Zeitschrift: Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

Herausgeber: Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

Band: 7 (1951)

Heft: 3-4

Artikel: Syndromes biologiques et cliniques produits par les changements d'altitude

Autor: Monge, Carlos

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-307003

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bull. schweiz. Akad. med. Wiss. 3/4, 187–357 (1951)

Journées médicales Amérique latine-Suisse du 17 au 20 septembre 1950 à Bâle

C. D. 612.0:616.0:551.56

Institut de Biologie Andine, Lima (Pérou) – Directeur: Carlos Monge

Syndromes biologiques et cliniques produits par les changements d'altitude

Par **Carlos Monge**

Les recherches de biologie comparée que nous avons faites dès 1925 sur: a) l'homme de la plaine; b) l'homme habitant les Hauts Plateaux jusqu'à 5300 m, depuis une époque préhistorique; et c) l'homme qui change d'altitude, démontrent que l'organisme, pour s'équilibrer avec une atmosphère hypo-oxygénée, lors de la montée, ou avec un milieu suroxygéné, lors de la descente, doit développer une chaîne de réactions chimiques et de processus physiologiques qui aboutissent à maintenir la constance du milieu interne, à toutes les altitudes habitées.

Si l'organisme et l'ambiance constituent un tout, comme le voulait Galène, les relations entre milieux interne et externe peuvent être représentées en tenant compte des variations de la pression de l'oxygène atmosphérique par le schéma suivant:

Organisme	Ambiance	Vie	
$1 \rightleftarrows pO_2$	—— 153 mm	$\longrightarrow 1$	plaine
$2\ (?) \rightleftarrows pO_2$	—— 75 mm	$\longrightarrow 1$	altitude

Nous allons voir immédiatement que les résultats des recherches biologiques se rapprochent assez bien de cette considération. Je présenterai quelques exemples seulement.

Acclimatation. L'homme des Andes

Ce qui caractérise la fonction respiratoire du poumon à l'altitude c'est l'hyperventilation qui tient à élever le pO_2 alvéolaire et en même temps à réduire le pCO_2 de l'alvéole.

C'est bien cette divergence entre ces deux valeurs que l'on trouve à la base de la physiologie de l'homme acclimaté (*Edwards, Dill*). Nous avons inscrit les résultats obtenus chez les Indiens sur le graphique de Boothby. Les valeurs de O_2 et CO_2 des Andéens sont les plus extrêmes. Morpholo-

Tableau 1. Localités étudiées.

Lieu	Altitude pieds	Longitude	Latitude	Pression		Température				Précipit.	Humidité relative	Climat
				Baromètre	O_2	Max.	Min.	Moyenne annuelle	Oscil. 24 h.			
Morococha	14900	76°08′—	11°37′—	446	89	—	—	6,25	—	1189,5	59,60	Puna, froid, haute-steppe, presque glac.
Huancayo	10170	71°12′44″	12°04′20″	518	104	30,9	−10,0	12,05	40,9	754,84	77,54	Haut-plateau des Andes
Lima	500	77°02′14″	12°03′02″	750	156	37,5	9,6	18,40	22,9	39,37	86,80	Sec, côte
Iquitos	347	75°11′24″	3°45′23″	752	157	37,0	17,8	31,80	13,26	2878,8	80,10	Humide, Jungle

Tableau 2. Hématologie. Valeurs normales à différentes altitudes et modifications dues à la montée (Morococha, 4540 m), et à la descente pendant le séjour au bord de la mer.

Hématologie	Morococha indigènes Altitude 14900 p.	Oroya indigènes Altitude 12230 p.	Huancayo indigènes Altitude 10170 p.	Morococha Hommes de Huancayo	Lima Hommes de Huancayo			Lima Hommes du bord de la mer
					1ère semaine	3e semaine	8e semaine	
Erythrocytes (mill. per mm³)	6,15	5,67	5,65	6,05	5,57	5,37	4,70	5,14
Hémoglobine (g per 100 ml)	20,76	18,82	16,85	17,98	16,49	15,95	14,30	16,00
Hématocrite (globules rouges pour cent)	59,90	54,10	50,36	54,43	50,67	49,46	43,10	46,80
Réticulocytes (pour cent)	1,5	0,8	0,47	1,94	0,77	0,25	0,4	0,5
Bilirubine totale (mg par 100 ml)	1,56	1,47	0,84	0,84	0,91	—	0,83	0,72
Bilirubine directe (mg par 100 ml)	0,46	—	0,16	0,38	0,26	—	0,33	0,37
Bilirubine indirecte (mg par 100 ml)	1,10	—	0,68	0,46	0,65	—	0,50	0,35
Volume du sang (l)	6,98	6,15	5,36	5,58	5,55	5,49	5,17	5,21
Volume du plasma sanguin (l)	2,65	2,76	2,55	2,29	2,66	2,67	2,80	2,82
Volume d. érythrocyt. (l)	4,29	3,36	2,79	3,25	2,87	2,79	2,35	2,34
Volume du sang (ml par kg)	120,8	108,7	87,21	90,64	89,67	88,11	81,70	86,5
Volume du plasma sanguin (ml par kg)	46,1	48,9	41,46	38,77	42,83	42,67	44,28	47,1
Volume des érythrocytes (ml par kg)	74,1	59,7	45,45	53,78	46,45	44,75	37,10	38,8
Hémoglobine totale (g)	1464,00	1150,00	905,01	1002,42	894,32	867,26	737,99	788,00
Hémoglobine totale (g par kg)	25,2	20,7	14,73	16,76	14,80	13,91	11,64	13,2

