

*Anna Hartman-Ksycińska<sup>1</sup>, Jolanta Kluz-Zawadzka<sup>2</sup>, Bogumił Lewandowski<sup>3</sup>*

## HIGH ALTITUDE ILLNESS

## CHOROBA WYSOKOŚCIOWA

<sup>1</sup>Provincial Clinical Hospital No 1 in Rzeszów

<sup>2</sup>University of Rzeszów

Institute of Obstetrics and Medical Rescue

<sup>3</sup>Chair of Medical Rescue

<sup>1</sup>Kliniczny Szpital Wojewódzki w Rzeszowie

<sup>2</sup>Uniwersytet Rzeszowski

Instytut Położnictwa i Ratownictwa Medycznego

<sup>3</sup>Katedra Ratownictwa Medycznego

### ABSTRACT

High-altitude illness is a result of prolonged high-altitude exposure of unacclimatized individuals. The illness is seen in the form of acute mountain sickness (AMS) which if not treated leads to potentially life-threatening high altitude pulmonary oedema and high-altitude cerebral oedema. Medical problems are caused by hypobaric hypoxia stimulating hypoxia-inducible factor (HIF) release. As a result, the central nervous system, circulation and respiratory system function impairment occurs. The most important factor in AMS treatment is acclimatization, withdrawing further ascent and rest or beginning to descent; oxygen supplementation, and pharmacological intervention, and, if available, a portable hyperbaric chamber.

Because of the popularity of high-mountain sports and tourism better education of the population at risk is essential.

**Key words:** *high altitude illness, acute mountain sickness, high-altitude cerebral oedema, high-altitude pulmonary oedema.*

### STRESZCZENIE

Choroba wysokościowa jest reakcją organizmu ludzkiego na przedłużone przebywanie na wysokości powyżej 2000 m n.p.m. przy braku odpowiedniej aklimatyzacji. Choroba występuje pod postacią zespołu objawów określanych mianem ostrej choroby górskiej prowadzącej – przy braku leczenia – do potencjalnie śmiertelnych następstw, jakimi są wysokościowy obrzęk płuc i wysokościowy obrzęk mózgu. Przyczyną występowania objawów chorobowych jest niskie ciśnienie parcjalne tlenu prowadzące do uwolnienia działającego na poziomie komórki czynnika indukowanego hipoksją odpowiedzialnego za wystąpienie zaburzeń czynności przede wszystkim ośrodkowego układu nerwowego, układu krążenia i układu oddechowego.

Kluczową rolę w zapobieganiu wystąpieniu choroby wysokościowej odgrywa powolna, systematyczna aklimatyzacja, zaprzestanie zdobywania wysokości lub jej obniżenie w razie wystąpienia objawów oraz pomocnicze stosowanie tlenu i leków i, jeśli jest dostępna, a zejście nie jest możliwe, przenośnej komory hiperbarycznej.

Z uwagi na coraz większą popularność sportów i turystyki w środowisku wysokogórskim konieczna jest szersza edukacja grup ryzyka.

**Słowa kluczowe:** *choroba wysokościowa, ostra choroba wysokościowa, wysokościowy obrzęk płuc, wysokościowy obrzęk mózgu, aklimatyzacja, hipoksja hiperbaryczna, czynnik indukowany hipoksją*

## INTRODUCTION

High altitude illness also known as acute mountain sickness, is a heterogeneous disease entity covering a wide range of symptoms that impair or prevent high-altitude exposure to athletes, tourists, airmen and people periodically performing professional duties in such conditions e.g. soldiers. It also relates to, albeit in a different form, people living from birth at high altitudes, especially in the Andes and Tibet.

Poland lacks high mountain ranges and the highest peak in the Tatra Mountains – Rysy is only 2499 meters above sea level therefore the problem of high altitude sickness virtually does not occur. However, knowledge of the symptoms of high altitude illness, its pathophysiology, prevention and treatment is also necessary to Polish doctors and paramedics. due to the current popularity of foreign mountaineering. Doctors and paramedics who take part in tourist trips, skiing and climbing in the Alps, the Caucasus, the Andes and the Himalayas may witness mountain sickness or be required to assist the person affected.

The most common form of illness in case of no prior acclimatization to high altitude is acute mountain sickness (AMS). The first phase of the condition is not directly life threatening, however, its longer duration may lead to potentially lethal conditions: high altitude pulmonary oedema (HAPE) and high altitude cerebral oedema (HACE).

The pace of symptom aggravation, their severity and effects depend on both the altitude and the additional factors: age and health, the pace with which this altitude has been reached, the time spent there, general health, amount of physical exertion, the degree of hydration and medication.

Moreover, alpine environment carries a number of other threats: low temperatures, intense ultraviolet radiation, a large loss of fluids by the respiratory system and the skin (1-4).

The areas located above 1,500 meters above sea level are considered high altitude environment, while very high altitude environment is the height of 3500 m above the sea level up to 5500 m above sea level and the area located above 5500 m asl is known as an extreme height zone.

Particularly at risk of high altitude illness are those who quickly move from the plains to high altitude, in other words, cover in a short time a large difference in relative altitude. This happens e.g. in Japan, where in a short time, people get by car from sea level to 2/3 of the height of Fuji volcano and experience symptoms of acute mountain sickness already at 2440 m above the sea level. The other example is a quick climbing route on Mount Blanc from the French side - from the altitude of about 1050 meters above sea level within

## WSTĘP

Choroba wysokościowa, zwana również chorobą górską, jest jednostką niejednorodną, obejmującą szerokie spektrum objawów upośledzających lub uniemożliwiających przebywanie na dużej wysokości sportowcom, turystom, lotnikom i ludziom okresowo wykonującym w takich warunkach obowiązki zawodowe, jak np. żołnierzom. Dotyczy ona również, choć w innej formie, ludzi zamieszkałych od urodzenia w warunkach wysokogórskich, szczególnie w Andach i Tybecie.

