
PUBLIC HEALTH RESEARCH

Menawan Gunung Kinabalu: Penyakit Altitud Tinggi dan Langkah-Langkah Pencegahan

Rosnah Ismail,¹ Fathiah Jabir,^{1} Nor Hisham Mohammad,² Ismail Abdul Ghani,² Mohd Yussainy Md Yusop³*

¹*Department of Public Health Medicine, Faculty of Medicine, Universiti Kebangsaan Malaysia, Kuala Lumpur Campus, Cheras, Kuala Lumpur, Malaysia.*

²*Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia.*

³*Bahagian Forest Eco-Park & Hutan Taman Negeri, Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia.*

**Corresponding: fathiahjabir@gmail.com*

ABSTRAK

Pengenalan	Gunung Kinabalu, puncak tertinggi di Malaysia dengan ketinggian 4095 meter, merupakan destinasi popular bagi pendaki tetapi boleh mendatangkan risiko penyakit berkaitan altitud kepada para pendaki. Artikel ini bertujuan untuk membincangkan penyakit altitud tinggi dan langkah-langkah pencegahan yang boleh diambil oleh pendaki sebelum, semasa dan selepas pendakian dari segi perubahan mekanisme fisiologi.
Metodologi	Satu kajian literatur secara komprehensif telah dijalankan, dengan fokus kepada simptom, gejala, dan pencegahan penyakit altitud dalam kalangan pendaki. Maklumat dikumpulkan dari jurnal yang disemak oleh rakan sejawat, laporan teknikal pendakian, dan kajian lapangan berkaitan dengan Gunung Kinabalu dan pendakian di altitud tinggi.
Hasil Kajian	Penyakit altitud tinggi seperti penyakit ketinggian akut, high-altitude cerebral oedema, high-altitude pulmonary oedema, dan beberapa penyakit lain dikupas dengan lebih mendalam. Selain itu, faktor risiko penyakit altitud tinggi turut dikenal pasti. Strategi pencegahan yang dibahagikan kepada sebelum, semasa, dan selepas pendakian kemudian dibincangkan. Antara langkah pencegahan yang berkesan termasuk persediaan fizikal badan, konsultasi dan penilaian kesihatan komprehensif pra-pendakian, aklimatisasi secara beransur-ansur, mengekalkan hidrasi, dan penggunaan ubat profilaksis seperti acetazolamide dan dexamethasone..
Kesimpulan	Setiap pendaki yang ingin menawan gunung altitud tinggi seperti Gunung Kinabalu perlu fahami risiko penyakit altitud tinggi. Langkah pencegahan yang bersesuaian dan mencukupi bukan sahaja mampu mengurangkan risiko penyakit altitud tinggi, tetapi berjaya menawan puncak Gunung Kinabalu dan pulang dengan selamat.
Kata Kunci	Penyakit Altitud Tinggi; Gunung Kinabalu; Penyakit Ketinggian Akut

ABSTRACT

Introduction	Mount Kinabalu, the highest peak in Malaysia at 4095 meters, is a popular destination for hikers but poses a risk of altitude-related illnesses to hikers. This article aims to highlight some high-altitude illnesses and preventive measures that hikers can adopt before, during, and after the climb in terms of physiological mechanism changes.
Methods	A comprehensive literature review focused on the symptoms and prevention of high-altitude illness among hikers. Information was gathered from peer-reviewed journals, technical reports, and field studies related to Mount Kinabalu and high-altitude hiking.
Results	High-altitude illnesses such as Acute Mountain Sickness (AMS), High-Altitude Cerebral Edema (HACE), High-Altitude Pulmonary Edema (HAPE), and other related conditions are examined in-depth. Additionally, risk factors for the illness are identified. Preventive strategies are discussed before, during, and after the hiking. Effective preventive measures include adequate physical conditioning, comprehensive pre-hiking health evaluation, a gradual ascent to higher altitudes, sufficient hydration, and the prophylactic administration of medications such as acetazolamide and dexamethasone.
Conclusions	Every hiker aiming to conquer high-altitude mountains like Mount Kinabalu is at risk of altitude sickness. It can be a highly rewarding experience. However, it is crucial for hikers to take appropriate and adequate preventive measures, not only to reduce the risk of high altitude illness, but also to increase the likelihood of a successful and safe summit to Mount Kinabalu.
Keywords	High-Altitude Mountains; Mount Kinabalu; Acute Mountain Sickness

Article history:

Received: 20 August 2024

Accepted: 4 February 2025

Published: 21 February 2025

PENGENALAN

Aktiviti mendaki di gunung adalah salah satu aktiviti yang acapkali didengari sejak akhir-akhir ini. Gunung Kinabalu merupakan gunung tertinggi di Malaysia dengan ketinggian 4,095m di atas paras laut yang menawarkan biodiversiti yang unik dan pemandangan yang indah. Ianya terletak di Taman Kinabalu, sebuah Tapak Warisan Arkeologi Dunia UNESCO in negeri Sabah. Setiap tahun, pendakian menuju ke puncak gunung ini telah mengundang beribu pendaki. Pada tahun 2023, terdapat sebanyak 47,212 pendaki berdaftar di Gunung Kinabalu iaitu lebih kurang 3,900 pendaki setiap bulan.¹ Namun begitu, seperti pendakian di gunung-gunung tinggi yang melebihi 3000m lain, pendakian ke puncak Gunung Kinabalu adalah berisiko untuk penyakit altitud tinggi (PAT) kepada pendaki. Namun begitu, tidak kesemua pendaki mengambil endah dari segi persiapan fizikal, kognitif, dan mental untuk mencegah risiko PAT. Ini adalah kerana keterujaan pendakian adalah lebih didorong oleh rakan sebaya yang mempunyai minat yang sama tanpa mengukur kemampuan diri terlebih dahulu. Walaupun pendakian di Gunung Kinabalu mengambil masa dua hari, ia memberi perubahan drastik fisiologi yang tinggi pada tubuh badan pendaki yang boleh menyebabkan *Acute Mountain Sickness (AMS)*. Sebanyak 23.9% kadar insiden AMS di Gunung Kinabalu telah dilaporkan pada tahap ketinggian 3,272m di Laban Rata.² Kadar ini meningkat secara purata 3.4% dengan pertambahan ketinggian altitud 200m dengan prevalens AMS 30% di ketinggian 3,622m (sekitar pondok Sayat-Sayat), 34.7% di ketinggian 3,810m (sekitar *Low Peak's Circuit via Ferrata*), dan 37.9% di ketinggian 4,095m.³

Majoriti pendaki mempunyai kurang pengetahuan untuk menangani PAT² seperti larangan mengambil minuman beralkohol, mengenalpasti gejala penyakit altitud tinggi dan cara menanganinya, dan kepentingan mematuhi arahan malim gunung. PAT selalunya berlaku apabila mendaki pada ketinggian lebih dari 2,500m, dan sesetengah individu yang lebih sensitif boleh mendapatnya pada ketinggian yang lebih rendah iaitu pada ketinggian melebihi 1,500 m. Bermula daripada ketinggian ini, ketepuan oksigen semakin berkurangan dan hipoksemia boleh berlaku kerana pengambilan oksigen maksimum berkurangan ~1% untuk setiap 100m peningkatan altitud.^{4,5}

Artikel ini membicarakan PAT dan langkah-langkah pencegahan yang boleh diambil oleh pendaki sebelum, semasa dan selepas pendakian. Spektrum PAT dikupas dengan penjelasan dari segi perubahan sistem fisiologi

manusia untuk memberi kefahaman yang lebih mendalam. Faktor risiko penyakit ini juga dinyatakan agar langkah-langkah pencegahan dapat dirancang untuk meminimalkan kesan altitud tinggi kepada sistem fisiologi seseorang individu. Ini adalah kerana *one size doesn't fit all*. Satu kajian literatur secara komprehensif telah dijalankan, dengan fokus kepada simptom, gejala, dan pencegahan penyakit altitud dalam kalangan pendaki. Maklumat dikumpulkan dari jurnal yang disemak oleh rakan sejawat dari pangkalan data seperti *Scopus*, *Web of Science*, dan *PubMed*, laporan teknikal pendakian, dan kajian lapangan berkaitan dengan Gunung Kinabalu dan pendakian di altitud tinggi.

Bagaimana Penyakit Altitud Tinggi Ini Terjadi?