Tableau 3. Variations de l'acide carbonique, du bicarbonate et du pH.

pH_s	Morococha indigènes Altitude 14900 p.	Oroya indigènes Altitude 12230 p.	Huancayo indigènes Altitude 10170 p.	Morococha Hommes de Huancayo	Lima Hommes de Huancayo			Lima Hommes du bord de la mer
					1ère semaine	3e semaine	8e semaine	
$(H_2CO_3)_s$ vol.%			3,19	3.17	3,82	3,63	3,59	
$(BHCO_3)_s$ vol.%			56,06	50,43	51,38	52.03	52,26	
pH_s			7,354	7,316	7,237	7,267	7,275	

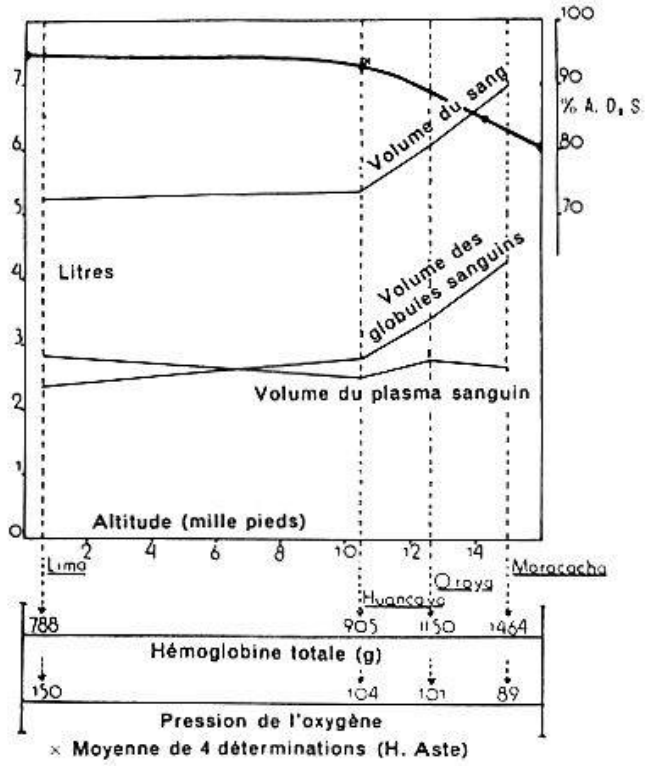

Fig. 1. Volume du sang – valeurs normales.

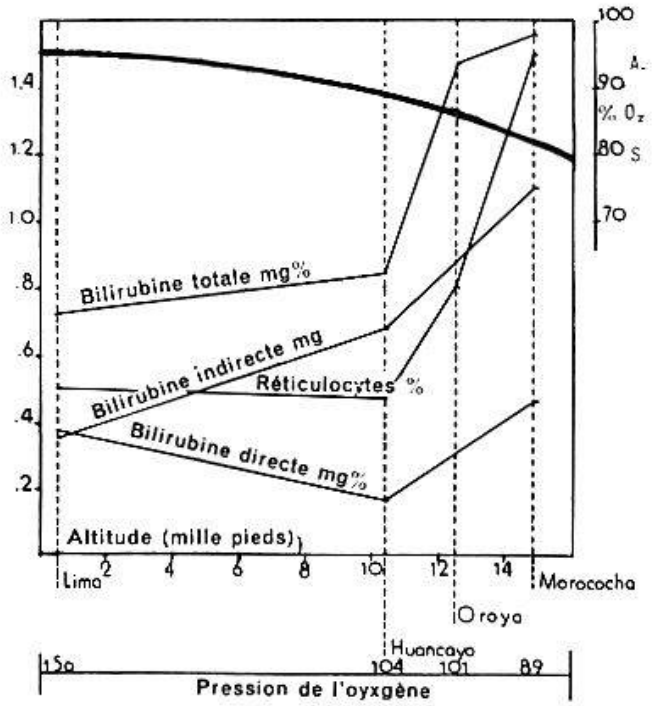

Fig. 2. Bilirubine – valeurs normales.

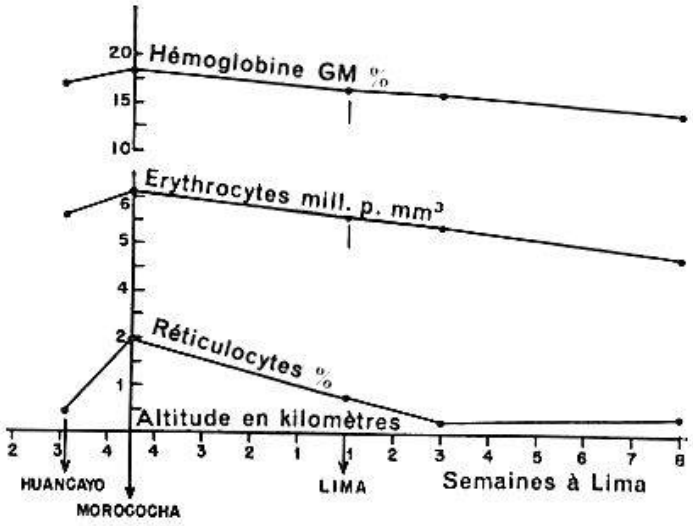

Fig. 3.