Polska pozbawiona jest wysokich pasm górskich, a najwyższy szczyt Tatr – Rysy – ma wysokość zaledwie 2499 m n.p.m., co sprawia, że na terenie naszego kraju praktycznie nie spotykamy się z problemem choroby wysokościowej. Jednak z uwagi na popularność zagranicznej turystyki górskiej znajomość objawów choroby wysokogórskiej, jej patofizjologii, profilaktyki i leczenia potrzebna jest również polskim ratownikom medycznym. Ratownicy, którzy są uczestnikami wyjazdów turystycznych, narciarskich i wspinaczkowych w Alpy, Kaukaz, Andy i Himalaje, mogą zetknąć się z chorobą górską osobiście lub stanąć wobec konieczności udzielenia pomocy osobie nią dotkniętej.

Najczęstszą formą zachorowania w warunkach braku aklimatyzacji do dużej wysokości jest ostra choroba górską (*acute mountain sickness – AMS*). W pierwszej fazie choroba nie zagraża bezpośrednio życiu, może jednak przy dłuższym trwaniu prowadzić do stanów potencjalnie śmiertelnych: wysokościowego obrzęku płuc (*high altitude pulmonary oedema – HAPE*) i wysokościowego obrzęku mózgu (*high altitude cerebral oedema – HACE*).

Szybkość narastania objawów choroby, ich nasilenie i skutki zależą zarówno od osiągniętej wysokości, jak i od dodatkowych czynników: wieku i stanu zdrowia, szybkości, z jaką ta wysokość została osiągnięta, czasu przebywania na niej, ogólnego stanu zdrowia, obciążenia wysiłkiem fizycznym, stopnia nawodnienia, przyjmowanych leków.

Ponadto środowisko wysokogórskie niesie szereg innych zagrożeń: niską temperaturę, intensywne promieniowanie ultrafioletowe, dużą utratę płynów spowodowaną stratami przez drogi oddechowe i skórę.(1-4).

Za środowisko wysokościowe uważa się tereny położone powyżej 1500 m n.p.m.; za bardzo dużą wysokość uważa się wysokość od 3500 m n.p.m. do 5500 m n.p.m., a tereny położone powyżej 5500 m n.p.m. określa się mianem wysokości ekstremalnej.

Szczególnie zagrożone wystąpieniem choroby wysokościowej są osoby, które w krótkim czasie przeniosły się z nizin na dużą wysokość, inaczej mówiąc pokonały w krótkim czasie dużą różnicę wysokości względnej. Dzieje się tak np. w Japonii, gdzie w ciągu krótkiego czasu ludzie wjeżdżają samochodem z poziomu morza do 2/3 wysokości wulkanu Fuji i doświadczają objawów choroby wysokościowej już na 2440 m n.p.m. Innym przykładem

several hours one can reach the top at the altitude of 4810 m, and so cover elevation difference of over 3500 m. Therefore, a picture of tourists suffering from high altitude illness at Vallot shelter located at Mount Blanc are quite frequent. The same happens on the trekking route on Mount Everest, where tourists are taken by plane at the altitude of 2860 m above the sea level at the airport in Lukla for convenience and start climbing from that point. After moving suddenly by plane at the altitude as 2860 meters, which is relatively not so high, many people experience acute mountain sickness symptoms. Similar experiences have also participants of trips to the mountainous South American countries. Just staying in the Peruvian Cuzco (3360 m asl) can contribute to the onset of the first symptoms of high altitude illness, and often it is only an introduction to mountain trekking.

People permanently living at high altitudes (mainly in Tibet and the Andes) experience chronic high altitude illness and high altitude induced pulmonary hypertension (4-6).

Therefore, knowledge of the causes and symptoms of high altitude illness may turn out to be useful.

Especially important is the awareness that prevention is most important and treatment has symptomatic character and, if it is not combined with rapid lowering of the height then it is not very effective.

#### PATHOPHYSIOLOGY OF HIGH ALTITUDE ILLNESS

The occurrence of symptoms associated with high altitude is a result of low partial pressure of oxygen. The percentage of oxygen in inhaled air remains the same - 0.21 (21%) - but as atmospheric pressure decreases, the partial pressure of oxygen also decreases. The partial pressure of oxygen at the sea level is 149 mm Hg and at the altitude of 4000 m above the sea level is only 86.4 mm Hg which is equivalent to breathing a gas mixture of 12 percent oxygen (1,2,4).

The human body is able to adapt to the environment with reduced oxygen content, if the process of so-called slow acclimatization is facilitated. So, while a sudden rapid transfer of a man from the sea level to the summit of Mount Everest (8848 m above sea-level) would cause immediate loss of consciousness and death within a short time, an acclimatized climber is able to reach the summit (and go down) without the use of supplemental oxygen.

The process of acclimatization launches a number of physiological mechanisms increasing the oxygen supply to the cells and facilitating tolerance of some degree of hypoxia.

jest szybkie wejście na Mount Blanc od strony francuskiej - z wysokości ok 1050 m n.p.m w ciągu kilkunastu godzin można osiągnąć szczyt o wysokości 4810 m., a więc pokonać przewyższenie ponad 3500 m. Dlatego w położonym pod szczytem Mount Blanc schronisku Vallota na porządku dziennym jest widok cierpiących z powodu choroby wysokościowej turystów. Podobnie dzieje się na trasie trekkingu pod Mount Everest, gdzie ułatwieniem dla turystów jest dołot samolotem na położone na wysokości 2860 m n.p.m. lotnisko w Lukli, skąd zaczyna się piesza część wyprawy. Po nagłym przeniesieniu się drogą lotniczą na tak niewielką relatywnie wysokość, jak 2860 m, wiele osób doznaje objawów chorobowych. Podobne doświadczenia mają uczestnicy wycieczek do górzystych krajów Ameryki Południowej. Samo przebywanie w peruwiańskim Cuzco (3360 m n.p.m.) może przyczynić się do wystąpienia pierwszych objawów choroby wysokościowej, a często jest to dopiero wstęp do górskiego trekkingu.

Ludzie na stałe mieszkający na dużych wysokościach (głównie w Tybecie i Andach) doświadczają przewlekłej choroby wysokościowej oraz wywołanego wysokością nadciśnienia płucnego (4-6).

Znajomość przyczyn i objawów choroby wysokościowej może więc okazać się bardzo potrzebna. Szczególnie ważna jest świadomość, że najważniejsze jest zapobieganie, a samo leczenie ma charakter objawowy i, jeśli nie jest połączone z szybkim obniżeniem wysokości, na której przebywa chory, nie jest bardzo skuteczne.