PAT kebiasaannya bermula pada pendakian aras altitud melebihi 2,500m⁶, hampir 75% pendaki yang tidak mencapai aklimatisasi berisiko mengalami AMS pada ketinggian melebihi 3000m.⁷ Ini adalah disebabkan oleh tekanan separa oksigen berkurangan secara konsisten dengan pertambahan altitud berbanding tekanan separa oksigen di paras laut. Di paras laut, tekanan atmosfera yang diketahui adalah sebanyak 760mm Hg.⁸ Oleh itu, tekanan separa pelbagai gas boleh dianggarkan mempunyai tekanan separa kira-kira 592.8mm Hg untuk nitrogen, 159.6mm Hg untuk oksigen, dan 7.6mm Hg untuk argon. Pengiraan ini berdasarkan komposisi udara persekitaran adalah 78% nitrogen, 21% oksigen, 1% argon, dan kesan peratusan karbon dioksida, neon, metana, helium, kripton, hidrogen, xenon, ozon, nitrogen dioksida, iodin, karbon monoksida, dan ammonia. Apabila altitud meningkat, tekanan atmosfera berkurangan secara *non-linear*. Kekurangan tekanan atmosfera dirasai sebagai “oksigen yang tipis” walaupun pada hakikatnya kepekatan oksigen di udara adalah sama iaitu sebanyak 21%.

Tekanan atmosfera ini bukan sahaja berkaitan dengan peningkatan altitud tetapi ia juga dipengaruhi oleh suhu dan humiditi.⁸ Tekanan separa oksigen di udara yang semakin berkurangan akan menyebabkan tekanan separa oksigen juga berkurangan di sistem alveolar, darah arteri, tisu badan, dan akhirnya darah vena.⁹ Jadual 1 menunjukkan perubahan altitud antara tekanan atmosfera dan anggaran tekanan separa oksigen yang tersedia untuk resapan di sistem pernafasan alveolar manusia pada suhu tertentu dengan menggunakan kalkulator atas talian iaitu kalkulator resapan oksigen di alveolar,¹⁰ kalkulator tekanan atmosfera,¹¹ dan kalkulator tekanan separa air.¹²

Jadual 1 Hubungan antara latitud, tekanan atmosfera dan tekanan separa oksigen di alveolar pada suhu tertentu

Altitud, m	Lokasi/ Suhu dalam °C	Tekanan atmosfera, mm Hg	Tekanan separa oksigen di udara, mm Hg	Tekanan separa air pada suhu tertentu**, mm Hg	Tekanan separa oksigen di alveolar*, mmHg
0	Paras laut / 37	760.0	159.6	46.9	99.8
3	Kota Kinabalu Airport/ 25	759.8	159.6	23.7	104.6
569	Ranau/ 22	711.6	149.4	19.8	95.3
1,866	Timpohon Gate/ 20	611.5	128.4	17.5	74.7
3,272	Panalaban/ 16	516.3	108.4	13.6	55.6
4,095.2	Low's Peak Summit of Mount Kinabalu Malaysia/ 0	455.4	95.6	4.5	44.7

Nota:

*Formula Tekanan separa oksigen di alveolar = Kandungan oksigen x (Tekanan atmosfera – tekanan separa air mengikut suhu) – (Tekanan karbon dioksida di dalam arteri x (1 – kandungan oksigen x (1 – respiratory quotient)))/ respiratory quotient

**Di mana, Tekanan separa air menggunakan formula Antoine atas talian, kandungan oksigen = 0.21, tekanan karbon dioksida di dalam arteri = 40 mm Hg dan respiratory quotient = 0.8

Di Low's Peak Summit of Mount Kinabalu Malaysia, tekanan separa untuk oksigen yang tersedia untuk resapan di dalam sistem pernafasan alveolar manusia adalah 2.2 kali ganda lebih rendah berbanding di paras laut. Contoh yang lebih ekstrem, puncak Gunung Everest 8849m, mempunyai tekanan separa oksigen di alveolar berkurangan lebih banyak iaitu 55 kali ganda berbanding di paras laut. Oleh itu, ketinggian melebihi 8,000 m dilabelkan sebagai zon kematian kerana organ dalaman manusia tidak lagi berfungsi pada tahap optima.¹³

PAT disebabkan oleh tindak balas organ dalaman manusia terhadap tahap resapan oksigen yang berkurangan dan hipoksia tisu yang terhasil. Setiap organ manusia memerlukan tekanan separa oksigen yang berbeza untuk pengekal fungsi secara optima. Contoh, organ vital seperti otak memerlukan sekurang-kurangnya tekanan separa oksigen 35mm Hg untuk menjana tenaga dengan cekap dari metabolisme aerobik glukos agar fungsi mental kekal normal.¹⁴ Bahagian medula buah pinggang memerlukan tekanan separa oksigen sebanyak 10 hingga 20mm Hg manakala di bahagian korteks memerlukan 52 hingga 92mm Hg kerana keperluan oksigen yang tinggi untuk menjana tenaga dan beban metabolik yang tinggi dalam proses pengangkutan aktif sistem penyerapan semula di sel nefron. Bahagian serosa usus kecil pula memerlukan tekanan separa oksigen 53 hingga 71mm Hg. Otot manusia memerlukan tekanan separa oksigen sebanyak 27 hingga 31mm Hg pada keadaan rehat. Keperluan otot untuk oksigen bergantung kepada intensiti dan tempoh aktiviti otot untuk mengekalkan keupayaan fungsi pergerakan.¹⁵ Tahap keupayaan aerobik seseorang menentukan keupayaan otot tersebut untuk mengekstrak oksigen

untuk penjaan tenaga dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP) dan jumlah bekalan oksigen oleh sistem kardiovaskular dalam tempoh masa tertentu. Keupayaan aerobik ini ditandai oleh *maximal oksigen uptake (VO₂max)* atau pengambilan oksigen maksimum. Organ manusia yang paling lebar iaitu kulit memerlukan tekanan separa oksigen antara 5 hingga 30mm Hg bergantung kepada ketebalannya.

Jika keperluan tekanan separa oksigen ini tidak mencukupi, organ manusia mengalami keadaan kekurangan oksigen, i.e. hipoksia, disebabkan oleh sel darah merah mengangkut molekul oksigen dengan kadar yang kurang dari kebiasaan. Keadaan ini digelar hipoksemia. Hipoksemia merupakan asbab pencetus rantaian perubahan fisiologi manusia terutamanya melalui hiperventilasi serta peningkatan erythropoiesis.¹⁶ Hipoksemia di paru-paru meningkatkan isipadu gas yang diambil ketika menarik nafas dan seterusnya menyebabkan *respiratory alkalosis*, di mana pH darah dalam badan meningkat melebihi tahap normal. Kemudian, buah pinggang bertindak balas untuk mengurangkan *alkalosis di samping meningkatkan penghasilan erythropoietin yang merangsang tubuh badan untuk menghasilkan lebih sel darah merah*. Kadar degupan jantung dan tekanan darah juga akan meningkat.¹⁷ Perubahan fisiologi ini adalah proses aklimatisasi.

Perubahan ini adalah normal ketika berada di altitud tinggi berbanding di paras laut. Pendaki akan mengalami kadar degupan jantung dan pernafasan yang lebih tinggi, kerap kencing, kesusahan bernafas semasa aktiviti mendaki tetapi akan pulih segera selepas berehat, insomnia, dan kepening sementara sekiranya bangun dengan kadar segera ke posisi berdiri.¹⁷ Memahami tindak balas normal ini dapat membantu para pendaki

untuk membezakan respon normal dari gejala PAT. Biasanya, proses aklimatisasi ini boleh dicapai pada hari ke tiga atau ke lima pendakian.¹⁸