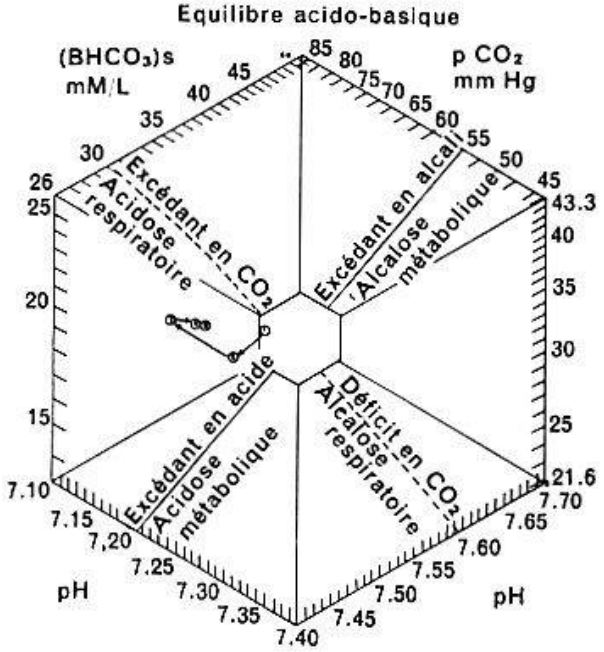

Fig. 4.

Fig. 3. Variations des chiffres d'hémoglobine, des hématies, et des hématies réticulées avec changement d'altitude.

Fig. 4. On peut observer que la moyenne à Huancayo (3200 m) se trouve dans la zone centrale normale; à la montée (Morococha, 4540 m) le pH se dévie vers la zone d'acidose fixe, et après un séjour de deux mois à la plaine les valeurs du pH n'atteignent pas les chiffres normaux du bord de la mer.

giquement ces modifications fonctionnelles correspondent au thorax
races humaines les plus développées. Nous poursuivons des recher
anthropométriques, physiques et physiologiques pour trouver une r
tion entre formes et fonctions.

La fonction respiratoire du sang montre une saturation artérielle
basse qu'à la plaine, une augmentation du volume sanguin, une hy
globulémie, une hyperhémoglobinémie et une hyperbilirubinémie d
tant plus élevées que l'altitude est plus considérable (*Hurtado, Mer
Delgado, Monge*). Même à altitude modérée on peut obtenir des va
tions dans ce sens.

La fonction respiratoire de la circulation doit s'adapter à cette
charge hydrodynamique et à cette modification de la viscosité. En e
la vasodilatation généralisée est la règle, la tension artérielle est
basse, le pouls très lent, le volume systolique est presque égal à c
mesuré en plaine, mais l'index cardiaque est élevé (*Rotta*). L'élec
cardiogramme présente une déviation de l'axe électrique vers la dr
(*Saenz, Rotta, Monge*). Les phases bradycardiques intenses sont
quentes. Quelquefois on peut assister à l'apparition de périodes de ta
cardie passagère. Après des efforts modérés il peut y avoir une phas
bradycardie paradoxale (*Monge*).

L'équilibre acido-basique aux hautes altitudes présente une lé
déviation du côté de l'acidité chez les hommes acclimatés (*Aste*), ma
pH reste dans des limites normales (*Monge, Dill, Aste*). Le métaboli
est normal (*Hurtado, Aste, Contreras, Velasquez*). On peut conclure
l'homme acclimaté à l'altitude appartient à une variété physiologiqu
la race humaine. Il peut en être dit autant des races animales et végé
dont l'étude a été commencée récemment.

Adaptation. Acclimatation acquise. Maladie adaptative

Par adaptations préliminaires on arrive à l'acclimatation. L'accli
tation peut être congénitale ou acquise. L'homme des hauts plateaux
arrive à s'acclimater devient un être normal: il vit et se reproduit. C
donc bien une acclimatation de l'espèce humaine. Le même problèm
pose pour les hommes de l'altitude qui descendent au niveau de la r
ils doivent s'adapter d'abord, et s'acclimater ensuite. Il y a donc
acclimatation acquise pour la plaine.

Les phases des processus biologiques préparatoires constituent
syndromes biologiques.

Au point de vue clinique, surtout à l'altitude, l'adaptation peut se
duire par des manifestations symptomatiques, qu'elles soient discr
ou prononcées, ce sont les *syndromes cliniques*.

Adaptation au bord de la mer

a) Syndromes biologiques

Nous allons considérer d'abord ce qui se passe lors de l'adaptation aux terres basses des hommes acclimatés à l'altitude. Ils doivent s'adapter à une atmosphère sur-oxygénée. Comme la transhumance humaine a lieu généralement dans le sens vertical dans les pays des hauts plateaux, nous avons voulu reproduire les mêmes conditions dans nos études expérimentales. Un groupe de soldats nés à Huancayo (3200 m) ont été emmenés à Morococha (4600 m) où ils ont séjournés pendant quinze jours, puis ils sont descendus à Lima (150 m) où nous les avons suivis pendant six mois.