#### PATOFIZJOLOGIA CHOROBY WYSOKOŚCIOWEJ

Występowanie objawów chorobowych związanych z wysokością spowodowane jest niskim ciśnieniem parcjalnym tlenu. Procentowy udział tlenu we wdychanym powietrzu pozostaje taki sam - 0,21(21%) - ale wraz ze spadkiem ciśnienia atmosferycznego obniża się też ciśnienie parcjalne tlenu, które na poziomie morza wynosi 149 mm Hg, a na wysokości 4000 m n.p.m. już tylko 86,4 mm Hg, co stanowi równoważnik oddychania mieszaniną gazów o 12-procentowej zawartości tlenu. (1,2,4).

Organizm ludzki jest w stanie zaadaptować się do środowiska o zmniejszonej zawartości tlenu, jeśli umożliwi się mu proces tak zwanej powolnej aklimatyzacji. Tak więc, gdy nagle szybkie przeniesienie człowieka z poziomu morza na szczyt Mount Everest (8848 m n.p.m.) spowodowałoby natychmiastową utratę przytomności i zgon w ciągu krótkiego czasu, zaaklimatyzowany himalaista jest w stanie osiągnąć szczyt (i zejść z niego) bez użycia dodatkowego tlenu.

Proces aklimatyzacji polega na uruchomieniu szeregu mechanizmów fizjologicznych zwiększających dostarczanie tlenu do komórek i ułatwiających tolerancję pewnego stopnia niedotlenienia.

Factor in charge of the response to hypoxia on the cellular level is a recently discovered hypoxia inducible factor (HIF). It modulates the expression of many genes responsible for apoptosis, angiogenesis, metabolism, cell proliferation, and cell membrane permeability. It increases the mass of hemoglobin and enhances the sensitivity of receptors in carotid sinus to hypoxia in case of chronic hypoxia. This factor is produced in a continuous manner, but in normoxia it is immediately destroyed (1).

It is believed that different individual ability to acclimate is genetically determined and depends inter alia on HIF production. Some people acclimatize easily, while others require slow acclimatization in the same conditions consisting of repeated ascents and descents. A small group of people show total inability to acclimatize to the conditions of reduced oxygen content in the air, probably of genetic background, even if they carefully adjust to acclimatization procedure. Factors that reduce the ability of acclimatization are cardiovascular and respiratory conditions.

As altitude increases, atmospheric pressure and oxygen content decrease in the inhaled air, changes occur in almost all organs and systems. Stimulation of the carotid sinus causes an increase in minute ventilation resulting in respiratory alkalosis compensated by the kidneys which increase the secretion of bicarbonate trying to normalize pH in serum. When effect of alkalosis inhibiting ventilation disappears, hyperventilation escalates. Reduction in the partial CO<sub>2</sub> pressure is associated with increased partial O<sub>2</sub> pressure and better oxygenation, therefore hyperventilation is one of the most important factors increasing the partial O<sub>2</sub> pressure (1-4).

Decreased pO<sub>2</sub> causes an increase in the sympathetic nervous system activity causing increase in blood pressure, increased heart rate and increase in cardiac output and increased vessel wall tension. Stroke volume is lower because of reduced plasma volume (it decreases by 12% on the first day), displacement of fluids into the extravascular space and aldosterone suppression. Myocardial ischemia was not observed and echocardiography performed at the high altitude showed a small reduction in the left ventricle volume and slight enlargement of the right ventricle. The increase in the altitude and exertion are accompanied with the increase in pulmonary vascular resistance (1-4).

Cerebral blood flow is a result of vasodilation caused by hypoxia and their constriction due to hypocapnia. When pO<sub>2</sub> is less than 60 mm Hg, cerebral blood flow increases on average by 24%, despite hypocapnia. Interestingly, the mechanism occurs both in men temporarily staying at height and in permanent residents of high mountain regions (1,2).

Czynnikiem odpowiadającym na poziomie komórkowym za odpowiedź na niedotlenienie jest niedawno odkryty czynnik indukowany hipoksją (*hypoxia inducible factor-HIF*). Moduluje on ekspresję licznych genów odpowiadających za apoptozę, angiogenezę, metabolizm, proliferację komórek i przepuszczalność błony komórkowej. Przy przewlekłym niedotlenieniu zwiększa masę hemoglobiny, podnosi też wrażliwość receptorów zatoki tętnicy szyjnej na niedotlenienie. Czynnik ten produkowany jest w sposób ciągły, ale w warunkach normoksji jest natychmiast niszczone(1).

Uważa się, że różna indywidualna zdolność do aklimatyzacji jest uwarunkowana genetycznie i zależy między innymi od produkcji HIF. W tych samych warunkach niektóre osoby aklimatyzują się bez problemu, podczas gdy inne wymagają powolnej aklimatyzacji polegającej na powtarzanych wejściach i zejściach. Nieduża grupa osób wykazuje całkowitą, prawdopodobnie genetyczną niezdolność do zaaklimatyzowania się do warunków o zmniejszonej zawartości tlenu w powietrzu, nawet, jeśli starannie dostosuje się do protokołu aklimatyzacji. Czynnikami zmniejszającymi zdolność aklimatyzacji są choroby układu krążenia i choroby dróg oddechowych.

Wraz ze wzrostem wysokości, spadkiem ciśnienia atmosferycznego i zmniejszaniem się zawartości tlenu we wdychanym powietrzu zachodzą zmiany niemal we wszystkich narządach i układach. Pobudzenie receptorów zatoki szyjnej powoduje wzrost wentylacji minutowej skutkujący zasadniczą oddechową kompensowaną przez nerki, które zwiększają wydzielanie dwuwęglanów próbując normalizować pH surowicy. Gdy znika hamujący wentylację efekt alkalozji, hiperventylacja nasila się. Obniżenie ciśnienia parcjalnego CO<sub>2</sub> wiąże się ze zwiększeniem ciśnienia parcjalnego O<sub>2</sub> i lepszą oksigenacją, tak więc hiperventylacja jest jednym z najważniejszych czynników zwiększających ciśnienie parcjalne O<sub>2</sub> (1,2,3,4).

