

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCVII.

1910

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XIX.

2° SEMESTRE.



ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1910

Fisiologia. — *Influenza della luce sulla iperglobulia dell'alta montagna* (1). Nota I del dott. TULLIO GAYDA, presentata dal Socio A. MOSSO.

Le variazioni del sangue nell'alta montagna furono già oggetto di molte ricerche.

Fin dal 1878, Paul Bert (2) suppose che nell'acclimatemento dell'uomo a grandi altezze il suo sangue divenisse atto, sia per una modificazione nella natura o nella quantità di emoglobina, sia per un aumento del numero dei globuli rossi, ad assorbire più ossigeno. E questo stesso autore (3) osservò infatti più tardi che il sangue di animali originari di La Paz (3700 m.) e anche di quelli acclimatati, presentava una capacità di assorbimento per l'ossigeno, maggiore di quella del sangue di animali viventi a bassa altitudine.

Viault (4) accertò per il primo direttamente, col conteggio e coll'esame colorimetrico, un aumento del numero dei globuli rossi e della quantità di emoglobina nel sangue di uomini e di animali dimoranti a grandi altezze.

Seguono a queste prime ricerche quelle di molti altri autori eseguite non solo nell'alta montagna ma anche durante ascensioni areostatiche (5). Da tutte queste risulta essenzialmente che col crescere della altitudine ha luogo un rapido aumento del numero dei globuli rossi nel sangue, accompagnato da un aumento della quantità di emoglobina che però si produce più lentamente.

A produrre questi mutamenti del sangue nell'alta montagna, devono concorrere certamente parecchi fattori. È stata studiata specialmente l'influenza dell'aria rarefatta, e gli esperimenti sono stati eseguiti colla campana pneumatica. Le ricerche di Regnard (6), Schaumann e Rosenqvist (7), Jacquet (8),

(1) Lavoro eseguito nei Laboratori scientifici « Angelo Mosso », sul Monte Rosa.

(2) Paul Bert, *La pression barométrique*, Paris, 1878, pag. 1108.

(3) Paul Bert, *Sur la richesse en hémoglobine du sang des animaux vivant sur les hauts lieux*. Compt. rend. de l'Acad. des Sciences, 94, 805, an. 1882.

(4) P. Viault, *Sur l'augmentation considérable du nombre des globules rouges dans le sang chez les habitants des hauts plateaux de l'Amérique du sud*. Compt. rend. de l'Acad. des Sciences, 111, 917, an. 1890; *Sur la quantité d'oxygène contenue dans le sang des animaux des hauts plateaux de l'Amérique du Sud*. Compt. rend. de l'Acad. des Sciences, 112, 295, an. 1891; *Action physiologique des climats de montagne*. Compt. rend. de l'Acad. des Sciences, 114, 1562, an. 1892.

(5) Un'ampia raccolta della bibliografia su questo argomento si trova nel lavoro di H. J. A. v. Voornfeld, *Das Blut im Hochgebirge*. Pflüger's Arch. 92, 1, an. 1902.

(6) P. Regnard, *Les anémiques sur les montagnes; Influence de l'altitude sur la formation de l'hémoglobine*. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 44, 470, a. 1892.

(7) O. Schaumann und E. Rosenqvist, *Ist die Blutkörperchenvermehrung im Höhenklima eine wirkliche oder eine nur scheinbare?* Pflüger's Arch., 68, 55, an. 1897.

(8) A. Jacquet, *Höhenklima und Blutbildung*. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol., 45, 1, a. 1901.

Sellier ⁽¹⁾, Frey ⁽²⁾, Fiessler ⁽³⁾ ed altri hanno dimostrato che effettivamente l'aria rarefatta produce un aumento del numero dei globuli rossi e della quantità di emoglobina. Anzi Jacquet, che ha esaminato sistematicamente i diversi fattori che agiscono in montagna sul sangue, ha negato qualsiasi influenza della temperatura, della secchezza dell'aria e della luce, ed ha affermato che la depressione atmosferica spiega da sola le variazioni del sangue nell'alta montagna.

Lapicque e Mayer ⁽⁴⁾ accertarono invece che anche il freddo può essere causa di iperglobulia.

Schunburg e Zuntz ⁽⁵⁾ supposero che le variazioni del sangue nell'alta montagna siano prodotte, oltre che dalla temperatura, anche dalla maggiore intensità della luce.

Un'azione fisiologica della luce sul sangue è stata infatti dimostrata da diversi autori.