Nous avons fait les recherches suivantes: Hématologie (volume sanguin, morphologie des hématies, bilirubine). Biochimie du sang (glycose, acide lactique, acide pyruvique, équilibre acido-basique, pH). Métabolisme et ventilation pulmonaire. Electrocardiographie et radiologie du cœur. Etude clinique.

Les tableaux accompagnant ce rapport parlent d'eux mêmes. Cependant nous tenons à signaler la phase de formation sanguine aussitôt arrivés à 4600 m: augmentation des réticulocytes, de l'hémoglobine, etc. suivie d'une phase de destruction compensatrice au bord de la mer, phase qui arriva à provoquer une anémie: perte de presque 300 g d'hémoglobine, augmentation de la bilirubine indirecte et diminution du nombre des globules rouges soit de la valeur de l'hématocrite. L'acide pyruvique après une chute lors de la descente s'éleva considérablement pendant deux mois, arrivant à la normale le quatrième mois. A la montée, l'équilibre acido-basique se tenait vers la zone d'acidose métabolique et, ensuite, pendant la période adaptative, à la plaine, il se maintint dans la zone d'acidose respiratoire, retournant lentement à la normale.

En ce qui concerne l'étude électrocardiographique il est à signaler des changements de l'onde T à l'altitude, ce que nous estimons sans signification pathologique, et, pendant le séjour à la plaine, une augmentation considérable de l'amplitude des ondes QRS et de P, principalement dans les dérivations précordiales qui se maintiennent même après six mois. Ces modifications permettent de supposer l'existence de changements marqués dans le cœur. L'image radiologique montre une augmentation du diamètre du cœur qui diminue progressivement pendant la période adaptative.

b) Syndromes cliniques

Au point du vue clinique nous pouvons affirmer que, en général, ces sujets n'ont pas présenté de symptômes visibles comme du reste, c'est la règle. Ils étaient au repos, sauf pendant les exercices modérés néces-

sités par la vie de la caserne. Le pouls était très lent, la tension artérielle abaissée, l'appétit et le sommeil normaux. Ils avaient gagné du poids. Un examen attentif a permis d'observer qu'ils se fatiguaient plus qu'à l'altitude, avec cette impression psycholoqique qu'ils ne se sentaient pas comme à la montagne au point de vue de l'effort à produire. On sait que les athlètes ne peuvent maintenir leurs performances établies à l'altitude, quand ils descendent dans la plaine.

D'autre part l'étude statistique et l'observation clinique montrent que les sujets en voie d'adaptation à la plaine sont prédisposés aux maladies infectieuses, surtout à celles de l'appareil respiratoire; les formes aiguës de tuberculose sont très fréquentes dans l'armée dans les premiers mois de l'adaptation. Ce fait a aussi été observé chez les animaux. La descente par étapes augmente leur résistance aux maladies parasitaires.

Nous ignorons encore le temps que dure cette période adaptative, mais d'ores et déjà, on peut conclure que l'acclimatation a lieu si les conditions d'hygiène sont favorables.

Nous ne devons pas manquer d'indiquer que l'homme de l'altitude dépend si profondément, biologiquement, du tellurisme des hauts plateaux que le phénomène sociologique caractéristique des peuplades montagnardes des Andes est, comme pour les hirondelles, un nomadisme avec retour à l'altitude; ce qui était incorporé dans la législation des Incas et est encore en vigueur de nos jours.

Adaptation à l'altitude

Il est évident que pour surmonter le manque d'oxygène, l'organisme doit mettre en jeu, tout d'abord, son dispositif de secours et ensuite créer des processus biologiques stables pour contre-balancer l'état permanent du milieu sous-oxygéné. Les variations physiologiques qui surviennent à la montée ont été très bien étudiées par l'Ecole suisse et par les investigateurs de différents pays. Nous limiterons donc notre exposé à ce qui se passe aux très hautes altitudes. Nous ferons remarquer, en outre, qu'à la suite de ces modifications, l'organisme doit acquérir les propriétés biologiques de l'homme acclimaté à la montagne.

Cliniquement il y a lieu de considérer la maladie adaptative au point de vue de l'incapacité du sujet à s'acclimater. Lorsque ceci se produit, l'homme est le siège de toute une série de manifestations pathologiques que nous avons désignées sous le nom de *syndromes érythrémiques d'altitude*, ou de *Mal de montagne chronique* (1928).

