである。たくさんの登攀者が使うルートに沿った流路の水は、糞便による汚染が考えられるので殺菌を必要とする。塩素を含有した殺菌錠剤（すなわちピュリタブ[®]、マルチマン[®]、ミクロピュア[®]、セルティシル[®]）（日本では液体塩素剤としてミルトン、ピュアなど）、またはヨウ素液（8滴下/水1リットル）を滴下した後、効果が現れるまで最低20分を要する。（より広範囲の助言は、国際山岳連合医療部会公認規準No. 6「水の殺菌」参照）。健康と身体活動に十分必要な水分補給のためには、味覚を多少犠牲にしなければならないことを知っておくこと。

下痢による脱水の場合、**基本的電解質溶液**は1リットルの無菌水に小匙1杯の食塩と大匙1杯の砂糖を加えることで用意できる（より広範囲の助言は、国際山岳連合医療部会公認規準No. 5「旅行者の下痢症」参照）。

4.2 急性高山病（AMS）における水分補給

平均的な身体構成のうち50～60%は水分であるが、その組織における水配分はかなり変化している。たとえば、水分量は血液、脳、筋肉と骨はそれぞれ約91%、81%、76%と13%である。そのため肉体的も精神的もどちらもその活動が、脱水状態の亢進により影響を受けることは驚くことではない。脱水状態になればどのような身体活動でも危険な状態になるので、キャンプ出発前に十分な水分補給を確実にし、定期的な水分補給の方法を模索すべきである - すなわち暖かい気候では使用する水を携行給水タンクに満たしておく、あるいは朝すぐに水分を取るように、夜のうちに魔法瓶に暖かい飲料を満たし寝袋に入れるなど。

低酸素に暴露されるとホルモンバランスが変化するため、身体の細胞組織間で体液の移行が生じて尿量が増える。ある研究によれば、人が急性低酸素に暴露されると最初の数時間に体液の停留を生じ、急性高山病を生じやすくなる（国際山岳連合医療部会公認規準No. 2「AMS, HAPEとHACEの管理」参照）。

急性高山病を発症した人は同時にエネルギー摂取量と水分摂取量が減少するので、すでに述べた体重減少とは異なる原因により体重が減少する。急性高山病状態では、体液の停留は（尿の停留を含む）身体全体の水分喪失による減少を伴う。ある研究によれば、4日以上にわたり全身の体液増加（細胞内から細胞間質へ少なくとも1リットルの移行）が生じた。他の比較研究では、55名の成人を4,880mの高度に少なくとも12時間暴露したところ、急性高山病の症状を呈した人は、発症しなかった人に比べて最初の数時間で体液の停留を感じたことがわかった。多くの研究報告

は、体液の停留と急性高山病との間に直接的な関係があるとしている。いずれにせよ：
適切な高所馴化を！

4.3 微量栄養素- (ビタミンとミネラル)

この論文はすべての微量元素 - ビタミンとミネラルとして知られている、微量ではあるが重要な構成要素を徹底的に分析した結果は視野に入れていない。十分な微量元素の摂取を確実にするためには多種類の食品を摂取し、精製していない素材が好ましく、あるいはビタミンとミネラルが豊富な食品（すなわち穀類、穀物）を食べること。ミネラルの不足は運動選手に典型的に見られ、特に女性の運動選手と菜食主義者に多く、不足するのはカルシウム、鉄と亜鉛である。これは通常カロリー摂取制限、魚、肉、乳製品または家禽のような動物性食品を敬遠することと、ミネラルの至適摂取を妨げる食品との組み合わせによる。たとえば、鉄分の吸収はフィチン酸塩（ふすま、精製した小麦粉や米製品、大豆に含まれる）やカルシウム（乳製品に含まれる）と結合した場合に妨げられが、動物性食品（肉や魚）のヘム（2価鉄）の場合には、ビタミンCと一緒に摂るとかなり吸収される。

4.4 必要エネルギー量についての知識と算出法

理論上は：

$$\text{エネルギー摂取量} = \text{エネルギー消費量}$$

登山（特に高所）の場合は、

$$\text{エネルギー摂取量} < \text{エネルギー消費量}$$

（そのため体重減少が起きる！）

理解を深めるために、毎日どのくらいのエネルギーを必要とするかを計算するために、平地と高所でどのくらいのエネルギー消費があるかを以下に説明する。表1で簡単に計算できる。多くの人は身体機能の維持と中心部の体温を一定に保つために、かなり大きなエネルギーを消費していることに驚くであろう。そして通常より暑熱環境や寒冷環境にさらされる場合にはさらに多くのエネルギーを必要とする。