PAT berlaku apabila pendaki dari altitud rendah mendaki ke altitud tinggi melebihi 500m per hari pada paras lebih daripada 2500m. Ia merupakan julat spektrum dari tahap ringan ke tahap yang lebih teruk, hingga menyebabkan kematian jika tidak dirawat dengan kadar segera. Spektrum tahap ringan adalah *acute mountain sickness* atau AMS) yang ditandai dengan sakit kepala diikuti dengan hilang selera makan, loya, muntah, keletihan/kelesuan, pening dan mengalami insomnia. Spektrum yang lebih teruk adalah *high-altitude cerebral oedema* (HACE) dan *high-altitude pulmonary oedema* (HAPE). Keadaan ini boleh dirawat dengan bantuan oksigen. Namun begitu, bantuan oksigen hanya membekalkan sedikit penambahan peratusan oksigen sebanyak 4% bagi setiap 1 L/min oksigen yang disedut di paras laut,¹⁵ altitud tinggi mengurangkan tekanan separa oksigen seterusnya mempengaruhi peratus kadar resapan oksigen di sistem pernafasan manusia. Persoalannya, selama manakah bekalan oksigen ini bertahan? Tempoh bekalan oksigen bergantung kepada jenis silinder oksigen tersebut samada ianya jenis D atau E di mana faktor penukaran masing-masing adalah 0.16 atau 0.28. Jika bekalan oksigen pada tangki jenis D adalah penuh iaitu 3000psi, ianya boleh bertahan selama 4 jam untuk membekalkan oksigen sebanyak 2L/min. Formula pengiraan adalah seperti berikut:
Jumlah masa penggunaan, dalam minit
= (Tekanan oksigen di dalam silinder, dalam unit psi x faktor penukaran)/ Aliran oksigen (L/min)
= (3,000 psi x 0.16)/2 L/min
= 240 min
= 4 jam

Jenis-Jenis Penyakit Altitud Tinggi

PAT yang lebih teruk selalunya berlaku kepada pendaki rekreasi yang cuai atau tidak ambil endah gejala awal, seterusnya tidak melaksanakan langkah-langkah pencegahan awal. Penyakit altitud tinggi ini boleh terjadi dalam tempoh sehari hingga lima hari selepas pendakian ke ketinggian tertentu. Dikatakan 20% dan 40% pendaki yang masing-masing mendaki 2,500m/hari dan 3,000m/hari akan mengalami penyakit ini.¹⁹ Mengikut pengalaman beberapa pendaki rekreasi tegar di Malaysia, pendaki akan mula mengalami penyakit altitud pada ketinggian 3,000m dan ke atas di Gunung Kinabalu. Berpandukan kajian literasi dan bukti empirikal terkini serta pengalaman peribadi, beberapa jenis PAT dijelaskan di bawah:

Mabuk gunung akut (acute mountain sickness)

Secara umumnya, mabuk gunung akut adalah yang paling ringan. Ianya ditandai dengan sakit kepala dengan tambahan satu atau lebih gejala sistemik. Gejala sistemik seperti keletihan tanpa atau dengan

lemah badan, gejala gastrousus (seperti mabuk/loya, muntah) dan pening yang berterusan. Gejala biasanya wujud 6 hingga 12 jam selepas pendakian.⁴ Dalam kebanyakan kes, gejala reda dalam tempoh 24 hingga 48 jam. Disebabkan simptom AMS yang kurang spesifik, agak susah untuk membezakan AMS dengan penyakit lain yang lebih kerap berlaku seperti jangkitan kuman atau virus, dehidrasi ataupun keletihan biasa.⁹ Oleh itu, diagnosis AMS seringkali dilakukan menggunakan Skor Lake Louise Acute Mountain Sickness²⁰ sebagai panduan. Pendaki dianggap mengalami AMS sekiranya mempunyai skor 3 atau lebih di dalam konteks pendakian.

High altitude cerebral edema (HACE)

HACE dianggap berada di hujung spektrum ekstrem penyakit altitud. Ianya jarang berlaku. Jika berlaku, ianya selalu (bukan semestinya) didahului dengan AMS yang teruk.⁴ HACE disebabkan oleh bahagian serebrum yang membengkak secara ketara. Ianya ditandai dengan sakit kepala dan gejala otak seperti kekeliruan pada tempat, masa dan rakan, diikuti dengan koma. *Ataxia gait* (iaitu gaya jalan yang tidak teratur seakan pasca-strok) dan gangguan status mental adalah gejala awal. Kadangkala, terdapat simptom awal seperti rasa mengantuk dan perubahan dalam corak psikologi dan perbuatan seperti menyendiri dan tiada emosi).^{6,16} Sawan, lumpuh setempat (seperti lumpuh saraf kranial dan hemiplegia), demam, dan tanda-tanda iritasi selaput otak (i.e. *meningitis*) adalah jarang berlaku. Jika ianya berlaku, diagnosa perubatan lain harus difikirkan. *Papilloedema* (iaitu bengkak cakera optik yang disebabkan oleh peningkatan tekanan intrakranial) dan pendarahan retina mungkin ada tetapi ianya bukan kriteria yang diperlukan untuk membuat diagnosis. Koma dan kematian mungkin berlaku dalam masa beberapa jam jika HACE tidak dirawat dengan segera.

High altitude pulmonary edema (HAPE)

HAPE juga berada pada hujung spektrum ekstrem PAT. Ia biasanya terjadi dalam tempoh 24 hingga 96 jam selepas pendakian yang laju pada ketinggian melebihi 2,500m.²¹ HAPE adalah penyumbang utama kematian penyakit altitud tinggi. Ia mungkin didahului oleh penyakit ketinggian akut atau ianya berlaku secara berasingan tanpa menunjukkan bukti kehadiran penyakit ketinggian yang lain. Pesakit HAPE selalunya adalah pendaki lelaki yang muda, mempunyai tahap fizikal yang bagus dan mendaki ke altitud tinggi dari paras laut dengan kadar yang laju mendahului pendaki lain.¹⁶

Pada mulanya, pendaki mengalami kesukaran bernafas semasa melakukan pendakian atau kurang toleransi fizikal semasa mendaki tidak seperti pengalaman terdahulu. Simptom lain seperti batuk tanpa kahak boleh berlaku. Jika tidak dirawat, kesukaran bernafas menjadi bertambah teruk

walaupun hanya melakukan aktiviti ringan atau sedang berehat. Keadaan bertambah parah apabila pendaki tersebut mula mengeluarkan kahak berwarna merah jambu (petunjuk pendarahan dalam sistem pernafasan) dan mengalami gangguan pernafasan. Pengamatan pemeriksaan fizikal yang biasa dilihat adalah kulit menjadi kebiruan, denyutan nadi per minit melebihi 100, kadar pernafasan per minit melebihi 20 dan demam gred rendah (iaitu kurang dari 38.5°C atau <38°C jika pendaki mengambil ubat anti-radang untuk sakit otot seperti ponstan semasa pendakian).^{6,22} Penurunan bacaan oksimetri boleh mencecah 70% tanpa bantuan oksigen secara konsisten adalah petanda amaran tindakan pro-aktif perlu dilakukan. Dikatakan julat bacaan oksimetri berada di antara 40% dan 70% ketepuan, bergantung pada ketinggian di mana individu itu mula jatuh sakit. *HAPE* mungkin bertambah teruk dengan cepat; koma dan kematian mungkin berlaku dalam beberapa jam, melainkan ianya dirawat dengan segera. Bunyi *crackles* kadangkala boleh didengari tanpa stetoskop.

Lain-Lain Penyakit Altitud Tinggi

Senarai penyakit altitud seperti yang tersenarai di bawah diletakkan di bawah subtopik ini kerana tidak diketahui darjah keterukannya dalam spektrum penyakit altitud. Kewujudan komplikasi berpanjangan adalah minima. Namun begitu, ia perlu dinyatakan di sini agar semua pendaki berwaspada terhadap apa juga gejala yang muncul ekoran aktiviti pendakian.

Tekanan darah tinggi

Altitud melebihi 2,500m meningkatkan tekanan darah secara sistemik melebihi 140/90 di kalangan individu yang diketahui tekanan darah normal. Tekanan darah tinggi ini terjadi disebabkan oleh perubahan hemodinamik yang berlaku secara mendadak melalui penambahan kepekatan bahan biokimia, seperti *lipid hydroperoxide* dan *nitrite*, di dalam sistem saluran darah yang gagal melebarkan saluran darah mengikut kebiasaan.²³ Sekumpulan penyelidik dari Cina²⁴ membuktikan beban tekanan darah disebabkan oleh variabiliti bacaan tekanan

darah ekoran aktiviti simpatetik yang sentiasa berubah sebagai respons terhadap tekanan atmosfera rendah dan tahap “oksigen yang tipis”. Tekanan darah tinggi amat ketara pada waktu malam kerana kehilangan kawalan penurunan tekanan darah pada waktu itu.