Il faut souligner tout particulièrement que l'acclimatation, tant congénitale qu'acquise, peut se perdre. Le mal de montagne apparaît alors avec une symptomatologie qui, dans le cas le plus avancé, prend toutes les

caractéristiques de la Maladie de Vaquez-Osler, avec cette différence néanmoins que le malade guérit quand il est descendu à une altitude plus basse et surtout au niveau de la mer (Maladie de Monge, ainsi appelée par le professeur *Roger* et les auteurs américains).

a) Syndromes biologiques

Jusqu'à présent nous n'avons pas eu la possibilité d'étudier systématiquement les processus biologiques d'adaptation à l'altitude. Les recherches ont été dirigées plutôt vers la détermination des caractéristiques normales des hommes habitant à différentes altitudes; l'investigation durant la période adaptative n'a été faite que pendant quelques semaines. (*Monge*, *Hurtado*, *Aste*, *Rotta*, *Delgado*, *San Martin*, *Contreras*, *Merino* etc.). Actuellement le prof. *Hurtado* et ses collaborateurs font des études sur ce sujet.

A part les faits bien connus des modifications biologiques à la montée, nous signalerons le développement graduel des mécanismes compensateurs suivants:

a) Augmentation du volume sanguin avec prédominance de celui des hématies, le volume plasmatique restant normal ou diminué (*Merino*).

b) Hyperbilirubinémie avec élimination parallèle d'urobiligène fécal, l'index d'élimination étant augmenté dans un seul cas sur six sujets étudiés (*Merino*). L'élimination urinaire était normale. *Verzár* et *Voegtli* à 3750 m ont trouvé une augmentation de l'urobiligène fécal et urinaire.

c) L'équilibre acido-basique est dévié du côté de l'alcalinité tandis que celui des hommes acclimatisés se trouve dans la zone d'acidose (*Aste*).

d) La saturation du sang artériel diminue progressivement (Commission Américaine, *Hurtado*), mais on peut rencontrer des valeurs variables de sens contraire. Ici comme ailleurs, il y a un facteur personnel dont la cause est inconnue mais dont nous devons tenir compte pour en apprécier le résultat. Du reste, il faut considérer aussi si l'homme se trouve dans un milieu habitable ou dans un lieu habité uniquement pour des raisons industrielles (mines par exemple), où les conditions de vie sont anormales.

b) Syndrome clinique. Mal de montagne

La nécessité de schématiser notre exposé nous oblige à considérer dans un seul chapitre les formes du Mal de montagne par inadaptation et celles produites par perte de l'acclimatation. Du reste, la symptomatologie est à peu près la même.

On nous permettra de revenir à notre première conception de 1928. A l'altitude, d'après ce que nous avons vu, il y a un phénomène d'érythrémie normale, cette expression étant employée dans un sens clinique qui traduit l'accroissement du volume total et cellulaire et les signes qui en ressortent. Plus encore, étant donné que les formes les plus graves du Mal de montagne chronique ressemblent à la Maladie de Vaquez-Osler et que dans tous les cas, un examen attentif décèle des symptômes d'éry-

thrémie légère ou accentuée, nous sommes en mesure de nommer «*syndromes érythrémiques*» l'ensemble des manifestations cliniques d'inadaptation ou de perte de l'acclimatation.

Ce qui caractérise le Mal de montagne, surtout en ce qui concerne la perte d'acclimatation, c'est bien la rupture de l'équilibre biologique qui régularise la formation sanguine de l'homme lors de la variation du taux de l'oxygène atmosphérique. Excepté les cas d'insuffisance sélective d'un organe – *formes sélectives de Mal de montagne* – on peut affirmer que tout malade d'altitude est au premier abord, un polycythémique, réaction paradoxale inefficace. Ainsi l'attention de l'entourage est attirée par l'aspect cyanosé du patient même avant l'apparition d'autres symptômes.

Si le patient descend de quelques centaines de mètres, l'équilibre se rétablit parfois et l'individu redevient normal pour un laps de temps plus ou moins long. Après un certain temps à cette altitude, l'érythrémie se manifeste à nouveau et il faut redescendre plus bas. C'est donc bien la perte de la régulation hématopoïétique en fonction de l'oxygène atmosphérique qui en est la cause. Cependant, ce n'est pas tout, car il y a d'autres faits à considérer.

La guérison au bord de la mer se traduit par une déglobulisation sanguine qui quelquefois s'élève jusqu'à 5 litres pour atteindre en fin les valeurs normales de ce niveau. Cette guérison permet au sujet de retourner à la montagne pour une période qui se raccourcit à chaque nouvelle tentative d'y retourner, car l'érythrémie elle aussi revient chaque fois. Ce qui est plus grave encore c'est que, quelquefois, lors du retour à l'altitude le Mal de montagne se développe plus aigu, le malade tombe dans le coma et la mort s'ensuit si celui-ci n'est pas redescendu immédiatement.

Formes cliniques

Dans un bref exposé nous allons considérer les formes subaiguës ou chroniques du Mal de montagne. Dans les formes subaiguës il y a lieu de considérer:

a) *Forme discrète. Erythrémie discrète.* Aspect érythrocyanotique. Le visage apparaît «illuminé» au repos, cyanosé à l'effort. Diminution de la capacité physique et mentale. Epistaxis, céphalalgie, bourdonnements d'oreille, troubles de la vue. Algies articulaires et aux insertions des tendons, crampes, prédispositions à des phénomènes de tétanie. Paresthésies variables de place et en durée, surtout aux extrémités inférieures. Rarement splénomégalie. Perte de poids, légère leucocytose. Syndrome hématique de pléthore sanguine. Dyspnée. Métabolisme basal inférieur à la normale.

