LABORATORI SCIENTIFICI DELLA DIREZIONE DI SANITÀ PUBBLICA

(Sezione chimica)

SULLE

FUNZIONI RECIPROCHE DEI SALI INORGANICI

NELLA

INANIZIONE MINERALE

E NELLE

MALATTIE CONSUNTIVE

PER IL

Dott. GIUSEPPE SANARELLI

Docente d'Igiene ed Assistente

Con tavola litografata

ROMA

TIPOGRAFIA DELLE MANTELLATE

1893.

LABORATORI SCIENTIFICI DELLA DIREZIONE DI SANITÀ PUBBLICA
(Sezione chimica)

SULLE

FUNZIONI RECIPROCHE DEI SALI INORGANICI

NELLA

INANIZIONE MINERALE

E NELLE

MALATTIE CONSUNTIVE

PER IL

Dott. GIUSEPPE SANARELLI
Docente d'Igiene ed Assistente

Con tavola litografata

ROMA
TIPOGRAFIA DELLE MANTELLATE
1893.

I

La importanza dei sali inorganici nella nutrizione, non solamente resulta dalle esperienze della vita giornaliera ma, come tante altre leggi biologiche che regolano la trasformazione della materia, trova una sufficiente spiegazione nella legge della discendenza e dell'atavismo [1].

Però, ad eccezione del sale da cucina, il quale occupa un posto eccezionale fra i così detti sali nutritivi, inquantochè non solamente costituisca il principale fattore del succo gastrico, ma, secondo le numerose osservazioni di BUNGE [2], compirebbe, specialmente nell'organismo degli erbivori, l'ufficio importante di compensare le gravi ed incessanti perdite dovute alla introduzione di sali potassici, secondo VOIT e RABUTEAU [3] aumenterebbe le ossidazioni del corpo, secondo PLOUVIEZ [4] il numero dei globuli rossi, ecc., noi non

[1] Vedi G. BUNGE: « Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie », Leipzig, 1887, pag. 106.

[2] « Ueber die Bedeutung des Kochsalzes und das Verhalten des Kalisalzes im Menschlichen Organismus » (*Zeitschrift für Biologie*, Bd. IX, p. 194).

[3] « Traité de thérapeutique et de pharmacologie », 1884, p. 10[illegible].

[4] « Bulletin de l'Académie de Médecine », vol. XIV.

sappiamo ancora quale uso faccia l'animale adulto degli alimenti inorganici.

Il nutrimento organico reca all'organismo le fonti indispensabili della forza viva, sono altrettante energie positive che nel corpo animale, attraverso ad una serie infinita di suddivisioni, di decomposizioni e di ossidazioni, si trasformano in quella forma della forza che presiede a tutti gli atti dell'economia; quindi la necessità della loro continua rinnovazione non ha bisogno di essere dimostrata: si comprende *a priori.*

Un fatto assolutamente opposto si verifica invece riguardo agli alimenti inorganici, ai sali. Questi vengono già introdotti nel loro massimo grado di ossidazione, non possono venir consumati in alcun modo e d'altro canto rappresentano un alimento indispensabile alla vita. Le esperienze di FORSTER [1] dimostrano che l'alimentazione impoverita o privata di sali inorganici non riesce a sostentare gli animali: questi morirebbero assai più presto che per inanizione assoluta ed i gravissimi disturbi che si farebbero risentire bentosto sul sistema nervoso, apparirebbero molto prima che una sensibile diminuzione del peso del corpo possa metterli in rapporto con una denutrizione marcata e generale dell'organismo.

Questi disturbi, secondo BUNGE [2] e LUNIN [3], sarebbero dovuti in gran parte al fatto che per la scomposizione e la ossidazione dell'albumina alimentare, lo solfo che è contenuto in quest'ultima nella proporzione dell'1-2 %, si trasformerebbe in H_2SO_4. In condizioni normali quest'acido si combinerebbe ai sali basici introdotti col nutrimento, ma in assenza di questi verrebbero utilizzati direttamente quelli dei tessuti, determinandosi in tal guisa alterazioni gravissime del ricambio generale.