Obniżone pO<sub>2</sub> powoduje wzrost aktywności układu współczulnego dając wzrost ciśnienia tętniczego, przyspieszenie akcji serca i wzrost rzutu serca oraz wzrost napięcia ściany naczyń żylnych. Objętość wyrzutowa jest niższa z powodu obniżonej objętości osocza (spada ona o 12% w ciągu pierwszej doby), przesunięcia płynów do przestrzeni pozanaczyniowej i supresji wytwarzania aldosteronu. Nie odnotowano niedokrwienia mięśnia sercowego, a badanie echokardiograficzne przeprowadzane na wysokości wykazały niewielkie zmniejszenie objętości lewej komory i niewielkie powiększenie prawej komory serca. Wraz ze wzrostem wysokości i wysiłkiem fizycznym rośnie naczyniowy opór płucny (1,2,3,4).

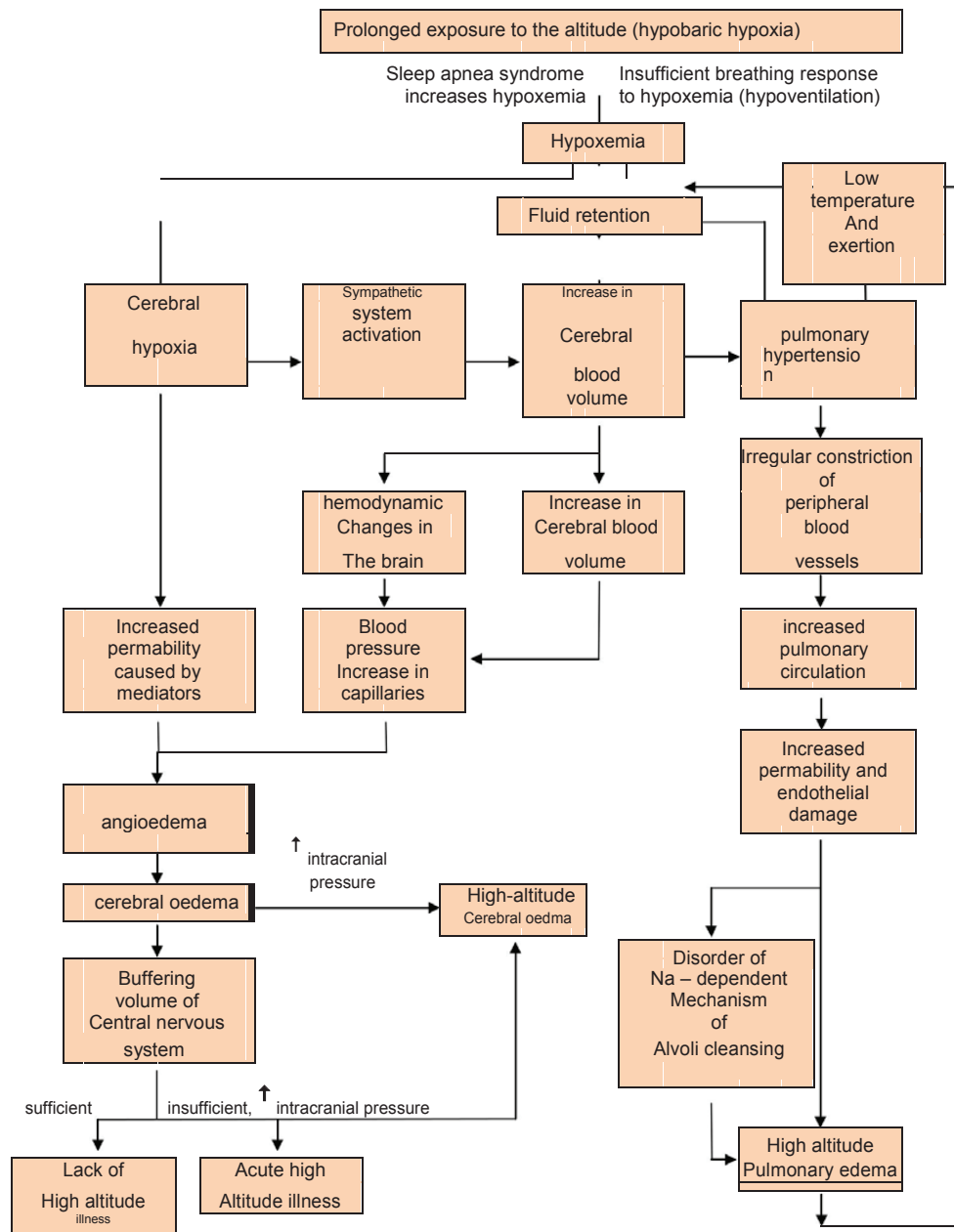


Fig.1. Pathophysiology of altitude illness. Based on (7)  
 Ryc. 1. Patofizjologia choroby wysokościowej. Na podstawie (7)

Increased production of erythropoietin starts in two hours from the ascent to high altitude and in 4-5 days the number of red blood cells and the production of hemoglobin increase. Hypoxemia also moves the curve of hemoglobin dissociation to the right thus facilitating oxygen donation to tissues (1,2).

Pathological symptoms occurring in mountain conditions are a direct consequence of hypobaric hypoxia. The most important factor is the suddenness of hypoxia. High altitude illness occurs primarily as neurological symptoms and pulmonary oedma. The spectrum of neurological symptoms includes cases from light high-altitude headaches through acute mountain sickness to severe symptoms of high-altitude cerebral oedema. The pathogenesis of neurological

Przepływ mózgowy jest wypadkową rozszerzenia naczyń spowodowanego hipoksją i ich obkurczania się spowodowanego hipokapnią. Przy  $pO_2$  niższym niż 60 mm Hg przepływ mózgowy wzrasta średnio o 24% pomimo hipokapni. Co ciekawe, mechanizm ten występuje zarówno u ludzi czasowo przebywających na wysokości, jak i u stałych mieszkańców rejonów wysokogórskich (1,2).

W czasie 2 godzin od wejścia na dużą wysokość rozpoczyna się zwiększona produkcja erytropoetyny i w ciągu 4-5 dni wzrasta liczba krwinek czerwonych oraz produkcja hemoglobiny. Hipoksemia przesuwają również w prawo krzywą dysocjacji hemoglobiny ułatwiając w ten sposób oddawanie tlenu tkankom (1,2).