エネルギー摂取 (EI) は、飲料と食品からのカロリー (kcal、kJまたはMJ) 摂取量の合計である。エネルギー摂取量は、年齢、性、身体組成（脂肪率、筋肉率）、体型、健康状態、遺伝的要因、気候、BMRと身体活動量に影響される。体重1ポンド(0.45kg)は3,500kcalに等しいので、3,500kcalのエネルギー損失は、体重1ポンド(0.45kg)の減少ということになる。

(注：kcalのkJへの変換は4.18倍；kcalのMJへの変換は0.0042倍する)

エネルギー消費 (EE) は、身体が次の3区分で使ったエネルギーの合計である（割合を括弧内に示す）。

基礎代謝 (60-75%)

身体活動 (20-35%)

消化活動 (4-7%)

ここに示すそれぞれの値は、高所や寒冷暴露の程度に応じて栄養（熱量）は影響を受ける。

4.4.1 基礎代謝率 (BMR)

基礎代謝率とは特に身体活動を行わなくても機能維持のために必要となるエネルギーで、すなわち睡眠と覚醒時の代謝、細胞の更新/修復、身体中心部の体温維持などである。前日に筋肉の代謝活動を活発に行ったあとは、数日間は基礎代謝率が高くなる。

基礎代謝率は24時間のエネルギー消費の60-75%を占める。この測定は、食後少なくとも12時間を経過した後、適温で身体的にも精神的にも寛いで横になっている状態で、呼吸におけるガス交換 ($O_2 \leftrightarrow CO_2$) を分析することで正確に測定できる。全隊員を調べることは不可能であるため、表1を用いることで簡単に推測値が得られる。

トレーニングを積み重ねれば基礎代謝率はより高くなり、活動をしていなくても筋肉代謝はより活発になる。身体組成は寒冷気候での耐寒性において、おそらく最も重要な生理的決定要因となる [6]。寒冷傷害を最小限にし、その影響を理解するためには栄養学的な知識が求められる。寒冷気候にあっては2つの鍵となる生理的反応がある。それはa) 熱損失を制限するために末梢血管を収縮させてエネルギー損失を防ぐ、b) 身体運動を活発化させ、震えを起こすことで熱の発生量を増やし、その結果エネルギー必要量が増加する [6]。極寒の環境では体温を保つために震えが亢進し基礎代謝率は5倍にまで高まる。暑熱環境ではこの値は5~20%上昇し、運動することによってさらに5%増加する。初めて高所環境に達したとき、基礎代謝率は高度によって10~20%あるいはそれ以上増加する。したがって極端な環境下では身体組成、身体活動レベル、標高、さらに天候に応じた対応行動（すなわち重ね着、シェルター）による体温調節反応は、明らかにBMRに直接的に影響を及ぼす。そのため、悪天候中をカバーするだけの予備エネルギー（食糧）を忘れてはならない。

4.4.2 身体運動

身体活動によりさらなるエネルギーの摂取を必要とする。それは活動量、運動の種類と強度によって変化する。追加エネルギー (kcal) は1日の基礎代謝率に加えられることになるが、その計算は次のようになる。

表1. 基礎代謝率予測式（英国保健省1991年）

	年齢幅（歳）	1日あたりのBMR回帰式
男性	10~17	$0.074 (\text{体重}) * + 2.754$
	18~29	$0.063 (\text{体重}) + 2.896$
	30~59	$0.048 (\text{体重}) + 3.653$
	60~74	$0.0499 (\text{体重}) + 2.930$
女性	10~17	$0.056 (\text{体重}) + 3.434$
	18~29	$0.062 (\text{体重}) + 2.036$
	30~59	$0.034 (\text{体重}) + 3.538$
	60~74	$0.0386 (\text{体重}) + 2.875$

1日あたりの基礎代謝率回帰式 (MJ: メガジュール/日)

(体重) *はkg

体重が70kgの25歳の男性が1日に要するBMRを表2から計算すると:

$$0.063(70\text{kg}) + 2.896 = 7.306 \text{ MJ/日}$$

MJをkcalに換算するため0.0042で割ると:

$$7.306/0.0042 = 1,740 \text{ kcal/日}$$

この1,740kcalはこの男性が身体活動や飲食等を行わずに、身体の機能を維持するために必要な熱量である。そしてこれを基数（1.0をエネルギー消費価と置く）としてエネルギー必要量に見合ったエネルギー摂取を加えて計算をする。

この身体活動指標は、エネルギー消費量で最も変化する部分である。基礎代謝率の変化には飲食も行動もしない最小限の1.0の人から、座業の1.5、活発に動く2.0の人まで範囲がある。価が2.5以上になると、特定の栄養補助食品なしでは活動が維持できない。あるエベレスト遠征で得られた知見では、非常にトレーニングを積んだ隊員の指標が 2.2 ± 0.3 であることが判った [2]。6,000 m以上への登攀での調査では、指標が 3.0 ± 0.7 であった [2]。これらの研究ではエネルギー摂取量がエネルギー消費量に見合わなかった（満たなかった）。