Tuttavia è chiaro che non può essere solamente questo l'ufficio dei sali basici nell'organismo, come pure mancano tuttora delle ricerche per istabilire le loro funzioni e la quantità necessaria al mantenimento dell'equilibrio nutritivo del medesimo. Non ci rimane quindi che la constatazione pura e semplice dei due dati di fatto:

---

[1] « Versuche über die Bedeutung der Aschenbestandtheile in der Nahrung. » (*Zeitschrift für Biologie,* Bd. IX, p. 297).

[2] « Ethnologischer Nachtrag zur Abhandlung die Bedeutung des Kochsalzes etc. » (*Zeitschrift für Biologie,* Bd. X, p. 130).

[3] « Ueber die Bedeutung der anorganischen Salze für die Ernährung des Thieres. » (*Zeitschrift für Physiologische Chemie,* Bd. V, p. 31).

1°, che la specie animale ha bisogno di un continuo rinnovamento di sali nutritivi; 2°, che la inanizione minerale determina un impoverimento organico generale, rapido e progressivo, e costituisce in taluni esseri e in determinate condizioni una impronta degenerativa ed un coefficiente di malattia.

II.

In tutti gli studi che hanno avuto per iscopo la soluzione dei numerosi problemi riguardanti il ricambio nutritivo, si è fatta, in genere, una parte relativamente assai limitata alle ricerche sulla maniera secondo cui l'organismo animale utilizza i sali minerali. La nozione che gli elementi inorganici entrando a far parte della costituzione del corpo, debbono essere di continuo rinnovati, non ci rivela che molto imperfettamente il còmpito di essi durante il loro passaggio attraverso l'organismo; non ci spiega infatti come comparendo quasi sempre inalterati nei prodotti del rifiuto, possano aver servito all'organismo nei suoi svariati e molteplici processi di scomposizione, di assimilazione e di eliminazione. Oltre a ciò, nell'animale adulto, che si trova in istato materiale di equilibrio, i sali eliminati giornalmente, sopratutto per mezzo delle urine, essendo quasi perfettamente corrispondenti a quelli introdotti con gli alimenti, non risulta evidente perchè sia necessaria una incessante rinnovazione di essi e per quale motivo, cessata o diminuita la loro presenza nelle sostanze alimentari, l'organismo se ne impoverisca tosto, cedendo a poco a poco anche quella parte che entra nella costituzione dei suoi tessuti.

Infatti è noto che se il nutrimento giornaliero si accresce oltre il necessario, così che resulti nell'organismo un'eccedenza di sostanze albuminoidi e di grasso, rimane pure trattenuto nel corpo tanta quantità di sali quanta si ritiene necessaria alla costituzione dei nuovi elementi, e viceversa, se il nutrimento non corrisponde al bisogno per cui il corpo è costretto a perdere una parte dei suoi tessuti, viene pure eliminata tanta quantità di sali, quanta corrisponde esattamente alla parte di elementi distrutti. In conclusione quindi noi vediamo che l'aumento come la diminuzione dei sali minerali nell'organismo, procede di pari passo col miglioramento

o l'affievolimento della sua nutrizione, della sua forza e della sua resistenza.

Rimane ancora sospeso il giudizio, se nell'accrescimento del peso del corpo e quindi nella formazione di nuovi tessuti, ai sali inorganici rimanga la parte di elementi inerti, ovvero essi esercitino in questo processo, come sembra più probabile, un còmpito attivo e non meno importante degli altri principii alimentari.

A chiarire questo punto della possibile influenza dei sali minerali, meglio che ogni altra ipotesi a me sembrerebbe potesse servire la legge che regola tutte le reazioni chimiche ed è base della chimica moderna: voglio dire la legge della doppia decomposizione, ammettendo che i sali minerali si combinino con le sostanze organiche formando dapprima dei composti solubili, che soggiacerebbero poi ad un'altra decomposizione, per la quale l'elemento minerale verrebbe eliminato, dopo compiuta la sua funzione mineralizzatrice, per gli emuntori naturali.

Questa ipotesi è completamente in armonia con quanto si verifica in tutti i fenomeni chimici organici ed inorganici sin qui meglio chiariti. Nei processi più complicati e meno intimamente studiati, tale ipotesi può sembrare meno plausibile, però questo dipende solo dal fatto che in tali casi ci sono mal noti o sconosciuti del tutto i termini fra i quali il processo si svolge e si compie. Così nella chimica stessa fu da gran tempo attribuita ad alcuni corpi una *azione di presenza*, laddove più tardi si riconobbe trattarsi di vere mutue doppie decomposizioni, nelle quali il composto cui si attribuiva la semplice azione di presenza, non fa altro che combinarsi con un corpo per dar agio a questo di combinarsi poi in una seconda fase con un secondo elemento, per ritornare infine nel suo stato primitivo (es.: la formazione dell'etere dall'alcool per azione dell'acido solforico).