Tekanan darah tinggi boleh meningkat hingga ke tahap serius apabila BP sistolik $\geq 180\text{mmHg}$, atau BP diastolik $\geq 110\text{mmHg}$. Keadaan tekanan darah tinggi sebegini boleh menyebabkan kerosakan yang berpanjangan kepada organ sasaran seperti buah pinggang. Jika ia merosakkan organ tersebut, tekanan darah tinggi ini digelar *hypertensive crises* atau *hypertensive emergency*. Jika tiada kerosakan organ sasaran, tekanan darah ini digelar *hypertensive urgency*.²⁵ Oleh kerana kerosakan organ sasaran tidak boleh ditentusahkan di kawasan pergunungan yang tidak dilengkapi dengan peralatan diagnostik, keputusan perlu dibuat dengan kadar yang segera untuk membawa pendaki turun ke altitud lebih rendah.

Sembab pada kaki dan tangan serta muka

Sembab pada kaki dan tangan serta muka biasa berlaku pada ketinggian tinggi walaupun tanpa PAT, terutamanya di kalangan pendaki wanita.²⁶ Gejala ini adalah disebabkan pengumpulan air ekoran kekurangan oksigen pada otot-otot yang aktif bekerja.²² Selalunya ia hilang dengan segera tanpa perlu bantuan ubat.

Sakit kepala tanpa gejala penyakit ketinggian akut yang lain

Sakit kepala di altitud tinggi (*high-altitude headache* atau *HAH*) jenis ini lebih menyerupai *tension-type headache* berbanding *migraine-type headache* (Jadual 2). International Headache Society telah menetapkan *HAH* sebagai sakit kepala yang berlaku selepas mendaki hingga ketinggian 2,500m atau lebih dan kemudiannya hilang sendiri dalam masi 24 jam selepas turun dari altitud tinggi.²⁷ *HAH* kebiasaannya akan hilang sendiri dan sekiranya perlu, ubat tahan sakit seperti paracetamol atau *non-steroidal anti-inflammatory drugs* (NSAIDs) boleh diberi kepada pendaki.

Jadual 2 Perbezaan *tension-type headache* dan *migraine-type headache*

	<i>Tension-type headache</i>	<i>Migraine-type headache</i>
Lokasi sakit	Kedua belah kepala	Sebelah kepala
Sensasi	Rasa menekan atau ketat mengelilingi kepala	Rasa berdenyut-denyut
Tahap sakit	Ringan ke sederhana	Sederhana ke teruk
Faktor penggalak	Tiada kaitan dengan aktiviti fizikal rutin	Aktiviti fizikal rutin
Gejala berkaitan	Tiada loya dan muntah	Loya dan muntah
Sensitif	Tiada	Cahaya/ bunyi

Pitam (High altitude syncope)

Kadangkala, pendaki di ketinggian sederhana i.e. 1500m to 2500m, akan mengalami pitam yang singkat dalam tempoh 24 jam pertama.²² Ini biasanya berkaitan dengan insiden vasovagal yang berlaku kerana hypoksemia.²⁸ Ia berlaku sekali sahaja, biasanya selepas makan atau minum alkohol. Episod ini tidak serius. Ia bukanlah petunjuk yang pendaki mempunyai masalah jantung.

High altitude retinopathy

High altitude retinopathy (HAR) adalah penyakit mata di mana pendarahan retina, manifestasi HAR yang paling biasa berlaku, terjadi jika terdedah kepada perubahan tekanan atmosfera secara mendadak disebabkan oleh perubahan altitud. Ia kebanyakannya berlaku pada ketinggian 3,000m (setara dengan altitud *Villosa Shelter* di Gunung Kinabalu) dan lebih kerap pada ketinggian melebihi 5,000m.²⁹ Ia tidak menunjukkan sebarang gejala, melainkan jika pendarahan berlaku di kawasan *macular* mata. Pemeriksaan fizikal mengamati pendarahan retina dalam bentuk *Roth spots*, pendarahan pada pelbagai lapisan tisu retina dan vitreous pada kedua-dua belah mata.²⁹ Ia boleh wujud selama beberapa minggu tanpa sebarang komplikasi. Gejala pendarahan retina adalah kehilangan penglihatan tanpa rasa sakit. Jika pendarahan retina terjadi, pendaki perlu turun sejauh 500 m hingga 1,000m dengan segera. Pendaki tersebut dilarang meneruskan pendakian sehingga pendarahan tersebut sembuh. Pendaki yang pernah menjalani prosedur *radial keratotomy* atau LASIK mungkin mengalami gangguan penglihatan yang ketara pada ketinggian melebihi 5000m.³⁰ Namun gejala ini hilang dengan cepat selepas turun ke altitud yang lebih rendah.

Faktor-Faktor Risiko Penyakit Altitud Tinggi

Kesan altitud tinggi kepada sistem manusia adalah berbeza antara individu. Faktor risiko yang paling utama dalam penyakit altitud tinggi adalah melakukan pendakian dengan terlalu cepat dalam tempoh masa yang singkat dan tidak mencukupi bagi membolehkan badan aklimatisasi kepada altitud tinggi. Selain itu, pendaki dengan sejarah PAT berpotensi mengalaminya lagi sekiranya mereka kembali ke ketinggian yang sama.³¹ Pendaki dari kawasan altitud rendah yang melakukan aktiviti berlebihan dari rutin juga berisiko. Selain itu, pendaki yang mempunyai masalah jantung atau paru-paru seperti *ventricular septal defect* (VSD), *Atrial Septal Defect* (ASD), *Patent Ductus Arteriosus* (PDA), *Tetralogy of Fallot* (TOF), atau *pulmonary hypertension* menyebabkan berkemungkinan tinggi mengalami HAPE.³⁰

Beberapa keadaan kesihatan tertentu bukanlah faktor risiko penyakit altitud. Akan tetapi, persekitaran udara yang tipis menyebabkan kekurangan oksigen dalam darah dan hipoksia di

organ dan tisu manusia boleh menjejaskan keadaan kesihatan pendaki.¹⁷ Selain itu, beberapa penyakit mungkin boleh menjadi tidak terkawal di dalam keadaan tinggi tekanan atmosfera dan hypoksia. Keadaan kesihatan tersebut adalah: i) pesakit yang mempunyai irama jantung yang tidak teratur seperti *supraventricular tachycardia (SVT)*, or *atrial fibrillation (a-fib)* di mana penambahan hormon stres semasa pendakian boleh memburukkan aturan irama jantung;³² ii) penyakit asma; iii) tekanan darah tinggi; iv) penyakit kencing manis; v) penyakit arteri koronari; vi) kegagalan jantung di mana pengumpulan air disebabkan oleh altitud boleh memburukkan fungsi jantung; vii) penyakit paru-paru obstruktif kronik yang ringan; viii) kurang hemoglobin (i.e. anaemia); ix) ketumbuhan dalam otak: keadaan ini mempunyai gejala yang lebih di altitud tinggi kerana ketumbuhan tidak mempunyai ruang lebih untuk mengembang di dalam tengkorak yang rigid; x) penyakit sawan: altitud yang tinggi menyebabkan penyakit sawan sedia ada yang tidak pernah dikenalpasti untuk terjadi buat pertama kali dan bagi pendaki yang pernah mengambil ubat sawan, mungkin perlu ambil semula ubat itu sebelum mendaki.^{22,32}

Faktor Protektif Penyakit Altitud

Umumnya, pendaki yang mempunyai kecergasan fizikal yang baik tidak melindungi pendaki daripada penyakit altitud tinggi. Walaubagaimana pun, kecergasan fizikal perlu untuk membentuk keupayaan aerobik pada sistem jantung dan paru-paru untuk menghantar sejumlah bekalan oksigen dengan cekap kepada sistem otot semasa pendakian. Ia juga membina keupayaan otot untuk mendapatkan sejumlah oksigen untuk menghasilkan tenaga untuk kelancaran pergerakan. Keupayaan aerobik ini ditandai oleh *maximal oksigen uptake* (VO_2Max) atau pengambilan oksigen maksimum. Pengambilan oksigen maksimum adalah bilangan oksigen yang diperlukan (dalam unit ml) bagi setiap kg berat otot per minit. Dikatakan setiap manusia memerlukan sebanyak 3.5ml oksigen bagi setiap kilogram otot per minit semasa berehat.³³ Keperluan oksigen ini bertambah mengikut aktiviti. Sejumlah $27.3\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ oksigen (bersamaan 7.8 METs) diperlukan oleh pendaki jika menggalas beg sandang yang mengandungi bekalan untuk kegunaan sehari. Manakala, sebanyak $35.0\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (bersamaan 10 METs) diperlukan jika pendaki menggalas beg sebesar 60 L yang dipenuhi dengan peralatan.³⁴ Bagaimanakah seseorang pendaki itu mengetahui tahap pengambilan oksigen maksimum telah tersedia sebelum mendaki? Secara umumnya, seorang pendaki yang boleh menghabiskan larian sejauh 2.4 km dalam masa 15 minit atau kurang boleh dianggap telah mencapai pengambilan oksigen maksimum $35.0\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ dan ke atas.³⁵