4.4.3 食事にもなうエネルギー消費

食事にもなうエネルギー支出は、消化過程での熱損失のために、通常エネルギー消費量の約10%を占める。しかし多くの人々は高所においてエネルギーバランスがマイナスになるため、栄養素の吸収不良はそれほど顕著ではなく、食事にもなうエネルギー支出（顔からの熱損失など）もそれほど顕著ではない。いくつかの調査では、高所では食事にもなうエネルギー損失は4~7%程度との報告がある [2]。

4.5 3大栄養素—炭水化物、脂質、蛋白質—高所での配分

食糧/飲料は、3大栄養素（量的に多く摂取する群）の組合せで - 表2で示す炭水化物、脂質、蛋白質である。炭水化物消化を行う場所、割合と量は、食品加工の程度に非常に依存しており、健康と身体活動について有意な関連性がある。過度に精製し微量元素をほとんど含まない炭水化物は避けるべきであり、栄養価を高めた穀物と小麦粉が好ましい。

観察結果や他の研究によると高所にある登山者が食品を自分で選ぶ場合、エネルギーは脂質から摂取する割合が高いことが示唆される。炭水化物の豊富な食品が極高度で好まれるという仮説と研究結果は一致していない。しかし、炭水化物は筋肉のエネルギーとしては好ましい成分であり、食全体の相当な割合（55-65%）を常に占め、バランスの取れた食を構成する。

筋肉が保持している炭水化物 - グリコゲンの形 - には限りがあり、筋肉が収縮する際には一定量の補給を必要としている。トレーニングを積んでいる筋肉は、炭水化物をより効率的に多量に保持することができる。たとえば、筋肉100 g中に保持することができるグリコゲンの量は、訓練をしていない場合には13 gだが訓練を積むことにより32 gとなり、その筋肉に最大の炭水化物を負荷するとグリコゲンが35~40 gとなる。筋グリコゲンの減少は、筋肉の疲労に密接に関連がある。そのためトレッキングや登攀中に、ポケットやザックから簡単に取り出せる炭水化物の軽食は、補助（補給）エネルギーとなり、筋収縮の維持や修復を行い、胃部不快や一度の食事ですぐの炭水化物を摂取することによる膨満感の予防に適している。注：精製ブドウ糖は避けるべきである！

身体は、運動強度、性、トレーニング状況などに応じて脂質の代謝を好むようである。脂質の分解にはより多くの水分を必要とし、その結果脱水を起こすので補水を必要とする。筋肉量の増加や維持には、水分と炭水化物と蛋白質の適切なバランスを必要とし、定期的に食事をとることが求められる。

高所で起きる筋肉疲労は、単純にエネルギー需要に供給が応じられないだけでなく、最初に十分な食事ができなかつたとか、増加する身体活動に見合ったエネルギー補給ができなかつた結果である。さらに高所に行ったことで起きる生理的適合は、何をどのようにして食べるか、そしてエネルギーとしてどんな「燃料」が好ましいかに影響を及ぼしている。エネルギー必要量に満たない供給では、例えば筋肉の調和や維持、ホルモンや酵素の生成に必要な身体機能に関連した貴重な蛋白質の代わりに、食べ物由来の蛋白質を燃料に使う。蛋白質を燃料として用いる場合には、水分損失をもたらすので脱水の危険性が増加する。

平地で摂る食事や軽食は、激しい運動後の早急な貯蔵グリコゲンの補充（同様に水分喪失の補充も）のために、炭水化物に少量のタンパク質が組み合わさったものが薦められる。この炭水化物によるエネルギー補給は、最初の30分は体重1キログラムあたり1.5gで、さらに4～6時間は2時間ごとに貯蔵グリコゲンの補充に必要である。その他の留意点を表2に示したが、この忠告を高所で実行するのは困難かもしれない。

また参考になる例として平地では、典型的なスポーツマンの1日の体重1kgあたりの食事摂取量は：炭水化物が体重1kgあたり6～10g、蛋白質が体重1kgあたり1.2～1.6gだが、十分なトレーニングを積んだ選手なら蛋白質が1.6～1.7gで、脂質の一日総摂取割合が15%以下になっても健康や運動に支障はなく、運動の種類によっては15～20%が薦められる [8]。

ある研究によれば、登山者が自分で選択する食事で、高度の増加に伴って摂取する3大栄養素の割合には目立った変化はなく、エベレスト登攀を通じて毎食の摂取割合は、一貫して脂質が20%/炭水化物65%あるいは脂質35%/炭水化物50%で、身体運動やエベレストに登頂した隊員に差は見られなかつた。