Così per ciò che riguarda gli albuminoidi, per citare un esempio dei corpi più complessi e meno ben noti, se si ripensa che l'albumina può combinarsi tanto con basi energiche, come il mercurio, quanto con composti di natura acida, come l'acido tannico, e formare con essi dei composti stabili, si ha la prova certa che la molecola degli albuminoidi possiede aggruppamenti atomici dotati delle due funzioni chimiche più energiche ed opposte: cioè radicali acidi e radicali basici. Non deve perciò sembrare inverosimile che

gli albuminoidi possano porre in atto queste due funzioni chimiche al momento in cui debbono essere utilizzati dall'organismo, funzionando cioè come acidi e basi nel tempo stesso; e nemmeno deve sembrare improbabile che gli albuminoidi possano porre in atto queste medesime funzioni per mutue decomposizioni cogli elementi dei sali minerali, che insieme ad essi sono somministrati negli alimenti.

Alcune osservazioni tenderebbero già a dimostrare l'ammissibilità di questa ipotesi, ma in attesa che una maggiore ricchezza di esse sia in grado di confortare più efficacemente le premesse, ho desiderato frattanto di chiarire la maniera secondo la quale l'organismo, nelle differenti condizioni di salute o di malattia, si comporta di fronte a questi sali, sia riguardo alla quantità che alla natura di essi, esistenti od aggiunti alla razione alimentare giornaliera.

Oltre a ciò questo studio darà modo di verificare se esista qualche rapporto scambievole fra l'aumento o la diminuzione di alcuni sali (cloruri, fosfati) e di certe basi (calce, ferro) che esercitano nell'organismo delle funzioni ormai ben definite e del più grande valore.

Il ricambio materiale dell'organismo adulto e presso a poco in condizioni di perfetto equilibrio materiale, fu già lo scopo di numerose ricerche, dalle quali apparve cioè che l'organismo stesso tende a conservare un certo parallelismo fra la quantità di sali introdotta e quella eliminata. Ma queste deduzioni furono ricavate sempre dalla valutazione giornaliera dei sali somministrati con gli alimenti e di quelli espulsi con le urine, non rimane quindi per esse eliminata la questione se somministrando per lungo periodo di tempo una dieta alimentare ricca di sali minerali, questi ultimi possano venire, a poco a poco e quasi insensibilmente, ritenuti dall'organismo mercè un'assuefazione lenta e graduale e quindi non suscettibile di esser posta in evidenza da una semplice serie di ricerche sui prodotti finali del ricambio totale.

In quelle anomalie del ricambio poi, che sono dovute a condizioni patologiche particolari, la diminuzione o l'aumento di taluni componenti inorganici nelle urine, non hanno fornito sin qui alcun criterio circa l'aumento o la diminuzione dei medesimi nei tessuti del corpo

Il mezzo più acconcio quindi per giungere alla determinazione esatta della quantità e della natura dei sali di cui l'organismo potrebbe essere suscettibile di arricchirsi o di impoverirsi a seconda

delle varie condizioni di vita e di nutrimento, mi è sembrato quello di ricercare questi sali direttamente negli organi.

A tale scopo ho stabilito una serie di esperienze e di ricerche chimiche sopra un certo numero di animali per constatare le variazioni del *cloruro di sodio*, dei *fosfati*, della *calce* e del *ferro* nell'organismo a seconda di un'alimentazione ricca o povera di questi elementi minerali, a seconda che l'organismo si trovi in condizioni normali od in preda ad una malattia consuntiva capace di determinare profonde modificazioni del ricambio generale. Ho quindi ricercato:

1°) quali e quanti sali minerali l'organismo sia suscettibile di eliminare dai propri tessuti in seguito ad una alimentazione priva di elementi mineralizzatori;

2°) quale influenza sia capace di esercitare in un'alimentazione di questa natura, rispetto agli altri sali, l'aggiunta di cloruro sodico o di fosfati alcalini ed alcalino-terrosi;

3°) quale sia la quantità di cloruri, di fosfati, di calce e di ferro nell'organismo sano ed ammalato sottoposto ad un'alimentazione completa;

4°) quale influenza eserciti sulla quantità degli altri sali, nell'animale sano ed ammalato, l'aggiunta alla razione alimentare di cloruro sodico o di fosfati di sodio e di calcio.