Langkah-Langkah Pencegahan Sebelum Pendakian

Persediaan fizikal badan

Latihan ketahanan dan pengukuhan teras badan berintensiti ringan hingga sederhana seperti berlari jarak jauh, berenang dan berbasikal, selama dua hingga tiga bulan sebelum pendakian boleh membantu menurunkan berat badan dan meningkatkan pengambilan oksigen maksimum. Tiada istilah berat badan minimum yang diperlukan untuk aktiviti pendakian. Berat badan yang wajar memberi kesan kepada individu dan juga kepada pasukan penyelamat. Berat badan berkurangan memberi beban yang lebih rendah kepada sendi lutut semasa mendaki naik atau menuruni laluan yang bertangga. Pasukan penyelidik dari Denmark³⁶ mendapati setiap 1 kg penurunan berat badan, beban maksimum pada sendi lutut dikurangkan sebanyak 2.2kg semasa berjalan kaki. Semasa menuruni gunung, kecederaan fizikal lebih kerap berlaku kerana aktiviti ini menyebabkan daya lebih tinggi pada sendi lutut berbanding dengan berjalan menaiki bukit pada kecerunan yang sama.³⁷ Oleh itu, persediaan fizikal juga perlu meliputi berjalan menurun.⁴

Jika kecederaan fizikal yang serius berlaku, pendaki terpaksa diusung ke bawah dengan cara yang sesuai. Jika berat pendaki berlebihan, ini akan menyukarkan kerja-kerja penyelamatan untuk membawa pendaki turut dengan cepat. Dikatakan berat Neil Robinson stretcher, dalam keadaan kering, adalah 20kg tanpa muatan. Jika berat pendaki yang perlu diusung 100kg oleh 4 orang penyelamat dalam satu pasukan, setiap penyelamat berkongsi beban sebanyak 30kg. Nilai ini melebihi had berat yang disyorkan oleh US NIOSH iaitu 23kg. Hingga kini, tiada formula khusus untuk mengira skor pekerjaan yang mengangkat beban menggunakan sebelah tangan untuk melindungi penyelamat dari sakit belakang yang kronik. Oleh itu penulis, mencadangkan berat pendaki yang melebihi 72kg diusung dengan Robinson meningkat risiko sakit belakang kepada penyelamat.

Penilaian tahap kesihatan pra-pendakian

Pendaki yang mempunyai penyakit kronik yang mungkin menjadi lebih serius atau tidak terkawal semasa pendakian dinasihatkan berbincang dengan doktor peribadi masing-masing. Terdapat beberapa penyakit kronik yang tidak dibenarkan atau kontraindikasi untuk mendaki hingga ketinggian lebih dari 2,500m. Antaranya adalah penyakit sel sabit (*sickle cell anaemia*), di mana hypoksia boleh menyebabkan episod kesakitan akut atau *vaso-occlusive crisis*, penyakit kegagalan jantung, angina tidak terkawal, penyakit paru-paru di tahap teruk, penyakit sawan yang tidak terkawal, wanita mengandung berisiko tinggi, dan sebarang malformasi di salur pendarahan otak seperti aneurisme.³² Terdapat pendaki yang mempunyai

penyakit kronik yang dibenarkan mendaki tetapi perlu dihadkan kepada ketinggian tertentu^{30,32} seperti pesakit jantung yang telah menjalani prosedur *stenting* mempunyai limit pendakian setakat 5,500m sahaja.

Pemeriksaan kesihatan pra-pendakian memberi data asas sebagai rekod perbandingan dengan tahap kesihatan pasca-pendakian seseorang jika terdapat sebarang kejadian luar jangka berlaku. Sekurang-kurangnya, ada rekod yang menyatakan penyakit medikal tertentu dikawal dengan baik. Pemeriksaan fizikal dan makmal yang spesifik adalah perlu untuk menilai keupayaan fungsi organ berdasarkan keadaan pendaki sebelum pendakian. Contoh ujian gas darah arteri (*arterial blood gaseous*, ABG) untuk pendaki yang berpenyakit paru-paru obstruktif kronik yang ringan.³⁰ Ujian ini mengukur tahap keasidan (pH), dan paras oksigen dan karbon dioksida di dalam saluran arteri darah. Ia memberi maklumat sejauh mana paru-paru seseorang dapat memindahkan oksigen ke dalam darah dan mengeluarkan karbon dioksida daripada darah. Oleh itu, doktor peribadi boleh menyediakan pelan kecemasan untuk tindakan oleh pendaki seperti keperluan menyewa bekalan oksigen, mengupah orang yang kompeten untuk mengangkut dan memberi bekalan oksigen di altitud tertentu dan jumlah isipadu oksigen per minit yang perlu diberikan.

Altitud tinggi boleh memberi kesan kepada parameter penting seperti tekanan darah, denyutan nadi dan kadar pernafasan. Doktor peribadi boleh menyediakan pelan berkenaan had tertinggi tekanan darah, denyutan nadi dan kadar pernafasan yang perlu dipatuhi dan dipantau semasa pendakian. Maka kecepatan langkah, teknik pernafasan dan masa rehat semasa pendakian dapat diatur berpanduan kepada parameter tersebut. Oleh itu, persediaan rapi sendiri seperti jam tangan yang mempunyai parameter tekanan darah, denyutan nadi, dan kadar respiratori adalah satu keperluan yang amat digalakkan.

Pendaki yang sihat juga digalakkan untuk mendapat konsultasi pra-pendakian. Mereka boleh mendapatkan pendidikan kesihatan mengenai apa yang dijangka akan berlaku dari segi kesihatan ketika mendaki, gejala dan tanda PAT berserta langkah pencegahan dan nasihat umum seperti hidrasi. Doktor peribadi juga boleh menyediakan keperluan ubat-ubatan semasa bersesuaian dengan status kesihatan atau ubatan profilaksis yang difikirkan perlu. Doktor ini dapat menentukan pengekal/perubahan dos, masa pengambilan ubat, kesan sampingan ubat di altitud tinggi juga pemantauan gejala serius dan tindakan yang perlu diambil untuk meredakannya.

Pra-aklimatisasi untuk individu yang bermastautin di paras laut

Pra-aklimatisasi adalah strategi di mana pendaki didedahkan pada altitud separa tinggi sebelum mendaki kepada altitud yang lebih tinggi.³⁸ Berpaksikan senario pendakian ke Panalaban di Gunung Kinabalu, pendaki dicadangkan bermalam selama satu malam di sekitar Kundasang kerana ianya berada di altitud pertengahan. Sebagai contoh lokasi Bukit Sosodikon, Kundasang di longitud: 116.578307°, latitud: 5.986033° mempunyai ketinggian 1,242m dengan pengiraan tekanan atmosfera 652.6 mm Hg adalah lokasi yang bagus untuk menyesuaikan diri kepada keadaan tekanan atmosfera yang lebih rendah sebelum mendaki ke Panalaban pada altitud 3,272m. Pilihan lain adalah untuk bermalam di Taman HQ Gunung Kinabalu yang mempunyai ketinggian 1,520m. Jika tidak sempat aklimatisasi, aktiviti boleh dilakukan di altitud tinggi pada siang hari tetapi rehat di waktu malamnya adalah pada altitud 500m hingga 1000m lebih rendah berbanding dengan aktiviti di siang hari. Ini adalah kerana kebanyakan pendaki menaiki kenderaan ke Kundasang. Pergerakan kenderaan ini agak pantas, tidak mungkin memberi masa yang mencukupi untuk aklimatisasi.