Così già Tizzoni e Fileti ⁽⁶⁾ osservarono che conigli, nati da 23 giorni, tenuti all'oscuro morivano, mentre la quantità di emoglobina diminuiva.

Graffenberger ⁽⁷⁾, escludendo la luce a conigli, vide diminuire in questi la quantità di emoglobina ed in seguito anche la quantità di sangue.

Marti ⁽⁸⁾ accertò una diminuzione del numero dei globuli rossi nei topi tenuti all'oscuro, ed al contrario un aumento della formazione dei globuli rossi ed in piccolo grado anche dell'emoglobina negli stessi animali portati alla luce intensa e continua.

Schönenberger ⁽⁹⁾ invece, tenendo conigli all'oscuro o escludendo la luce dagli occhi, osservò un aumento progressivo dei globuli del sangue e delle sostanze solide, dovuto ad una perdita di acqua dal sangue.

⁽¹⁾ Sellier, *Thèse de Bordeaux*, 1895.

⁽²⁾ H. Frey, *Der Hämoglobingehalt im zirkulierenden Kaninchenblut bei gewöhnlichem und vermindertem Luftdruck*. Diss. Zürich, 1903.

⁽³⁾ A. Fiessler, *Zur Kenntnis der Wirkung des verminderten Luftdruckes auf das Blut*. Deutsch. Arch. f. Klin. Med. 81, 579, a. 1904.

⁽⁴⁾ L. Lapicque et A. Mayer, *Hyperglobulie périphérique sous l'influence du froid*. Compt. rend. de la Soc. de Biol., 55, 823, a. 1903.

⁽⁵⁾ Schunburg und Zuntz, *Zur Kenntnis der Einwirkungen des Hochgebirges auf den menschlichen Organismus*. Pflüger's Arch. 63, 461, a. 1896.

⁽⁶⁾ G. Tizzoni e M. Fileti, *Influenza della luce sulla produzione dell'emoglobina*. Atti della R. Acc. dei Lincei (3), 4, 168, a. 1880.

⁽⁷⁾ L. Graffenberger, *Versuche über die Veränderungen welche der Abschluss des Lichts in der chemischen Zusammensetzung des thierischen Organismus und dessen Stickstoff-Umsatz hervorruft*. Pflüger's Arch. 53, 238, a. 1893.

⁽⁸⁾ A. Marti, *Wie wirken die chemischen Hautreize und Belichtung auf die Bildung der roten Blutkörperchen?* Verhandl. d. 15 Kongresses f. inn. Mediz. 1897, p. 598.

⁽⁹⁾ F. Schönenberger, *Der Einfluss des Lichts auf den thierischen Organismus nebst Untersuchungen über Veränderungen des Bluts bei Lichtabschluss*. Diss. Berlin, 1898.

Oerum ⁽¹⁾ eseguì esperimenti su conigli alla luce ed alla oscurità, che duravano per diversi mesi; e trovò che l'oscurità produce prima una forte diminuzione della quantità di emoglobina, mentre il numero dei globuli rossi rimane invariato, poi una diminuzione del volume del sangue. La luce intensa invece produce una forte diluizione del sangue, seguita da un aumento della quantità di emoglobina e del numero dei globuli rossi.

Ma dell'influenza della luce sul sangue, in montagna, si occupò direttamente Mayer ⁽²⁾, il quale portò conigli dello stesso ceppo da Basilea a Davos e tenne per un mese alcuni di questi all'oscuro e gli altri alla luce; quindi mise all'oscuro i primi ed alla luce i secondi. L'esclusione della luce fu senza effetto sulle variazioni del sangue. Dopo una breve diminuzione del numero dei globuli rossi, si verificò un aumento graduale del numero dei globuli rossi e della quantità di emoglobina, colla sola differenza che negli animali tenuti all'oscuro il massimo fu raggiunto più tardi.

Benchè questi risultati dimostrino che la luce non ha quasi alcuna influenza sulle variazioni del sangue in montagna, ho voluto intraprendere altre ricerche su questo argomento a grande altitudine, dove le variazioni del sangue sono generalmente ben evidenti, e non limitarle solamente al conteggio dei globuli e al dosaggio della emoglobina in campioni di sangue, ma estenderle alla totalità del sangue. A tutte le esigenze che queste ricerche avrebbero presentato era possibile soddisfare ampiamente coi mezzi di cui dispongono i Laboratorii scientifici « Angelo Mosso », posti sul Col d'Olen, nel gruppo del Monte Rosa, a 2900 m. di altezza.