Gli animali sottoposti all'esperienza furono delle cavie, e come processo morboso capace di determinare a lunga scadenza gravi disordini del ricambio materiale, io scelsi la tubercolosi.

Le inoculazioni vennero praticate nel peritoneo con materiale ottenuto da colture pure e recenti.

Il trattamento e la repartizione in differenti gruppi degli animali in esperienza erano stabiliti nella maniera seguente:

1° gruppo: *cavie normali*, nutrite con alimentazione giornaliera costante di crusca ed erbaggi;

2° gruppo: *cavie tubercolose*, sottoposte ad un regime identico al precedente;

3° gruppo: *cavie normali*, nutrite con alimentazione giornaliera e costante di crusca ed erbaggi, abbondantemente lavati in soluzione di cloruro sodico;

4° gruppo: *cavie tubercolose*, sottoposte al medesimo regime c.s.;

5° gruppo: *cavie normali*, nutrite con alimentazione giornaliera e costante di crusca ed erbaggi, abbondantemente lavati in una soluzione di fosfato sodico e calcico;

6° gruppo: *cavie tubercolose*, sottoposte al regime c. s.;

7° gruppo: *cavie normali*, nutrite con una alimentazione giornaliera, costituita da un impasto a caldo in acqua distillata di fecola di patate, albume d'uovo ed oleo-margarina [1];

8° gruppo: *cavie normali*, nutrite col medesimo regime giornaliero, costituito da un impasto a caldo in soluzione di cloruro sodico dei principii alimentari suddetti;

9° gruppo: *cavie normali*, nutrite col medesimo regime giornaliero, costituito da un impasto a caldo di una soluzione di fosfato sodico e calcico coi principii alimentari suddetti.

Di ciascun animale era tenuto conto del peso del corpo al principio ed alla fine delle esperienze. Queste ebbero la durata di circa quattro mesi, nel corso dei quali gli animali ebbero costantemente un nutrimento uguale a quello descritto; le cavie sottoposte ad un regime privato o impoverito di ceneri, morirono molto presto e l'analisi quantitativa dei sali venne praticata sugli organi ottenuti dal cadavere; le altre cavie furono sacrificate di tempo in tempo ed i loro organi sottoposti all'analisi; le cavie tubercolose morirono a differenti periodi molto ravvicinati fra loro, ed anche in questo caso la valutazione quantitativa dei sali, fu praticata sugli organi estratti dai cadaveri.

La ricerca qualitativa e quantitativa dei sali minerali nei vari organi era eseguita nella maniera seguente.

Morto o sacrificato che fosse l'animale, si raccoglievano e si pesavano da un lato il fegato, la milza, i reni, il cuore ed i polmoni, nei quali erano ricercati: il cloro, l'acido fosforico, il ferro e la calce, e dall'altro lato venivano estratti intieramente e pesati il cervello e il cervelletto, nei quali faceva la ricerca dell'acido fosforico.

Per tutte le serie delle determinazioni venne osservato il seguente

METODO ANALITICO.

Gli organi estratti dall'animale (escluso il cervello) e ridotti in piccolissimi frammenti, erano posti in una capsula di porcellana a fondo piatto e riscaldati a b. m., essendo rimossi con bacchetta di

[1] Alcuni saggi preliminari mi avevano già rassicurato che la fecola di patate, l'albumina dell'uovo e l'oleo-margarina contengono una quantità minima di ceneri e perciò affatto trascurabile nelle presenti ricerche.

vetro di tanto in tanto, sino a che fossero stati completamente disseccati; allora poneva la capsula sopra un bagno di sabbia, che riscaldava dapprima con fiamma moderata, e via via crescendo ed agitando spesso continuava in tal guisa il riscaldamento sino a che il contenuto della capsula non fosse completamente carbonizzato, evitando completamente qualsiasi contatto con oggetti o con pulviscolo suscettibili di cedere la più piccola traccia di ossido di ferro. Dopo ciò riscaldava per pochi minuti a fiamma diretta su rete metallica sino al rosso cupo. Lasciava raffreddare e riprendeva per tre volte di seguito il residuo della capsula con acqua bollente, che decantava su piccolo filtro, raccogliendo il filtrato su di un piccolo bicchiere da precipitazione.