Status hidrasi

Seorang pendaki harus memahami prinsip mengekalkan status hidrasi diri sehari-hari pra-pendakian. Ini adalah kerana dua per tiga dari berat badan adalah air. Jumlah air yang perlu diminum bergantung kepada berat badan dan tahap aktiviti fizikal seseorang. Terdapat penyelidik berpendapat, seseorang perlu minum sebanyak dua per tiga dari berat badan dalam unit paun. Jika berat badan 80kg (i.e. 176 paun), maka pengambilan air adalah 117.3aun/hari (~3.5 L/hari) yang perlu diminum. Namun begitu, keperluan pengambilan air boleh berubah mengikut persekitaran dan fisiologi pendaki yang berbeza.³⁹ Jumlah air yang perlu diminum bertambah apabila melakukan aktiviti fizikal mengikut intensiti dan kadar perpeluhan. Secara umumnya setiap kehilangan 1kg berat badan, sebanyak 1.5L air perlu diminum.⁴⁰ Pendaki yang mempunyai hidrasi optimum ditandai dengan warna air kencing yang kekuningan sedikit dan membuang air kencing sebanyak 5 hingga 8 kali sehari. Sebelum pendakian, para pendaki perlulah memastikan status hidrasi mereka normal untuk mengurangkan risiko dehidrasi dan penyakit altitud tinggi.⁴¹

Menyediakan pakaian perlindungan diri

Pakaian perlindungan diri tidak berkaitan secara langsung dengan penyakit altitud tetapi penting supaya pendaki selesa dan tidak tergesa untuk menghabiskan pendakian dengan kadar yang terlalu cepat. Jika pendakian ke puncak dilakukan pada awal pagi di Gunung Kinabalu, pakaian yang

bersesuaian untuk mengelakkan kehilangan haba berlebihan dari badan perlu dipakai. Lapisan luar pakaian seharusnya boleh melindungi pendaki daripada angin dan hujan, kalis air, kalis angin, dan tidak merasa pengap. Ini adalah kerana suhu persekitaran pada ketinggian 3,270m di Gunung Kinabalu boleh mencecah serendah 6.7°C.⁴² Stokin dan kasut mendaki yang kalis air seharusnya menjadi pilihan utama.

Jika pendakian ke puncak Gunung Kinabalu bermula setelah terbit matahari, pakaian perlindungan diri dari terik panas matahari diperlukan. Topi lebar yang bersesuaian yang diperbuat dari fabrik pelindung matahari dan sunblock boleh melindungi bahagian kulit yang terdedah dari selaran matahari. Pemakaian *sunblock* juga harus diperbaharui mengikut sela masa yang sesuai untuk melindungi kulit dari sinaran ultra-ungu. Sinaran ultra-ungu meningkat kira-kira 10% setiap 1,000 m disebabkan oleh kekurangan awan, habuk, dan wap air.⁴³ Beban haba dari sinaran matahari boleh memburukkan lagi kehilangan air dari badan semasa pendakian. Pakaian yang bersesuaian perlu diteliti untuk mengelakkan penambahan beban haba semasa mendaki yang boleh menyebabkan dihidrasi. Peralatan lain seperti *hiking stick* perlu semasa aktiviti menaik atau menurun. Ia membantu pendaki mencapai keseimbangan dan kestabilan pada permukaan pendakian yang pelbagai.

Pelan kecemasan

Pelan kecemasan yang diperlukan adalah bagaimana seseorang pendaki yang mengalami penyakit altitud yang kritikal, seperti *HACE* atau *HAPE*, boleh dibawa turun dengan cepat ke altitud 500 m hingga 1,000m yang lebih rendah. Kebiasaannya, malim gunung yang bersama ketika pendakian di Gunung Kinabalu akan memberi maklumat kepada pasukan *Mountain Search and Rescue* (MOSAR) sekiranya terdapat kecemasan. MOSAR mampu membawa turun pendaki dalam tempoh 2 jam pada waktu siang dan 6 jam pada waktu malam dari Panalaban (3,272m) ke Timpohon Gate (1,866m), sejauh 6km. Mereka sangat berpengalaman dan mempunyai penyatuan minda, badan, dan alam yang membolehkan kaki mereka bergerak di atas permukaan bumi yang sukar tanpa letih dan perlu berfikir.

Langkah-Langkah Pencegahan Semasa Pendakian

Pendakian secara beransur-ansur

Pendakian secara beransur-ansur atau *gradual ascent* adalah strategi yang paling berkesan untuk mencegah penyakit altitud tinggi. Pendakian secara beransur-ansur adalah berjalan beberapa langkah (i.e. 20 – 50 langkah) dan berhenti seketika sambil menghela nafas dua, terutamanya di laluan yang agak menegak. Kekerapan menggunakan strategi

ini adalah bergantung kepada tahap kecergasan fizikal seorang pendaki. Berhenti rehat yang lebih lama boleh dilakukan di pondok-pondok rehat di setiap 1 km perjalanan ke Gunung Kinabalu. Pun begitu, rehat di pondok-pondok yang disediakan juga tidak boleh terlalu lama, dihadkan kepada 3-5 min sahaja. Rehat yang lebih lama dari ini akan menyebabkan seseorang pendaki merasa sukar untuk meneruskan perjalanan ke lokasi seterusnya.

Selain itu, pendakian dengan langkah pendek-pendek adalah kunci untuk menyesuaikan diri dengan baik di altitud tinggi. Langkah pendek setapak-tapak bagaikan seorang model melangkah adalah rentak mendaki yang selesa. Jika seorang pendaki boleh mendaki sambil berbual dengan mudah tanpa rasa mengah, pendakian ini adalah di zon pembakaran lemak di mana lemak dibakar sebagai sumber utama tenaga.⁴⁴ Seseorang boleh memanjangkan saiz langkah, mengikut kemampuan masing-masing, hingga bernafas seperti hampir mencungap dan rasa mengah hinggakan perbualan menjadi sepatah-patah. Pada keadaan ini, jantung berdenyut dalam zon aerobik. Fasa ini meningkatkan kecekapan pengambilan dan penggunaan oksigen dengan setiap pusingan nafas serta menggunakan lemak lebih berbanding glukosa sebagai sumber bahan bakar untuk penghasilan tenaga.

Adalah amat penting seseorang mengetahui zon aerobik kadar denyutan jantung masing-masing kerana ianya berkurangan dengan umur. Zon aerobik kadar denyutan jantung adalah 70% - 80% daripada kadar denyutan jantung maksimum dan mungkin akan terdapat variasi berbanding setiap individu.⁴⁵ Formula yang biasa digunakan untuk mengira kadar denyutan jantung maksimum adalah 220 tolak umur. Namun begitu, terdapat formula yang lebih tepat iaitu $208 - (0.7 \times \text{umur})$.^{46,47} Contoh jika pendaki adalah berumur 48 tahun, kadar denyutan jantung maksimum adalah $208 - (0.7 \times 48) = 174$ denyutan/minit. Maka, zon aerobik kadar denyutan jantung adalah 122 – 139 denyutan/minit. Jadi setiap langkah pendakian, pastikan ianya dalam lingkungan zon aerobik kadar denyutan jantung agar kecekapan sistem jantung dan paru-paru untuk membekalkan oksigen untuk penghasilan tenaga dengan berkesan sepanjang pendakian.

Pendaki kali pertama perlu memahami bahasa badan kerana tempoh pendakian adalah lama tanpa rehat yang panjang. Mendaki gunung bukan satu perlumbaan untuk menunjukkan kepantasan masa sampai ke lokasi tertentu. Ia merupakan seni berkenaan keseimbangan zon pembakaran lemak-aerobik kadar denyutan jantung, teknik pernafasan, rejim mendaki-rehat, hidrasi, dan elektrolit. Kekejangan otot kerap berlaku walaupun pendaki tersebut adalah cergas fizikal. Dehidrasi menyebabkan darah menjadi lebih pekat, mengurangkan kelajuan aliran darah ke sistem otot

dengan berkesan. Ditambah pula dengan kekurangan oksigen serta kekurangan elektrolit kerana pepelukan sepanjang perjalanan, kekejangan otot mudah berlaku terutamanya semasa rehat.⁴⁸ Kekejangan otot ini boleh berlaku di semua jenis otot, tetapi otot betis sering memberi impak yang nyata kepada pendaki. Jika ini berlaku, bangun dan buat regangan serta berjalan. Semasa melakukan regangan otot, buat urutan ringan di tempat yang sakit dengan kedua-dua belah tangan untuk mengurangkan kekejangan.

Memaksa diri melepasi had kemampuan fizikal boleh menjejaskan kesihatan. Rhabdomyolysis, yang disebabkan oleh aktiviti fizikal melampau had kemampuan semasa boleh mengakibatkan sel-sel otot rosak.⁴⁹ Apabila ini berlaku, protein myoglobin dilepaskan ke dalam aliran darah. Jika myoglobin dilepaskan dalam kuantiti yang banyak melebihi kemampuan buah pinggang untuk menapisnya, protein tersebut tidak dapat ditapis dari darah dengan cukup cepat dan melambatkan pembuangannya dari sistem buah pinggang melalui kencing. Keadaan ini memberikan tekanan tambahan kepada buah pinggang, menjadi punca kegagalan fungsi buah pinggang yang boleh membawa maut.