L'évolution est liée au fait que le malade s'acclimate, quitte ou non l'altitude. Dans le premier cas, au bout de quelques semaines ou de quelques mois, tous les troubles disparaissent. Le sang acquiert les valeurs propres qui correspondent à cette altitude, le métabolisme s'approche de la normale et la guérison survient. Le sujet est acclimaté. Acclimatation raciale.

Si le malade descend à la plaine la guérison est immédiate; par contre, s'il continue

à résider à l'altitude on voit se développer des symptômes très sévères que nous ferons entrer dans le cadre des érythrémies graves d'altitude.

b) *Formes inapparentes.* Le sujet se conduit apparemment comme un être normal au point de vue physique et mental, mais il ne se reproduit pas à l'altitude. *Acclimatation individuelle.* La perturbation pathologique portant sur l'épithélium germinal était réversible, au niveau de la mer, dans les cas cliniques suivis pendant plusieurs années. Chez les animaux, nous avons observé expérimentalement la désorganisation des tubes seminifères, la disparition de la spermatogénèse et l'anarchie cellulaire ne formant que des amas de cellules multinuclées au milieu d'un plasmode indifférencié.

Ici nous sommes à la limite de la pathologie des races. Nos recherches nous ont même permis d'observer l'adaptation de ces spermatozoïdes au manque d'oxygène dans le cas de la maladie adaptive des moutons pendant la récupération: à savoir le changement du milieu chimique du liquide séminal, d'une alcalose extrême au pH normal, légèrement acide, la reprise de la morphologie de ces éléments et enfin certaines perturbations du quotient respiratoire chez les lapins, dont l'étude est actuellement en cours (*San Martin*). Acclimatation cellulaire.

c) Formes graves. Mal de montagne chronique

Nous répétons qu'il s'agit de syndromes semblables à ceux que l'on trouve dans la Maladie de Vaquez, les formes cliniques étant en relation avec les organes les plus lésés par l'action traumatique de l'anoxémie. Nous laissons donc de côté la description symptomatologique. Il y a des formes pures, respiratoires, digestives, cardiaques, rénales, neurologiques (migraines, tétanie, hemiplégie, etc.), psychiatriques, etc.

En général ces formes s'associent pour donner lieu à des syndromes mixtes, l'évolution étant en rapport avec le fait de quitter ou non l'altitude. Si le malade reste sur les hauts plateaux, des symptômes graves apparaissent, mais on note des rémissions spontanées après lesquelles la maladie s'aggrave. Il y a aussi des épisodes aigus de cécité, de surdité fugaces, de manifestations méningées avec intense céphalalgie qui cèdent à la saignée ou à l'extraction du liquide céphalo-rachidien, et, enfin, des crises de stupeur et même de coma de type asphyxique. La mort survient par hémorragie, manifestations cérébrales, thrombose pulmonaire, insuffisance cardiaque, broncho-pneumonie, ou le malade peut être emporté par une maladie intercurrente.

Nous avons affirmé que la guérison survenait toujours à la plaine, mais récemment nous avons eu deux cas où l'état du malade s'est amélioré, mais la maladie continue bien que le sujet soit resté deux ans déjà au niveau de la mer.

Si le Mal de montagne chronique signifie la perte de l'acclimatation, nous posons la question de la possibilité de la perte de l'acclimatation à basse altitude, ce qui établirait un lien entre les divers syndromes érythrémiques.

En somme, l'homme acclimaté à l'altitude, comme les moteurs d'avions, dispose d'un mécanisme qui lui permet de prendre à l'atmosphère, automatiquement, la quantité d'oxygène dont il a besoin pour satisfaire aux demandes de son économie.

Il y a, pour l'homme de la plaine, un seuil à l'altitude au-dessus du-

quel le Mal de montagne se manifeste, chaque individu ayant son équation personnelle. Il y a aussi un seuil d'altitude pour l'homme de la montagne. Nous ne le connaissons pas, mais il permet aux aviateurs Andéens de s'élever à 7000 m d'altitude sans masque d'oxygène.

De même, il y a près du bord de la mer un niveau au-dessous duquel l'homme de l'altitude perd ses capacités physiques, cet homme disposant d'un système physiologique, profondément dynamique, qui lui permet le plus grand rendement physique à des élévations modérées et aussi à de plus hautes altitudes.

La perte de ce mécanisme ou l'incapacité de l'organisme à l'acquérir donnent lieu à des syndromes biologiques ou cliniques comme aussi les modifications physiologiques qui aboutissent à l'acclimatation. Ces faits biologiques se répercutent dans la sociologie des pays des hauts plateaux.