Questo filtrato, contenente tutti i sali solubili, poneva a concentrare in capsula di platino, portandolo infine per pochi minuti al rosso scuro (porzione *a*).

Disteso il filtrino sull' imbuto ed aiutato da un sottile getto di acqua, levavo le particelle solide che vi erano aderenti, e le facevo cadere entro una capsula di platino ove riuniva tutto il residuo per la incinerazione. Evaporava a b. m. l'acqua di questa capsula, disseccava a bagno di sabbia e quindi inceneriva il residuo nella muffola a forte calore (porzione *b*).

In tal guisa tra il residuo del liquido *a* e il contenuto della capsula *b*, io aveva le ceneri di tutti gli organi.

Occorrendo al mio studio di sapere il tenore degli organi incinerati in acido cloridrico, acido fosforico, ferro e calce, e disponendo sempre di una piccola quantità di ceneri, era impossibile il proporsi di dosare separatamente questi elementi, ma occorreva trovare un metodo sistematico di determinazione per tutti i corpi, nella totalità delle ceneri fornite dagli organi di ciascun animale.

Ecco il metodo da me seguito e che parmi abbia felicemente risolute le difficoltà.

Determinazione dell'acido cloridrico. Ho creduto utile trar profitto di un' indicazione dello Schlösing basata sul fatto che un liquido contenente HCl o cloruri, trattato a caldo con NHO_3, svolge vapori cloronitrici e se l'acido nitrico vi è in quantità sufficiente e a forte concentrazione, la totalità del cloro viene eliminata dal liquido; i vapori cloro-nitrici ricevuti in acqua raffreddata vi si condensano

integralmente e rigenerano gli acidi nitrico e cloridrico, e se quest'acqua contiene $Ag\,NO_3$, tutto il cloro che era nel pallone, si ritrova alla fine in quest'acqua precipitato allo stato di cloruro d'argento.

Questo processo presentava una difficoltà pratica dipendente dal fatto che i vapori cloro-nitrici alterano rapidamente la materia organica del turacciolo che chiude il pallone entro cui si formano. Coll'apparecchio seguente si ovvia anche a questo e si compie la separazione dei cloruri esistenti nelle ceneri in circa 1 ora e 30'. (Vedi figura I).

Il palloncino *A* della capacità di 200 cmc. nel quale si pone il liquido da analizzare insieme all'acido nitrico, ha il suo collo tirato verso il mezzo, ed è munito di un tappo di sovero (*b*) attraversato da due tubi *t* ed *u*. Il tubo *t* è di almeno 8 mm. di diametro interno e lascia pochissimo spazio fra le due pareti e lo strozzamento del collo del pallone, e la sua estremità (*c*) che oltrepassa di poco la base del collo è tagliata a becco di flauto, per facilitare lo scolamento del vapore condensato sulle sue pareti e delle proiezioni che ricadono nel pallone. L'altra estremità è tirata quasi a punta e s'immerge fino al fondo in una bevuta (*D*) contenente della soluzione acquosa di $Ag\,NO_3$ al 20 %, attraversando prima a serpentino un manicotto (*C*) nel quale circola costantemente acqua fredda e fa in modo che i vapori di distillazione giungano già liquefatti e freddi nella piccola bevuta, che per precauzione è immersa in una vaschetta nella quale circola pure dell'acqua.

Il tubo *n* pone in relazione il pallone *A* col pallone *B* ove costantemente trovasi dell'acqua distillata in ebollizione.

Il liquido da analizzare (ossia la parte solubile in acqua della capsula *a* e le ceneri della capsula *b* riprese con NHO_3) s'introduce nel pallone *A* e vi si aggiunge un volume doppio di NHO_3 concentrato e privo affatto di Cl; si riscaldano i palloni *A* e *B*, in modo che *B* dia vapor d'acqua prima che *A* sia in ebollizione. Quando i liquidi dei due palloni sono in piena ebollizione, il vapor d'acqua, arrivando da *n*, riempie lo spazio compreso fra il tappo *b* e lo strangolamento del collo di un'atmosfera gassosa che scola in modo continuo dall'alto al basso e che i vapori cloro-nitrici uscenti dal liquido di *A* non possono penetrare; questi ultimi sono costretti a trovare l'uscita per l'apertura *c* donde vanno a condensarsi in *D*.