Patologiczne objawy występujące w warunkach wysokogórskich są bezpośrednim następstwem hipobarycznej hipoksji. Najważniejszym czynnikiem jest nagłość

symptoms remains unknown. It is believed that the acute mountain sickness (AMS) and high altitude cerebral oedema (HACE) are the symptoms of high altitude illness developing continuously, whereas altitude pulmonary oedema has slightly different pathophysiological mechanism (Fig. 1) (4).

The fact that low atmospheric pressure plays an important role in the development of AMS is noteworthy. Experiments with hypoxia on the sea-level did not cause symptoms of AMS, while adding reduced pressure to hypoxia caused high altitude illness (4).

The symptoms of acute high altitude illness occur after a few or several hours of staying at high altitude, while a few days usually pass before the occurrence of high-altitude cerebral or pulmonary oedema. Hypoxemia is caused by low atmospheric pressure and therefore acts on the body from the very beginning. It is believed that it is not the direct cause of high altitude illness, but rather a factor that triggers a series of pathophysiological mechanisms, of which the most important are: cerebral hypoxia resulting in activation of the sympathetic nervous system and peripheral vasoconstriction, fluid retention and increased pulmonary vascular resistance. Cerebral hypoxia and the increase in cerebral blood flow and volume with the increase in the vascular endothelial permeability result in angiogenic cerebral oedema. The increase in resistance within the pulmonary vessels causes a pulmonary hypertension aggravated secondarily by low temperature of environment and physical effort. These factors, together with the activation of the sympathetic system and release of catecholamine lead to endothelial damage and the transfer of fluids into the space inside the alveoli, which causes further damage to the transmembrane Na transport mechanism, impairs alveolar cleansing and results in pulmonary oedema (7).

#### CLINICAL SYMPTOMS OF HIGH ALTITUDE ILLNESS

Risk factors for AMS, HAPE and HACE are: quick ascent, including starting to climb high altitude from a point located at height to which climbers get by air or by car; earlier incident of high altitude illness, HAPE or HACE; climbing up despite signs of poor tolerance of height, insufficient fluid intake, the risk of HAPE is the age above 65 (8).

wystąpienia hipoksji. Choroba wysokościowa ujawnia się głównie w postaci zespołu objawów neurologicznych i obrzęku płuc. Spektrum objawów neurologicznych obejmuje przypadki od lekkiego wysokościowego bólu głowy poprzez ostrą chorobę wysokogórską do ciężkich objawów wysokościowego obrzęku mózgu. Patogeneza objawów neurologicznych pozostaje nieznana. Uważa się, że ostra choroba wysokogórska (AMS) i wysokościowy obrzęk mózgu (HACE) są rozwijającymi się w sposób ciągły objawami choroby wysokościowej, podczas gdy u podłoża wysokościowego obrzęku płuc leży nieco odmienny mechanizm patofizjologiczny (4).

Godne uwagi jest to, że ważną rolę w rozwoju AMS gra niskie ciśnienie atmosferyczne. Eksperymenty ze stosowaniem hipoksji na poziomie morza nie spowodowały wystąpienia objawów AMS, podczas gdy dołączenie do hipoksji obniżonego ciśnienia wywołało objawy choroby wysokościowej (4).

Objawy ostrej choroby wysokościowej pojawiają się już po kilku lub kilkunastu godzinach przebywania na wysokości, podczas gdy do wystąpienia wysokościowego obrzęku mózgu lub płuc mija zwykle kilka dni. Ponieważ hipoksemia spowodowana niskim ciśnieniem atmosferycznym oddziałuje na organizm od pierwszej chwili, uważa się, że nie jest ona bezpośrednią przyczyną choroby wysokościowej, ale raczej czynnikiem spustowym zapoczątkowującym szereg mechanizmów patofizjologicznych, z których najważniejsze to: niedotlenienie mózgu skutkujące aktywacją układu współczulnego i obwodowym zwężeniem naczyń, retencja płynów i wzrost oporu naczyń płucnych. Niedotlenienie mózgu i wzrost mózgowego przepływu i objętości wraz ze wzrostem przepuszczalności śródbłonnków naczyńniowych powodują naczyniopochodny obrzęk mózgu. Wzrost oporu w obrębie naczyń płucnych wywołuje nadciśnienie płucne zaostżrane wtórnie przez niską temperaturę otoczenia i wysiłek fizyczny. Te czynniki w połączeniu z aktywacją układu współczulnego i uwolnieniem katecholamin prowadzą do uszkodzenia śródbłonnków i przesunięcia płynów do przestrzeni wewnątrz pęcherzyków płucnych, w których dodatkowo uszkodzenie przezbłonowego mechanizmu transportu Na upośledza oczyszczanie pęcherzyków i powoduje obrzęk płuc (7).

#### OBJAWY KLINICZNE CHOROBY WYSOKOŚCIOWEJ

Czynnikami ryzyka wystąpienia AMS, HAPE i HACE są: szybkie zdobywanie wysokości, w tym rozpoczęcie wejścia na dużą wysokość od położonego wysoko punktu, do którego wchodzący dostają się drogą lotniczą lub samochodem; przebyty wcześniej incydent choroby wysokościowej, HAPE lub HACE; wchodzenie wyżej pomimo objawów złej tolerancji wysokości, niewystarczające przyjmowanie płynów, dla ryzyka HAPE wiek powyżej 65 roku życia (8).

The risk of AMS starts from exceeding the height of 2500 m above sea level, in case of HAPE it is above 3000 m, and HACE above 4000 m. However, occasional cases of severe symptoms occur even at a lower height. The symptoms of high altitude sickness appear most commonly between 4 and 24 hours of stay at a new height, and in case of HAPE and HACE more than 24 hours.

Symptoms usually culminate between 24th and 48th hour and then gradually decline. Most people affected by this illness no longer experience any symptoms on the third or fourth day, while those whose symptoms do not decline should go lower, because they are at risk of cerebral or pulmonary oedema. Intensive exertion exacerbates the symptoms of high altitude illness (9).

Acute high altitude illness is diagnosed based on the interview confirming climbing higher height and staying there for at least a few hours and the occurrence of clinical symptoms: in the form of headache and at least one of the following: lack of appetite, nausea, emesis, general weakness and fatigue, dizziness or sleep disorders, strong palpitations.