Résumé

Les recherches que nous avons poursuivies sur la vie de l'homme dans les hauts plateaux de l'Amérique du Sud (3000–5000 m) nous ont permis d'établir les faits suivants:

1. Les caractéristiques biologiques des hommes qui séjournent depuis une époque préhistorique dans les hauts plateaux sont différentes de celles de l'homme de la plaine, car l'organisme doit s'équilibrer avec l'atmosphère hypo-oxygénée de l'ambiance. *Acclimatation congénitale.*

2. Pour lutter contre ce manque d'oxygène à l'altitude, les organismes de la plaine doivent tout d'abord mettre en jeu une série de processus adaptatifs d'ordre biologique. *Adaptation.* Lorsqu'il est guéri, l'individu s'est acclimaté. *Acclimatation acquise.*

3. Quand les hommes de l'altitude descendent au niveau de la mer, ils doivent passer par une période d'adaptation à l'atmosphère sur-oxygénée de la plaine. Maladie d'adaptation. Lorsque le nouvel équilibre entre le milieu interne et le milieu ambiant est atteint, l'acclimatation se produit. *Acclimatation acquise.*

4. L'acclimatation soit congénitale ou acquise peut se perdre, donnant lieu alors à différentes formes de Mal de montagne chronique qui ressemble à la Maladie de Vaquez (*Monge*, 1928).

5. La maladie d'adaptation à l'atmosphère raréfiée peut passer presque inaperçue ou elle peut se présenter sous des formes aiguës, subaiguës ou chroniques (Mal de montagne). Dans les formes subcliniques, le Mal de montagne peut présenter les aspects suivants:

a) Forme discrète, qui se manifeste seulement par une diminution du rendement physique et psychique. Les sujets vivent et se reproduisent. *Acclimatation raciale.*

b) Forme inapparente. Le sujet se conduit apparemment comme un être normal, mais il ne se reproduit pas. *Acclimatation individuelle.*

c) Nous avons même observé un processus adaptatif cellulaire dans l'anoxie de l'altitude. *Acclimatation cellulaire.*

d) Dans la forme chronique, il peut se développer un syndrome ressemblant à la maladie de Vaquez comme dans le cas de la perte de l'acclimatation (*Monge*, 1928). Les érythrémies de l'altitude.

6. Chez l'homme du haut plateau qui descend au niveau de la mer, l'atmosphère sur-oxygénée produit le Mal des plaines. Généralement il passe inaperçu, mais on trouve des variations physiologiques et chimiques qui se traduisent par des changements profonds dans l'organisme humain. Si l'on considère, par exemple, que les hommes de la haute montagne ont deux litres de sang de plus que ceux de la plaine, on peut se rendre compte de l'importance biologique et clinique du problème pour les hommes qui se déplacent à différentes hauteurs.

7. C'est l'ensemble de ces troubles que l'auteur a désigné sous le nom de syndromes produits par les changements d'altitude.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen über das Leben der Menschen in der südamerikanischen Hochebene (3000–5000 m ü. M.) erlauben uns, folgende Tatsachen aufzuzeigen:

1. Die biologischen Eigenschaften des Menschen der Hochebene, dessen Vorfahren seit prähistorischen Epochen dort lebten, sind andere als jene der Bewohner des Tieflandes, denn der Organismus muß sich der sauerstoffarmen Atmosphäre der Umgebung anpassen. *Kongenitale Akklimatisation.*

2. Um gegen den O_2-Mangel in der Höhe anzukämpfen, muß der Organismus zuerst eine Reihe adaptiver, biologischer Vorgänge ins Spiel setzen. Adaptation. Wenn er geheilt ist, ist er akklimatisiert. *Erworbene Akklimatisation.*

3. Wenn Menschen der Hochebene auf Meereshöhe hinuntersteigen, müssen sie sich der sauerstoffreichen Atmosphäre der Tiefebene anpassen. Adaptationskrankheit. Ist das Gleichgewicht zwischen internem Milieu und Umgebung erreicht, so sind sie akklimatisiert. *Erworbene Akklimatisation.*

4. Sowohl die kongenitale als auch die erworbene Akklimatisation können sich verlieren und verschiedenen Formen einer Bergkrankheit weichen, die dem Morbus Vaquez gleicht (*Monge*, 1928).

5. Die Adaptationskrankheit in der O_2-armen Atmosphäre kann fast unbemerkt verlaufen oder sich in akuter, subakuter oder chronischer

Form (Bergkrankheit) äußern. In den subklinischen Formen zeigt die Bergkrankheit folgende Aspekte:

a) Diskrete Form, die sich nur in einer Verminderung der physischen und psychischen Leistung manifestiert. Die Betroffenen leben und pflanzen sich fort. *Rassische Akklimatisation.*

b) Unauffällige Form. Der Betroffene verhält sich scheinbar wie ein Gesunder: aber er vermehrt sich nicht. *Individuelle Akklimatisation.*

c) Wir konnten auch einen cellulären Adaptationsprozeß an die Anoxie des Höhenklimas feststellen. *Celluläre Akklimatisation.*

d) Bei der chronischen Form kann sich wie beim Verlust der Akklimatisation (*Monge*, 1928) ein Syndrom entwickeln, das dem Morbus Vaquez gleicht. Es handelt sich um die Erythrämie des Höhenklimas.

e) Beim Menschen der Hochebene, der auf Meereshöhe hinuntersteigt, bewirkt der O_2-Reichtum der Luft die «Tiefebenenkrankheit». Gewöhnlich verläuft sie unbemerkt; aber man findet auch physiologische und chemische Variationen, die im menschlichen Organismus tiefgreifende Veränderungen bewirken. Wenn man beispielsweise in Betracht zieht, daß die Menschen im Hochgebirge 2 Liter mehr Blut besitzen als jene in der Tiefebene, so kann man sich von der physiologischen und klinischen Bedeutung des Problems für jene Menschen, welche ihren Aufenthalt zwischen Hoch- und Tiefland wechseln, Rechenschaft geben.