Si è avvertiti che tutto il cloro fu espulso, dal fatto che le ul-

time gocce che distillano, non intorbidano più in alcun modo la colonna di liquido contenente $AgNO_3$ che sale dalla bevuta sino verso la porzione *m* del tubo.

A questo punto si toglie la bevuta *D* si stappa *A* prima di spegnere la fiamma sotto di *B* per evitare che il turacciolo *b* venga ad essere danneggiato dai vapori cloro-nitrici di *A*.

Ho quindi proceduto al dosamento del cloro in peso allo stato di cloruro d'agento.

Questo metodo che ho riscontrato molto esatto, avendolo previamente controllato con quantità note di cloruri, consente di determinare il cloro esistente nella totalità delle ceneri di ogni gruppo d'organi, senza richiedere la introduzione del reattivo fisso ($Ag\ NO_3$) nella sostanza da analizzarsi e quindi senza complicare le operazioni successive; è poi particolarmente utile al caso nostro in cui, mentre si elimina o si dosa il cloro, vengono trasformate le rimanenti basi in nitrati, ciò che è convenientissimo al proseguimento delle altre ricerche da praticarsi nel liquido rimasto nel pallone.

Determinazione del ferro. Siccome la quantità di ferro presente nelle mie analisi era sempre relativamente piccola, mentre l'acido fosforico vi si trovava in quantità molto superiore a quella occorrente a saturare tutto il ferro, così approfittai di tale circostanza per dosare questa base allo stato di fosfato.

Il liquido rimasto nel pallone *A* veniva travasato in un bicchiere e concentrato a b. m. sino quasi a secco per discacciare la maggior parte di acido nitrico, quindi veniva aggiunta dell'acqua sino a volume di circa 100 cmc.; dopo ciò neutralizzava l'acidità con un leggero eccesso di NH_3 e quindi aggiungeva acido acetico sino a leggera acidità, riscaldando in fine a b. di sabbia sino all'ebullizione. In tal caso tutto il ferro si precipita allo stato di fosfato di ferro in fiocchi voluminosi, che pel calore si raccolgono e si agglomerano nel fondo del recipiente. Si filtra, si lava il precipitato con acqua bollente acetificata, si secca, si calcina e si pesa. Si ha così tutto il ferro e una parte dell'acido fosforico della soluzione: il peso trovato, detratte le ceneri del filtro, è *fosfato di ferro* che prodotto in questi condizioni ha una composizione ben definita P_2O_5, Fe_2O_3); si può quindi dedurre da esso il peso della base e quello dell'acido fosforico moltiplicando, nel primo caso per 0.37086, nel secondo caso per 0.4702

Determinazione dell'acido fosforico. Per dosare l'acido fosforico che ancora rimane nella soluzione, ho sperimentato tre diversi metodi: 1° versando nel filtrato acetico, tale e quale ottenuto, goccia a goccia di una soluzione titolata di $Fe\,NO_3$ sino a che il precipitato di fosfato di Fe assume una tinta ocracea preannunciante che diviene basico. Questo precipitato, separato per filtrazione, è lavato con acqua bollente, calcinato e pesato: si sa quanto ferro contiene per la quantità di nitrato di ferro impiegata, si ha quindi per differenza il peso di acido fosforico; si addiziona questo peso con quello dell acido fosforico già trovato, e si ha l'acido fosforico totale. 2°, prendendo una parte aliquota del filtrato acetico, evaporando a secchezza, riprendendo con poco acido nitrico diluito e quindi precipitando l'acido fosforico con molibdato ammonico per dosarlo infine come pirofosfato di magnesia. 3°, prendendo una parte del liquido stesso, tale e quale si trova, e su di esso dosando l'acido fosforico volumetricamente con una soluzione titolata di acetato d'uranio.