In addition, high altitude retinal hemorrhage may occur at the altitude of 6000 m (rarely lower). It is not directly linked to the onset of AMS symptoms, it is rather believed, that intense physical effort is the cause. Impaired vision resulting from such hemorrhage usually subsides gradually within 2-3 weeks, although the cases of permanent vision impairment were also reported (4, 10, 11).

It should be remembered that chronic conditions aggravation as well as the risk of sudden illness not being any form of high altitude illness but imitation of its symptoms (such as pneumonia) may occur during the stay at high altitude.

Particular attention should be paid when taking the decision about going to alpine environment by people suffering from chronic respiratory diseases - as chronic obstructive pulmonary disease, sleep apnea, asthma, chronic cardiovascular disease - congestive heart failure, coronary artery disease, cardiac arrhythmias and hypertension. The decision about going to high mountains should be taken by them in consultation with their doctor, and possibly the doctor specializing in high altitude medicine. Obvious contraindications include sickle cell disease (especially with a history of a crisis), severe obstructive pulmonary disease, pulmonary hypertension with clinical symptoms and uncompensated congestive heart failure (4, 12).

Women in uneventful pregnancy can stay at moderate altitude safely, but women living in the lowlands are recommended to cautiously take decision about travelling above 4000 m, especially if they had to stay longer at this height. Women in high risk and

Ryzyko wystąpienia AMS rozpoczyna się od przekroczenia wysokości 2500 m n.p.m., HAPE powyżej 3000 m, a HACE powyżej 4000 m; zdarzają się jednak przypadki wystąpienia nawet ciężkich objawów na mniejszej wysokości. Najczęściej objawy choroby wysokościowej pojawiają się pomiędzy 4. a 24 godziną pobytu na nowej wysokości, a HAPE i HACE powyżej 24 godzin.

Objawy zwykle osiągają apogeum pomiędzy 24 a 48 godziną, po czym stopniowo słabną. Większość dotkniętych chorobą w trzecim lub czwartym dniu nie doświadcza już żadnych objawów, natomiast osoby, u których objawy nie słabną powinny zejść niżej, ponieważ znajdują się w grupie ryzyka wystąpienia obrzęku mózgu lub płuc. Intensywny wysiłek fizyczny zaostrza objawy choroby wysokościowej (9).

Do rozpoznania ostrej choroby wysokościowej konieczne są dane z wywiadu potwierdzające aktualne osiągnięcie nowej wysokości i pobyt na tej wysokości co najmniej przez kilka godzin oraz wystąpienie objawów klinicznych: bólu głowy oraz co najmniej jednego z następujących: braku apetytu, nudności, wymiotów, ogólnego osłabienia i zmęczenia, zawrotów głowy lub zaburzeń snu, silnego kołatania serca.

Dodatkowo na wysokości powyżej 6000 m (rzadko na niższej) może wystąpić wysokościowy krwotok do siatkówki (*high-altitude retinal hemorrhage*). Nie jest on bezpośrednio związany z wystąpieniem objawów AMS, uważa się raczej, że wywołuje go intensywny wysiłek fizyczny. Upośledzenie widzenia wywołane takim krwotokiem najczęściej ustępuje stopniowo w ciągu 2-3 tygodni, choć odnotowano przypadki trwałego upośledzenia widzenia (4, 10, 11).

W czasie pobytu na wysokości należy pamiętać o możliwości zaostrzenia się pod wpływem warunków wysokogórskich chorób przewlekłych, oraz o ryzyku zachorowania, które nie jest chorobą wysokościową, choć może imitować jej objawy (jak zapalenie płuc).

Szczególne wagę należy przypisać decyzji o udaniu się w warunki wysokogórskie osób cierpiących na przewlekłe choroby układu oddechowego – jak przewlekła choroba obturacyjna płuc, zespół bezdechu sennego, astma, oraz przewlekłe choroby układu krążenia – zastoinowa niewydolność serca, choroba wieńcowa, zaburzenia rytmu serca czy nadciśnienie. Decyzja o wyjeździe w góry wysokie powinna być przez te osoby podjęta w porozumieniu z lekarzem prowadzącym i ewentualnie lekarzem specjalizującym się w medycynie wysokogórskiej. Do ewidentnych przeciwwskazań należą: niedokrwistość sierpowatokrwinkowa (zwłaszcza z wywiadem przebytych przełomów), ciężka obturacyjna choroba płuc, nadciśnienie płucne z objawami klinicznymi i nieskompensowana zastoinowa niewydolność krążenia (4,12).

complicated pregnancy are strongly discouraged to travel in the high mountains (4).

Far-reaching caution should be exercised in relation to young children. According to Recommendations of the International Society for Mountain Medicine issued in 2001, high altitude sickness is particularly difficult to diagnose in children <3 years, who cannot verbalize symptoms. There is lack of research defining absolutely safe height at which children are permitted without the risk of developing AMS; it is believed that the altitude over 2500 m above the sea level is hazardous. An additional risk factor may be acute or chronic illness of a child. There are no reliable data on the effects of staying at the height of an infants in the first weeks of life, nor studies on the effects of prolonged (a few and more weeks) to stay at the height and overall development of the child, especially the development of the central nervous system and cardiovascular system (13-15). Research on this subject are conducted by the Chinese in Tibet (16). The issue that requires further research are late neuropsychological effects caused by history of high altitude sickness, especially high-altitude cerebral oedema. It was found that ataxia and cognitive impairment may persist up to a year in people who have experienced HACE (2). There are also reports that even a single stay at the altitude of 5000 m can result in prolonged deterioration of memory, concentration and longer time of reaction (17).

#### CONDUCT OF A PERSON WITH SYMPTOMS OF THE ILLNESS

A way of conduct in less severe cases includes withdrawing further ascending, rest, or administration of analgesic to relieve headaches. Drinking fluids regardless of the lack of thirst or nausea is advisable. More severe course may require oxygen therapy, acetazolamide and rapid descent; additionally dexamethasone administration may be necessary in the most severe cases (2,3,8,13).

Descend should be continued until a clear improvement in patient's condition; altitude reduction of approximately 1000 m is usually sufficient. Physical effort should be minimized if possible during the descent. Oxygen should be provided periodically if necessary. In a situation when the way down covers a longer climb, the descent should be given up and one should remain in place (2,3,8,13).