Gli esperimenti furono eseguiti su tre coppie di conigli possibilmente della stessa età. Ogni coppia apparteneva al medesimo ceppo e possedeva lo stesso colore del pelo. Furono però scelte coppie di colore differente per poter conoscere l'eventuale influenza esercitata dalla diversa pigmentazione: una coppia di conigli era bianca, un'altra nera, l'ultima fulva. Tutti gli animali ricevevano lo stesso vitto, consistente in patate, fieno, verdura, crusca e pane. Questo alimento venne somministrato già due settimane prima di cominciare gli esperimenti.

Il 17 agosto 1909 i conigli, di cui nei giorni precedenti era stato determinato il numero dei globuli rossi e la quantità di emoglobina, furono chiusi in una gabbia spaziosa e ben aerata e spediti direttamente da Torino (238 m.) al Col d'Olen. Quivi giunsero il 19 agosto verso mezzogiorno in buonissimo stato di salute e subito vennero messi in un apposito ed ampio recinto all'aria libera, fornite di un conveniente ritiro per la notte. Il 22 agosto si determinò il numero dei globuli rossi e la quantità di emoglo-

(1) H. P. T. Oerum, *Ueber die Einwirkung des Lichts auf das Blut*. Pflüger's Arch. 114, 1, an. 1906.

(2) C. F. Mayer, *Ueber den einfluss des Lichts im Höhenklima auf die Zusammensetzung des Blutes*. Diss. Basel, 1900.

bina di un coniglio bianco, di uno nero e di uno fulvo, che furono destinati per gli esperimenti all'oscuro e che quindi furono messi in una casetta di legno adiacente al recinto, appositamente costruita e sufficientemente ampia affinché gli animali si potessero liberamente muovere. In questo ambiente l'oscurità non era assoluta e ciò era stato fatto a bella posta perchè gli animali potessero almeno discernere il vitto che loro era somministrato. Gli altri conigli furono destinati per gli esperimenti alla luce e furono lasciati nel loro recinto, di essi venne determinato, come era stato fatto per gli animali messi all'oscuro, il numero dei globuli rossi e la quantità di emoglobina. Queste determinazioni erano in seguito eseguite su ogni animale a intervalli di tre giorni.

I metodi di ricerca adoperati furono i seguenti :

Il conteggio dei globuli rossi fu eseguito coll'apparecchio di Thoma-Zeiss. Il sangue era diluito col liquido di Hayem nella proporzione di 1:200. I risultati riportati nella tabella sono la media delle determinazioni eseguite su due preparati. In questi il conteggio era eseguito su metà almeno dei grandi quadrati. Per ogni preparato furono seguite con cura tutte le regole date in proposito.

La quantità di emoglobina fu determinata coll'emometro di Fleisch modificato da Miescher. Il sangue era diluito nella proporzione dell'1:200, con una soluzione di soda all'1 % di fresco preparata. Si eseguiva il metodo di controllo adoperando due camere rispettivamente di 15 mm. e di 12 mm. di altezza. Le letture in numero di dieci per ogni camera erano fatte in un gabinetto oscuro alla luce di una candela. Si paragonava il colore della soluzione di sangue con quello del cuneo di vetro solo quando dal campo di osservazione era assolutamente esclusa, con un apposito schermo, ogni minima traccia di luce bianca. Seguendo scrupolosamente questo sistema, si potevano ottenere risultati molto soddisfacenti. La quantità di emoglobina era calcolata in base alla media di tutte le letture eseguite.

Speciali precauzioni si ebbero per raccogliere il sangue per il conteggio dei globuli ed il dosaggio dell'emoglobina. Si raccoglieva il sangue periferico incidendo uno dei vasi posteriori dell'orecchio. La prima goccia di sangue che appariva veniva sempre asciugata; le altre erano aspirate nelle pipette solo quando si producevano spontaneamente e rapidamente, così che se ne poteva impedire l'evaporazione.

In questa prima Nota mi limiterò ad esporre le osservazioni eseguite sul sangue periferico dei singoli animali sottoposti agli esperimenti. Nella tabella seguente sono raccolti i risultati delle determinazioni del numero dei globuli rossi e della quantità di emoglobina.