Kekalkan status hidrasi

Pendaki perlu mengekalkan status hidrasi dengan kerap meminum air tanpa menunggu merasa haus. Signal haus ini muncul apabila badan telah kehilangan 1-2% cecair badan atau setelah dehidrasi terjadi.⁴⁰ Rasa haus ini tidak lagi sensitif kepada pendaki yang berusia 50 tahun ke atas atau mendaki di persekitaran suhu yang sejuk. Jumlah tambahan yang perlu diminum oleh pendaki adalah 1L hingga 1.5L sehari semasa pendakian. Ini adalah kerana kelembapan lebih rendah pada altitud yang lebih tinggi seterusnya peluh menyejat dengan cepat. Seorang pendaki mungkin tidak menyedari berapa banyak air yang hilang semasa pendakian. Tahap oksigen yang lebih rendah juga membuatkan seorang bernafas lebih dalam dan laju menyebabkan kehilangan lebih banyak air melalui pernafasan.⁸ Jika berat badan 80kg, jumlah air yang perlu diambil adalah 4.5L hingga 5L. Amat berat untuk memikul jumlah bekalan air ini semasa pendakian. Pendaki boleh membawa penuras air mini sebagai alternatif jika was-was terhadap kualiti air di gunung atau merasa risau jika terdapat reaksi tertentu apabila minum air dari gunung.

Walaupun minum air yang mencukupi amat ditekankan, minum terlalu banyak boleh berbahaya kerana ia boleh mencairkan paras garam natrium badan yang mungkin telah tersedia kurang disebabkan oleh perpelehan yang melampau. Kekurangan garam sodium boleh membawa kepada kelesuan tubuh badan, kekeliruan dan sawan, mimik penyakit altitud, di samping membuatkan gejala sakit kepala menajdai lebih teruk.⁴¹ Disarankan,

minum air seteguk dua demi membasahkan tekak dan mulut setiap 20 minit pendakian. Air isotonik juga boleh diambil untuk memastikan keseimbangan elektrolit dalam badan jika terdapat keperluan yang melampau.³⁹ Hidrasi optima telah tercapai jika air kencing kekal berwarna jernih atau kekuningan sedikit.

Pengambilan minuman yang mengandungi kafein adalah tidak digalakkan kerana kafein mempunyai kesan diuretik, yang akan meningkatkan lagi kehilangan air dan elektrolit. Namun dapatan kajian terbaru,⁵⁰ kesan tersebut adalah minor jika pemakanan yang betul diamalkan sebelum aktiviti fizikal. Malah kehadiran kafein dalam minuman isotonik merupakan penggalak untuk tenaga jika ianya diminum dalam kuantiti yang sederhana.

Ubatan profilaksis

Ubat profilaksis tidak semestinya perlu diambil oleh semua pendaki. Semasa konsultasi pra-pendakian bersama doktor perubatan, penilaian risiko berdasarkan profil pendakian akan menentukan keperluan ubat profilaksis.⁶ Terdapat dua jenis ubat profilaksis untuk AMS dan HACE yang digunakan, iaitu acetazolamide dan dexametason. Oral Acetazolamide adalah ubat pilihan utama di mana dos sebanyak 125mg setiap 12 jam diambil pada waktu malam sebelum pendakian bermula pada esok harinya.^{6,38} Dos ubat ini diteruskan selama dua hingga empat hari untuk pendaki yang menuju puncak kurang dari 5000m berdasarkan kepatuhan kadar pertambahan altitud per hari. Ubat ini mempercepatkan aklimatisasi dengan merencat enzim karbonik anhidrase, menyebabkan perkumuhan bikarbonat meningkat, seterusnya mencetuskan asidosis metabolik ringan yang merangsang pernafasan dan meningkatkan pengambilan oksigen. Pun begitu, kesan sampingan acetazolamide mimik penyakit altitud seperti pening, mabuk, mengantuk, hilang selera makan, loya, muntah dan cirit-birit. Kehadiran kesan sampingan ini mengelirukan jenis tindakan yang perlu dilakukan untuk mengatasinya. Oral dexamethasone 2mg atau 4mg, masing-masing, bagi setiap 6 jam atau 12 jam adalah alternatif pilihan sekiranya pendaki tidak serasi dengan acetazolamide.

Ubat profilaksis bagi HAPE berbeza berbanding untuk AMS dan HACE dan hanya perlu diberi kepada pendaki yang pernah mempunyai sejarah HAPE. Nifedipine adalah ubat pilihan untuk mencegah HAPE.⁶ Oral nifedipine 30mg dengan formula extended-release diberi setiap 12 jam dan perlu dimulakan sebelum pendakian dan diberhentikan setelah aktiviti penurunan dari gunung bermula.

Langkah-Langkah Pencegahan Selepas Pendakian

Menjalani pemeriksaan kesihatan pasca pendakian Pendaki yang mempunyai masalah kesihatan semasa mendaki dinasihatkan untuk menjalani pemeriksaan kesihatan pasca pendakian. Ia penting untuk membandingkan parameter fizikal pasca- dan pra-pendakian. Pendaki yang mengalami penyakit altitud juga disarankan berbuat yang sama kerana perubahan disebabkan oleh altitud mengambil masa 1 hingga 2 minggu untuk kembali seperti asal. Data pemeriksaan ini juga memberi maklumat kepada pendaki untuk menilai risiko sendiri untuk pendakian pada masa hadapan. Bukan itu sahaja, *high altitude de-acclimatization syndrome (HADAS)* juga boleh dikesan. Ia merupakan keadaan fisiologi yang kompleks selepas pulang dari altitud tinggi merangkumi gejala neurologi, pernafasan, jantung, dan usus. Gejala ini muncul kerana sistem fisiologi mengangap persekitaran yang kaya oksigen merupakan toksik setelah adaptasi kepada persekitaran oksigen tipis untuk jangka masa tertentu. Antaranya adalah gangguan kualiti tidur, hilang ingatan, sakit kepala, sakit tekak, berkahak, batuk, dada rasa menjerut, gangguan selera makan, cirit-birit, sakit perut, kembung perut, sakit sendi, and sakit belakang⁵¹. Gejala ini boleh diperhatikan selama 100 hari atau lebih selepas pulang ke altitud yang lebih rendah⁵².

RUMUSAN

Aktiviti pendakian di altitud tinggi mampu memberikan keseronokan, bukannya sebuah tangisan. Setiap pendaki yang ingin menawan gunung altitud tinggi seperti Gunung Kinabalu perlu fahami risiko penyakit altitud tinggi. Langkah pencegahan yang bersesuaian dan mencukupi bukan sahaja mampu mengurangkan risiko penyakit altitud tinggi, tetapi berjaya menawan puncak Gunung Kinabalu dan pulang dengan selamat. Segalanya terletak di tangan pendaki itu sendiri untuk membuat pilihan.

RUJUKAN

1. Sabah Parks. Sabah Parks Dashboard Statistic. 2024.
2. Su Lan Yang, Nor At'fina Ibrahim, Grazele Jenarun, Hounng Bang Liew. Incidence and Determinants of Acute Mountain Sickness in Mount Kinabalu, Malaysia. *High Alt Med Biol.* 2020;21(3):265–72. <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ha.m.2020.0026>
3. Abdullah MA, Yaakob SSN, Ismail MH, Samsudin S, Farizan NH. Mountaineering And Altitude Sickness: A Study of AMS Prevalence among Climbers of Mount Kinabalu, Malaysia. *Malaysian J Med Heal Sci.* 2023;19(1):10–6.
4. Burtcher M, Hefti U, Hefti JP. High-