Kobiety w niepowikłanej ciąży mogą bezpiecznie przebywać na umiarkowanej wysokości, ale zaleca się ostrożne podejmowanie decyzji o podróży powyżej 4000 m kobietom mieszkającym na nizinach, zwłaszcza, jeśli miałyby na tej wysokości pozostać dłużej. Zdecydowanie odradza się podróż w góry wysokie kobietom w ciąży zagrożonej i powikłanej (4).

Daleko idącą ostrożność należy zachować w stosunku do najmłodszych dzieci. Zgodnie z wydanymi w 2001 r zaleceniami International Society for Mountain Medicine choroba wysokościowa jest szczególnie trudna do rozpoznania w grupie dzieci <3 lat, które nie potrafią zwerbalizować dolegliwości. Brak badań definiujących absolutnie bezpieczną wysokość, na jakiej mogą przebywać dzieci bez ryzyka rozwinięcia AMS; uważa się, że ryzyko zaczyna być realne powyżej 2500 m n.p.m. Dodatkowym czynnikiem ryzyka mogą być ostre lub przewlekłe choroby dziecka. Nie ma wiarygodnych danych dotyczących skutków przebywania na wysokości niemowląt w pierwszych tygodniach życia, ani badań na temat wpływu przedłużonego (kilka i więcej tygodni) przebywania na wysokości na wzrost i ogólny rozwój dziecka, szczególnie rozwój ośrodkowego układu nerwowego i układu krążenia. (13,14,15). Badania na ten temat prowadzone są przez Chińczyków w Tybecie (16)

Problemem wymagającym dalszych badań są późne skutki neuropsychologiczne spowodowane przebyciem choroby wysokościowej, zwłaszcza wysokościowego obrzęku mózgu. Stwierdzono, że u osób, które doświadczyły HACE nawet do roku może utrzymywać się ataksja oraz zaburzenia poznawcze (2). Istnieją też doniesienia, że nawet pojedynczy pobyt na wysokości powyżej 5000 m może skutkować przedłużonym pogorszeniem pamięci, koncentracji i wydłużeniem czasu reakcji (17).

#### POSTĘPOWANIE Z OSOBĄ Z OBJAWAMI CHOROBY WYSOKOŚCIOWEJ

Postępowanie w lżejszych przypadkach obejmuje zaprzestanie dalszego zdobywania wysokości, odpoczynek, ewentualnie podanie leku przeciwbólowego dla złagodzenia bólu głowy. Wskazane jest przyjmowanie płynów bez względu na brak pragnienia lub nudności. Cięższy przebieg może wymagać zastosowania tlenoterapii, acetazolamidu i szybkiego zejścia; dodatkowo w najcięższych przypadkach może być konieczna podaż dexametasonu (2,3,8,13).

Zejście w dół należy kontynuować aż do uzyskania wyraźnej poprawy stanu chorego; zwykle wystarcza obniżenie wysokości o około 1000 m. W trakcie zejścia należy w miarę możliwości minimalizować wysiłek fizyczny, a jeśli to konieczne, podawać okresowo tlen do oddychania. W sytuacji, gdy droga zejściowa obejmuje dłuższe podejścia, należy zrezygnować z zejścia i pozostać na miejscu (2,3,8,13).



The emergence of a strong headache that cannot be alleviated by analgesic, nausea, emesis, balance disorders, qualitative or quantitative disorders of consciousness, inadequate behavior or loss of consciousness indicate in severe cases the development of HACE. In that case lowering the height is mandatory as soon as possible, protection against hypothermia and exertion, dexamethasone administration (8 mg every 6 h); in severe cases, when a portable hyperbaric chamber is available, it should be applied. However, dyspnea persisting even at rest, tachypnea, cough, chest pain, and in severe cases foamy blood-streaked mucus in the mouth indicate a high altitude pulmonary edema - HAPE.

The patient should be placed in a semi-sitting position, administered oxygen, keep warm, take nifedipine (20 mg every 6 h) and, if the patient's condition allows it, the descent or passive transport down should begin as soon as possible. In the absence of the possibility of descending, if available a portable hyperbaric chamber should be used. Current recommendations do not allow the use of diuretics (8,13).

The best prevention of the high altitude illness is primary prevention: a good fitness preparation, very slow gradual ascent, sufficient fluid intake and energy supply. Under optimum conditions, the first night should be no higher than 3000 m above sea level, and in the following days, achieved elevation should not exceed 300-500 m. After every 2-4 days, the best approach is to spend another 2 nights at the same height - if possible go higher then go back to stay overnight (8,13).

## SUMMARY

The conduct in the prevention and treatment of AMS must be individualized, dependent not only on the somato-psychic condition of the patient, external conditions, but also the possibility of medical, paramedical, third-party assistance.

Dissemination of knowledge about high altitude illness and related threats - in the face of the popularity of alpine tourism and mountaineering - is intended to raise awareness that mountains are not only beautiful, but also dangerous. They require respect and humility, logistic, psychological and fitness preparation.

Preparation for high-altitude expeditions apart from developing of climbing logistics, gathering necessary equipment and fitness preparation should also cover the widest possible knowledge about the possible health hazards, the ways of recognizing the first symptoms and methods of treatment and the

Pojawienie się silnego, niereagującego na leki bólu głowy, nudności, wymiotów, zaburzeń równowagi, jakościowych lub ilościowych zaburzeń świadomości, nieadekwatnego zachowania, a w najcięższych przypadkach utrata przytomności wskazują na rozwój HACE. W tym przypadku wskazane jest bezwzględnie jak najszybsze opuszczenie wysokości, ochrona przed wychłodzeniem i wysiłkiem fizycznym, podaż dexametasonu (8 mg co 6 h); w ciężkich przypadkach, w razie, gdy dostępna jest przenośna komora hiperbaryczna, wskazane jest jej zastosowanie.

Natomiast pojawienie się duszności utrzymującej się nawet w spoczynku, tachypnoe, kaszel, ból w klatce piersiowej, a w najcięższych przypadkach pienista, podbarwiona krwią wydzielina z ust wskazują na wysokościowy obrzęk płuc - HAPE. Pacjenta należy umieścić w pozycji półsiedzącej, podać tlen, okryć, zastosować nifedypinę (20 mg co 6 h) i, jeśli stan pacjenta na to pozwala, jak najszybciej rozpocząć schodzenie lub bierny transport na dół. Przy braku możliwości opuszczenia wysokości można, jeśli jest dostępna, zastosować przenośną komorę hiperbaryczną. Aktualne rekomendacje nie dopuszczają stosowania leków moczopędnych (8,13).