7. Es ist die Gesamtheit dieser Störungen, welche der Autor als «Syndrom des vertikalen Klimawechsels» bezeichnet.

Riassunto

Ricerche ulteriori sulla vita dell'uomo sugli alti piani dell'America del sud (3000–5000 m) mostrano i seguenti fatti:

1. Le caratteristiche biologiche dei popoli che vivono dalle epoche preistoriche sugli alti piani sono differenti da quelle dei popoli delle pianure, poichè l'organismo deve prima mettersi in equilibrio con l'atmosfera povera di ossigeno dell'ambiente. *Acclimatizzazione congenita.*

2. Per vincere l'azione climatica dell'altitudine, l'individuo del piano deve inanzitutto mettere in giuoco una serie di processi di adattamento d'ordine biologico. *Adattamento.* Dopo questo periodo, l'individuo si sarà acclimatizzato. *Acclimatizzazione acquisita.*

3. Quando gli individui degli alti piani scendono al livello del mare, devono essi pure subire un periodo di adattamento all'atmosfera ricca di ossigeno (malattia di adattamento). Ritrovato il nuovo equilibrio l'individuo si sarà acclimatizzato. *Acclimatizzazione acquisita.*

4. Sia l'acclimatizzazione congenita che acquisita possono perdersi.

Insorge allora il male di montagna cronico che assomiglia alla malattia di Vaquez (*Monge*, 1928).

5. La malattia di adattamento all'atmosfera rarefatta può svolgersi quasi inosservata oppure si manifesta in forme acute o croniche (male di montagna). Nelle forme subcliniche il male di montagna può avere gli aspetti seguenti:

a) forma discreta, con diminuzione dell'attività fisica e psichica. Gli individui vivono e si riproducono. *Acclimatizzazione razziale*.

b) forma inapparente. Gli individui si comportano normalmente, ma non si riproducono. *Acclimatizzazione individuale*.

c) Noi stessi abbiamo osservato un processo di adattamento cellulare all'anossia dell'altitudine. *Adattamento cellulare*.

d) Nella forma cronica può svilupparsi una sindrome assomigliante alla malattia di Vaquez, come nel caso di perdita di acclimatizzazione (*Monge*, 1928). Le eritremie dell'altitudine.

6. Negli individui degli alti piani che scendono al livello del mare l'atmosfera ricca di ossigeno provoca il male del piano. Generalmente esso passa inosservato, però si trovano delle variazioni fisiologiche e chimiche che determinano intense modificazioni dell'organismo umano. Considerando per esempio che l'individuo degli alti piani ha 2 litri di sangue più di quello del piano, è facile rendersi conto dell'importanza biologica e clinica di un cambiamento di altitudine.

7. E l'insieme di tutti questi disturbi che l'A. ha designato con il nome di Sindromi provocate dai cambiamenti di altitudine.

Summary

The researches which we have made on the life of man in the high plateaux of South-America (3000-5000 m high) have led us to establish the following facts:

1. The biological characteristics of men living since prehistoric times in the high plateaux are different from those of men of the plains, because the organism must reach an equilibrium with the hypo-oxygenated atmosphere. *Congenital acclimatisation*.

2. To overcome the climatic aggression of the high altitude, organisms accustomed to the plains must first undergo a series of adaptive processes of a biological nature. *Adaptation*. When this is achieved, the individual is acclimatised. *Acquired acclimatisation*.

3. When the men of the high altitudes come down to sea level, they must pass thro' a period of adaptation to the super-oxygenated atmosphere of the plains. *Adaptation sickness*. When the new equilibrium be-

tween internal milieu and environment is attained, acclimatisation results. *Acquired acclimatisation.*

4. Acclimatisation whether congenital or acquired can be lost, which results in different forms of chronic mountain sickness resembling Vaquez's sickness (*Monge*, 1928).

5. Sickness of adaptation to rarified air may pass over almost inperceptibly or it may appear as acute, sub-acute or chronic (mountain sickness). In the subclinical forms, mountain sickness may show the following aspects:

a) A discrete form, which only shows a diminution of physical and psychical condition. The subjects can live and reproduce. *Racial acclimatisation.*

b) Non-apparent form. The subject behaves as an apparently normal being but does not reproduce. *Individual acclimatisation.*

c) We have observed an adaptive cellular process in the anoxia of high altitude. *Cellular acclimatisation.*

d) In the chronic form a syndrome may develope resembling Vaquez sickness as in cases of loss of acclimatisation (*Monge*, 1928). The erythremias of high altitude.

6. In the man of the alti-plano who comes down to sea level, the attack of the super-oxygenated air produces plainland sickness. Generally this passes unnoticed, but physiological and clinical variations are found which denote profound changes in the human organism. If one considers, for instance, that men of the high mountains have 2 litres more blood than men of the plains, one can judge the biological and clinical importance of the problem for men who undergo these differences in altitude.

7. It is the sum of these disturbances which the author has characterised with the name of syndromes produced by changes in altitude.