表2. 高所における3大栄養素（主要食品群）配分

3大栄養素/エネルギー源	1グラムあたりのエネルギー量 (kcal)	酸素1ℓあたりの発生エネルギー (kJ/l)	高所において摂取できる割合	食品例	その他の関連事項
炭水化物 (血中糖濃度と貯蔵グリコゲンの維持に必要であり、こまめに食べる。これは、激しい運動への適度な燃料となる。)	4	21.1 また、すべての筋肉には貯蔵炭水化物(グリコゲン)があり、激しい運動を行う際に、常に補充される。	およそ56% (研究では、毎日の摂取は50~65%の間) 注: 薦められている70%程度までさらに摂取する場合、胃部不調の原因やバランスを欠いた食事になりがちで、他のビタミン/ミネラルの生体内での利用を妨げる可能性がある。	米、パスタ、麺、シリアル、ジャガイモ、クラッカー、パン、ブドウ糖複合飲料、缶詰 & 乾燥フルーツ、チョコレート、砂糖	身体活動の際に筋肉が最優先で使用する燃料が炭水化物である。酸素1モルあたり生み出されるエネルギーが最大。食事の中で占める割合が最大なので、過度に精製した小麦粉や穀物などにはミネラル/ビタミンを加えておくことが望ましい。安定した血糖値を維持するためには、激しい運動が1時間以上続く場合、運動の前/最中/後に十分な炭水化物を食べる必要がある。軍隊での研究によれば、高所では少なくとも400g/日の摂取を推奨している([6]74ページ)
脂質 (脂肪に溶ける重要なビタミンの供給; 高エネルギー食品; 細胞膜の必須構成要素)	9	19.6	およそ28% (研究によれば毎日の摂取は20~35%) ¹	調理油、液状マーガリン、ギー、油漬缶詰食品、ピーナッツバター、ナッツ類、魚缶詰の油	1グラムあたりのエネルギー(kcal)は炭水化物よりも多い。全ての多量栄養素の中で最高の味覚で、風味の感覚/食感/嗜好の増強効果を持つ。海拔0mで、食品中の脂質が15%未満になると、健康や身体活動に支障をきたす。飽和脂肪酸を避け、不飽和脂肪酸を使うこと。
蛋白質 (もしエネルギー摂取が不十分だとしたら、蛋白質がエネルギー源として使われることになる - 良くない! 蛋白質は筋肉や組織の構築と修復に必要である)	4	18.7	15%	チーズ、レトルトソーセージ、ビーフジャーキー、魚缶詰、卵、豆類、レンズ豆	多量栄養素で最も重要。食事の中に15%以上ないと耐寒性が低下する。

アルコール	7		0%		高カロリーで、脱水状態、利尿、判断力と身体活動の低下など、運動を行うのに不利な状況を作る。血管を拡張させるので、末梢からの熱損失を増やす。
-------	---	--	----	--	---

参考文献

1. Pugh, L.C.G.E., Metabolic problems of high altitude operations, in Nutritional Requirements for Survival in the cold and at Altitude, L. Vaughn, Editor. 1965, Arctic Aeromedical Laboratory: Ft. Wainwright, AK. p. 299-342.
2. Westerterp, K.R., Energy and water balance at high altitude. News Physiol Sci, 2001. 16: p. 134-7.
3. Boyer, S.J. and F.D. Blume, Weight loss and changes in body composition at high altitude. J Appl Physiol, 1984. 57(5): p. 1580-5.
4. Reynolds, R.D., et al., Intakes of high fat and high carbohydrate foods by humans increased with exposure to increasing altitude during an expedition to Mt. Everest. J Nutr, 1998. 128(1): p. 50-5.
5. Braun, B., et al., Women at altitude: carbohydrate utilization during exercise at 4,300 m. J Appl Physiol, 2000. 88(1): p. 246-56.
6. Marriott, B.M. and S.J. Carlson, Nutritional Needs in Cold and High-Altitude Environments: Applications for Military Personnel in Field Operations, I.o.M. Committee on Military Nutrition Research, Editor. 1996, National Academic Press: Washington D.C.
7. Pugh, L.G., Himalayan rations with special reference to the 1953 expedition to Mount Everest. 1954. Wilderness Environ Med, 2004. 15(2): p. 125-34.
8. N.N., Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. Med Sci Sports Exerc, 2000. 32(12): p. 2130-45.

Members of UIAA MedCom

(to be completed)

History of this recommendation paper

The version presented here was approved at the UIAA MedCom Meeting at Adršpach – Zdoňov / Czech Republic in 2008.