Najlepiej zapobiega wystąpieniu choroby wysokościowej tzw. prewencja pierwotna: dobre przygotowanie kondycyjne, bardzo powolne, stopniowe zdobywanie wysokości, wystarczające przyjmowanie płynów i podaż energii. W optymalnych warunkach pierwszy nocleg nie powinien mieć miejsca wyżej, niż na 3000 m n.p.m., a w następnych dniach osiągnięte przewyższenie nie powinno przekraczać 300-500 m. Po każdym 2-4 dniach podejścia najlepiej jest spędzić kolejne 2 noce na tej samej wysokości - jeśli to możliwe, dobrze jest w ciągu dnia rozdzielającego noclegi wykonać podejście na większą wysokość, po czym wrócić na nocleg niżej (8,13).

## PODSUMOWANIE

W zapobieganiu i leczeniu AMS postępowanie musi być bardzo zindywidualizowane, zależne nie tylko od stanu somatopsychicznego chorego, sytuacji zewnętrznej, ale i możliwości dotarcia z pomocą medyczną, paramedyczną osób trzecich.

Upowszechnianie wiedzy na temat choroby wysokościowej i związanych z nią zagrożeń - w obliczu popularności turystyki wysokogórskiej oraz himalaizmu - ma na celu zwiększenie świadomości, iż góry są nie tylko piękne, ale i groźne. Wymagają respektu i pokory, przygotowania logistyczno-kondycyjnego i psychologicznego.

Przygotowanie do wyprawy wysokogórskiej, poza opracowaniem logistyki wspinania, zgromadzeniem potrzebnego sprzętu i przygotowaniem kondycyjnym powinno obejmować też jak najszerszą wiedzę o możliwych zagrożeniach zdrowotnych, sposobach rozpoznania ich pierwszych objawów oraz metodach lecze-

possible availability of external assistance. Lack of such knowledge may result in serious threat to health and even life.

nia i ewentualnej dostępności pomocy zewnętrznej. Brak tych wiadomości może skutkować poważnym zagrożeniem zdrowia, a nawet życia.

#### REFERENCES

1. Auerbach PS. High Altitude Medicine and Physiology, Wilderness Medicine, 6th Ed., Chapter 1, 2-33, Copyright 2012 by Mosby, an imprint of Elsevier Inc
2. Marx JA, Hockberger RS, Walls RM. High Altitude Medicine, Rosen's Emergency medicine, 8th Ed, Chapter 144, 1928-1940, Copyright 2014 by Saunders, an imprint of Elsevier Inc.
3. Keystone JS, Freedman DO, Kozarsky PE, et al. High-altitude Medicine, Travel Medicine, Chapter 39, 361-372, Third Edition., 2013, Elsevier Inc [ 2 ]
4. Hutchison SJ. High Altitude Medicine, Secondary Heart Disease, Cardiac Response to Environmental Stress, Chapter 141: 1843-1852.
5. Buroker N.E., Ning XH, Zhou ZN et al, EPAS1 and EGLN1 associations with high altitude sickness in Han and Tibetan Chinese at the Qinghai-Tibetan Plateau, Blood Cells Mol.Dis-2012; 49(2):67-73.
6. Buroker NE, Ning XH, Zhou ZN, et al. AKT3, ANGPTL4, eNOS3, and VEGFA associations with high altitude sickness in Han and Tibetan Chinese at the Qinghai-Tibetan Plateau, JHematol2012;96(2);200-13.
7. Yaron M, Paterson R, Davis C. High Altitude Medicine, Rosen's Emergency medicine, Eighth Edition. Chapter 144, 1928-1940, Copyright 2014 by Saunders, an imprint of Elsevier Inc.
8. Kupper Th, Gieseler U, Angelini C, et al. Stanowisko Komisji Medycznej Federacji Związków Alpinistycznych, część 2, Postępowanie przedszpitalne w zagrożeniu życia w przebiegu ostrej choroby górskiej, wysokościowego obrzęku płuc i wysokościowego obrzęku mózgu; The International Mountaineering and Climbing Federation, 2012
9. Roach RC, Maes D, Sandoval D, et al Exercise exacerbates acute mountain sick-ness at simulated high altitude. J Applied Physiol 2000 ;88 (2): 581-585.
10. Morris DS, Mella S, Depla D. Eye problems on expeditions. Travel Med Infect Dis 2013;11(3) : 152-158.
11. MMA MEMO No 162 Medical and Physiological Considerations for a high-altitude , MMA site. Napier P.J. Socorro J.B. West, School of Medicine, UCSD, San Diego 10 October, 1996
12. Levine BD, Zuckerman JH, deFilippi Ch. Effect of High Altitude Exposure in the Elderly. Circulation. 1997;96: 1224-1232.
13. Pollard A, Niemeger S, Barry P, et al. Children at High Altitude: An International Consensus Statement by an AD Hoc Committee of the International Society for Mountain Medicine, March 12, 2001. High Altitude Medicine & Biology 2001; 2(3)Vol.2, No 3, 2001.
14. Yaron M, Waldman N, Niermeyer S, et al The Diagnosis of Acute Mountain Sickness in Preverbal Children, Arch Pediatr Adolesc Med 1998; 152(7) 683-687.
15. Tianyi W, Chenyi M. High Altitude Medicine & Biology 2002,3(3):323-325.
16. Theis MK, Honigman B, Yip R, et al. Acute Mountain Sickness in Children at 2835 Meters. Am J Dis Child 1993; 147 (2): 143-145.
17. Cavaletti, G. and Tredici, G. Long-lasting neuropsychological changes after a single high altitude climb. Acta Neurol Scand 1993 87: 103-105.

Received: 8.10.2015

Accepted for publication: 9.02.2016

Otrzymano: 8.10.2015 r.

Zaakceptowano do publikacji: 29.03.2016 r.

#### Adres do korespondencji:

#### Address for correspondence:

Anna Hartman-Ksycińska MD, PhD  
 Frederic Chopin Provincial Clinical Hospital No1  
 in Rzeszów  
 ul. Szopena, 235-055 Rzeszów  
 anna.maria.hartman@gmail.com