CONIGLI	LUOGO	DATA	OSCURITÀ			LUCE		
			Numero dei globuli rossi	Emoglobina %	Emoglobina per miliardo di globuli rossi mgr.	Numero dei globuli rossi	Emoglobina %	Emoglobina per miliardo di globuli rossi mgr.
Bianchi . . .	Torino	15. VIII	6.038.000	10,40	17,2	6.180.000	10,32	16,7
	Col d'Olen	22. VIII	6.593.000	10,51	15,9	—	—	—
	"	23. VIII	—	—	—	6.485.000	10,66	16,4
	"	25. VIII	6.125.000	10,60	17,3	6.712.000	11,19	16,7
	"	28. VIII	5.968.000	10,32	17,3	6.850.000	11,07	16,2
	"	31. VIII	5.875.000	9,98	17,0	6.892.000	11,20	16,3
	"	3. IX	5.880.000	10,03	17,0	6.975.000	11,44	16,4
	"	4. IX	—	—	—	6.980.000	11,40	16,3
"	5. IX	5.850.000	10,16	17,4	—	—	—	
Neri	Torino	15. VIII	6.212.000	10,26	16,5	6.208.000	10,20	16,4
	Col d'Olen	22. VIII	6.828.000	10,63	15,6	—	—	—
	"	23. VIII	—	—	—	6.643.000	10,69	16,1
	"	25. VIII	6.735.000	11,01	16,3	6.785.000	11,44	16,9
	"	28. VIII	6.371.000	10,75	16,9	6.825.000	11,23	16,5
	"	31. VIII	6.275.000	10,56	16,8	6.812.000	11,28	16,6
	"	3. IX	6.418.000	10,92	17,0	7.014.000	11,97	17,1
	"	6. IX	—	—	—	7.028.000	11,99	17,1
"	8. IX	6.766.000	11,71	17,3	—	—	—	
Fulvi	Torino	16. VIII	6.487.000	10,86	16,7	6.490.000	10,99	16,9
	Col d'Olen	22. VIII	7.075.000	11,18	15,8	—	—	—
	"	23. VIII	—	—	—	7.321.000	11,64	15,9
	"	26. VIII	7.441.000	11,98	16,1	7.543.000	12,88	17,1
	"	29. VIII	7.362.000	11,85	16,1	7.600.000	12,76	16,8
	"	1. IX	7.064.000	11,61	16,4	7.614.000	12,95	17,0
	"	4. IX	7.098.000	11,72	16,5	7.575.000	12,57	16,6
	"	7. IX	—	—	—	7.633.000	13,06	17,1
"	9. IX	7.250.000	12,10	16,7	—	—	—	

Risulta dalla tabella che i conigli esaminati tre giorni dopo il loro arrivo al Col d'Olen presentano nel sangue periferico un aumento del numero dei globuli rossi e della quantità di emoglobina, l'aumento però subito da questa è inferiore in proporzione a quello dei globuli rossi, così che il contenuto in emoglobina dei globuli rossi diminuisce. Questa iperglobulia deve probabilmente essersi prodotta già in un tempo anteriore. Foà⁽¹⁾ infatti, ha trovato che a 3000 m. l'iperglobulia si manifesta già dopo 8-9 ore dall'arrivo e forse anche prima.

Dopo queste prime determinazioni gli animali sono separati e parte lasciati alla luce, parte tenuti all'oscuro. Da questo momento si verifica nelle due serie di animali un diverso comportamento del sangue. Mentre negli animali lasciati alla luce il numero dei globuli rossi e la quantità di emoglobina subiscono ancora un leggero aumento, in quelli tenuti all'oscuro si osserva una diminuzione più o meno rapida ed evidente tanto del numero dei globuli rossi, quanto della quantità di emoglobina. Questa diminuzione può raggiungere i valori osservati nella pianura ed anche scendere al di sotto, non dura però a lungo, ma è seguita generalmente da un aumento che riporta i valori all'altezza originaria. Questo aumento non si è potuto osservare nel coniglio bianco. Questo animale ha anche presentato più rapidamente e più evidentemente le variazioni del sangue dovute alla oscurità. Parrebbe quindi che la presenza del pigmento si opponga, fino ad un certo punto, all'azione della luce. In tutte e due le serie di animali le variazioni della quantità di emoglobina hanno seguito quelle del numero dei globuli rossi, il contenuto in emoglobina dei globuli rossi però è andato aumentando e si è uguagliato in fine a quello osservato in pianura.

Dagli esperimenti e dalle osservazioni eseguiti, risulterebbe adunque che tra i fattori che agiscono nell'alta montagna, anche la luce ha una certa importanza nel determinare le note variazioni del sangue. Infatti la esclusione della luce è capace di far diminuire ed anche scomparire, sia pure temporaneamente, l'iperglobulia periferica dell'alta montagna.

(1) C. Foà, *I mutamenti del sangue sull'alta montagna*. Rend. della R. Accad. dei Lincei (5), 12, 2° sem. 404, a. 1903.