- altitude illnesses: Old stories and new insights into the pathophysiology, treatment and prevention. *Sport Med Heal Sci*. 2021;3(2):59–69.
5. Subudhi AW, Roach RC. Endurance performance at altitude. *Curr Sports Med Rep*. 2008 Jan;7(1):6–7.
6. Luks AM, Beidleman BA, Freer L, Grissom CK, Keyes LE, McIntosh SE, et al. Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Prevention, Diagnosis, and Treatment of Acute Altitude Illness: 2024 Update. *Wilderness Environ Med*. 2023;35(December 2022):2–19.
7. Prince TS, Thurman J, Huebner K. Acute Mountain Sickness. StatPearls Publishing LLC. 2023. Accessed August 7, 2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430716/>
8. Roach RC, Lawley JS, Hackett PH. High-Altitude Physiology. In: Auerbach PS, Cushing TA, Harris NS, editors. *Auerbach's Wilderness Medicine*. 7th Editio. Philadelphia: Elsevier. 2017.
9. Luks AM. Physiology in Medicine: A physiologic approach to prevention and treatment of acute high-altitude illnesses. *J Appl Physiol*. 2015;118(5):509–19.
10. Nedea D. Alveolar Gas Equation Calculator. MDApp. 2017. Accessed May 23, 2023. <https://www.mdapp.co/alveolar-gas-equation-calculator-249/>
11. Szyk B. Air Pressure at Altitude Calculator.
12. Pamula H. Vapor Pressure of Water Calculator.
13. National Geographic Society. Altitude. 2022. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/altitude/>
14. Carreau A, Hafny-Rahbi B El, Matejuk A, Grillon C, Kieda C. Why is the partial oxygen pressure of human tissues a crucial parameter? Small molecules and hypoxia. *J Cell Mol Med*. 2011;15(6):1239–53.
15. Sharma S, Hashmi MF. Partial Pressure Of Oxygen . In: StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing. 2022.
16. Davis C, Hackett P. Advances in the Prevention and Treatment of High Altitude Illness. *Emerg Med Clin North Am*. 2017;35(2):241–60.
17. Johnson NJ, Luks AM. High-Altitude Medicine. *Med Clin North Am*. 2016;100(2):357–69.
18. Hackett P, Shlim D. High Elevation Travel & Altitude Illness . In: Nemhauser JB, editor. *CDC Yellow Book*. Oxford University Press. 2024.
19. Luks AM. Altitude Illness . MSD Manual Professional Version. 2022.
20. Roach RC, Hackett PH, Oelz O, Bärtsch P, Luks AM, MacInnis MJ, et al. The 2018 lake louise acute mountain sickness score. *High Alt Med Biol*. 2018;19(1):4–6.
21. Gonzalez Garay AGG, Molano Franco D, Nieto Estrada VH, Martí-Carvajal AJ, Arevalo-Rodriguez I. Interventions for preventing high altitude illness: Part 2. Less commonly-used drugs. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;2018(3).
22. Hackett PH, Luks AM, Lawley JS, Roach RC. High-Altitude Medicine and Pathophysiology. In: Auerbach's Wilderness Medicine. 7th Editio. Philadelphia: Elsevier. 2017.
23. Narvaez-Guerra O, Herrera-Enriquez K, Medina-Lezama J, Chirinos JA. Systemic hypertension at high altitude. *Hypertension*. 2018;72(3):567–578. <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11140>
24. Chen R, Ye X, Sun M, Yang J, Zhang J, Gao X, et al. Blood Pressure Load: An Effective Indicator of Systemic Circulation Status in Individuals With Acute Altitude Sickness. *Front Cardiovasc Med*. 2022.
25. Gilbert-Kawai E, Martin D, Grocott M, Levett D. High altitude-related hypertensive crisis and acute kidney injury in an asymptomatic healthy individual. *Extrem Physiol Med*. 2016;5(10).
26. Jean D, Leal C, Kriemler S, Meijer H, Moore LG. Medical recommendations for women going to altitude. *High Alt Med Biol*. 2005;6(1):22–31.
27. Olesen J, Bes A, Kunkel R, Lance JW, Nappi G, Pfaffenrath V, et al. The International Classification of Headache Disorders, 3rd edition (beta version). *Cephalalgia*. 2013;33(9):629–808.
28. Basnyat B, Wu T, Gertsch JH. Neurological Conditions at Altitude That Fall Outside the Usual Definition of Altitude Sickness. *High Alt Med Biol*. 2004;5(2):171–9.
29. Han C, Zheng XX, Zhang WF. High altitude retinopathy: An overview and new insights. *Travel Med Infect Dis*. 2024;58:102689.
30. Luks AM, Hackett PH. High Altitude and Preexisting Medical Conditions. In: Auerbach's Wilderness Medicine. 7th editio. Philadelphia: Elsevier. 2017.
31. Samoilov AS, Rylova N V., Bolshakov I V., Kazakov VF. Prevention and treatment of altitude disease. *Med Katastr*. 2021;2021(2):55–8.
32. Luks AM, Hackett PH. Medical Conditions and High-Altitude Travel. *N Engl J Med*. 2022;386(4):364–73.
33. Herrmann SD, Willis EA, Ainsworth BE, Barreira T V., Hastert M, Kracht CL, et al.

- 2024 Adult Compendium of Physical Activities: A third update of the energy costs of human activities. *J Sport Heal Sci.* 2024;13(1):6–12.
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2095254623001084>
34. Compendium of Physical Activities. Walking 2024. Adult Compendium of Physical Activities. 2024.
35. Wood R. 2.4km/1.5mile Cooper Run Test. 2023. Accessed Mar 17, 2023. <https://www.topendsports.com/testing/tests/2-4-km-run.htm>,
36. Aaboe J, Bliddal H, Messier SP, Alkjær T, Henriksen M. Effects of an intensive weight loss program on knee joint loading in obese adults with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartil.* 2011;19(7).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1063458411001014>
37. Schwameder H, Roithner R, Burgstaller R, Müller E. Knee joint forces in uphill, downhill and level walking. In: 18th Congress of the International Society of Biomechanics (ISB). Zurich. 2001.
38. Berger MM, Schiefer LM, Treff G, Sareban M, Swenson ER, Bärtsch P. Acute high-altitude illness: Updated principles of pathophysiology, prevention, and treatment. *Dtsch Z Sportmed.* 2020;71(11–12):267–74.
39. National Coordinating Committee on Food and Nutrition. Malaysian Dietary Guideline 2020. Putrajaya; 2021.
40. Kenefick RW, Cheuvront SN, Leon LR, O'brien KK. Dehydration and Rehydration. In: Auerbach M, editor. *Auerbach's Wilderness Medicine.* 7th Editio. Philadelphia: Elsevier. 2017;2031–43.
41. Jonczyk A, Kafara Z, Baranowska W, Jurczak D. Prevention of Acute Mountain Sickness (Ams) With Particular Emphasis on Hydration: a Review. *J Kinesiol Exerc Sci.* 2023;33(103):35–41.
42. Kitayama K, Ando S, Repin R, Nais J. Vegetation and climate of the summit zone of Mount Kinabalu in relation to the Walker circulation. *Arctic, Antarct Alp Res.* 2014 Nov;46(4):745–53.
43. World Health Organization. Radiation: Ultraviolet (UV) radiation. World Health Organization. 2016.
44. Reed JL, Pipe AL. The talk test: A useful tool for prescribing and monitoring exercise intensity. *Curr Opin Cardiol.* 2014;29(5):475–80.
45. Carey DG. Quantifying differences in the “fat burning” zone and the aerobic zone: Implications for training. *J Strength Cond Res.* 2009;23(7):2090–5.
46. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001 Jan;37(1):153–6.
47. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 11th ed. Liguori G, Feito Y, Fountaine C, Roy BA, editors. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2022.
48. Maughan RJ, Shirreffs SM. Muscle Cramping During Exercise: Causes, Solutions, and Questions Remaining. Vol. 49, *Sports Medicine.* Springer. 2019;115–24.
49. Furman J. When exercise causes exertional rhabdomyolysis. *J Am Acad Physician Assist.* 2015;28(4):38–43.
50. Zhang Y, Coca A, Casa DJ, Antonio J, Green JM, Bishop PA. Caffeine and diuresis during rest and exercise: A meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2015;18(5):569–74.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4725310/>
51. Tan Z, Shen P, Wen Y, Sun H yu, Liang H yin, Qie H ji, et al. Assessment of metabolomic variations among individuals returning to plain areas after exposure to high altitudes: a metabolomic analysis of human plasma samples with high-altitude de-acclimatization syndrome. *Front Mol Biosci.* 2024;19;11.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmolb.2024.1375360/full>
52. Paul S, Jain S, Gangwar A, Mohanty S, Khan N, Ahmad Y. Quantifying systemic molecular networks affected during high altitude de-acclimatization. *Sci Rep.* 2023;13(1):14768.
<https://www.nature.com/articles/s41598-023-40576-w>.