Dai resultati delle prove preliminari, apparve che questi tre metodi forniscono cifre concordanti, ma detti la preferenza alle determinazioni col metodo volumetrico dell'uranio non solamente per la maggiore semplicità di esso, ma ancora perchè in questo caso io aveva il vantaggio grandissimo che dopo precipitato il fosfato di ferro, il liquido filtrato, essendo leggermente acetico e con piccola quantità di acetato alcalino, si trovava già nelle condizioni necessarie e più convenienti per la determinazione.

Il liquido acetico da cui era stato precipitato e sottratto il fosfato di ferro, era portato a 250 cmc.; di questo erano impiegati 50 cmc. per la valutazione delle P_2O_5 con l'acetato di uranio nella maniera ben nota [1].

Determinazione della calce. Venivano usufruiti i rimanenti 200 cmc. di liquido, che si trovava già nelle condizioni più opportune essendo acido per solo acido acetico. Aggiungeva quindi ossalato ammonico in eccesso, dopo 3-6 ore filtrava, lavava, inceneriva, pesava e aggiungeva alla quantità di ossido di calce in tal guisa ottenuta, $^1/_5$ del suo peso.

[1] Mohr: « Traité d'analyse chimique par la méthode des liqueurs titrées. » Paris, 1888, pag. 441.

Determinazione dell'acido fosforico nel cervello. In queste ricerche il compito rimaneva molto più semplificato per il piccolo volume dell'organo.

Ogni cervello, subito dopo la estrazione del cadavere, veniva ridotto in minutissimi frammenti e spappolato con poco acido nitrico in piccola capsula di porcellana e quindi, dopo essere stato ridotto quasi a secchezza a b. m veniva portato su bagno di sabbia sino a carbonizzazione completa. Dopo ciò era incenerito a calor rosso nella muffola; le ceneri, riprese con poco acido nitrico, erano trattate nel modo solito e l'acido fosforico era dosato col metodo del molibdato d'ammonio.

Si comprende di leggeri come in questo caso s' imponesse il metodo ponderale sul metodo volumetrico cui demmo la preferenza per le determinazioni dell'acido fosforico negli altri organi, a causa degli altri elementi minerali della sostanza cerebrale, la cui presenza avrebbe necessitato più lunghi trattamenti per ottenere resultati attendibili col metodo dell'uranio.

La quantità di acido fosforico nel cervello veniva quindi esclusivamente ricavata dal peso del pirofosfato di magnesia.

III.

Ho desiderato premettere questo breve cenno sui metodi analitici seguiti nel corso delle presenti ricerche, inquantochè trattandosi nel caso attuale, di determinazioni della più scrupolosa esattezza e di valori talvolta molto piccoli, il giudizio intorno a questi ultimi non avrebbe potuto recarsi se non dopo una conoscenza completa e particolareggiata dei mezzi destinati a raggiungerli. Vengo quindi senz'altro all'esposizione delle cifre ottenute dalle singole determinazioni; e poichè le considerazioni che ne debbono seguire, rimarranno molto più facili se invece di soffermarsi in maniera particolareggiata intorno ad ogni singolo caso prenderanno tosto di mira i criteri generali che informarono le presenti ricerche, così questi saranno desunti direttamente sia dalle cifre riportate volta per volta, come dalle altre nozioni riguardanti l'aumento o la diminuzione in peso degli animali, la durata del regime o della malattia ecc. ecc., che per amore di brevità tralascio di riportare integralmente dal protocollo delle esperienze.

Comportamento dei sali minerali nell'organismo sano ed ammalato:

A — **Alimentazione completa o priva di elementi mineralizzatori.**

REGIME ALIMENTARE	N.° di ordine delle analisi	Peso dell'animale in gr.mi avanti la esperienza	Peso dell'animale in gr.mi dopo la esperienza	Peso degli organi gr.	ELEMENTI MINERALI DEGLI ORGANI P_2O_5 totale	P_2O_5 %	Na Cl totale	Na Cl %	Ca O totale	Ca O %	Fe totale	Fe %	Peso dell'organo gr.	P_2O_5 del cervello P_2O_5 totale	P_2O_5 del cervello P_2O_5 %
Alimentazione completa (erbaggi e crusca) in *animali normali*	II	310-295-560	365-320-612	80.110	0.4759	0.5940	0.1355	0.1689	0.0197	0.0246	0.0321	0.0301	11.525	0,0611	0,5327
	III	320-345	350-372	70	0.3545	0.5064	0.0929	0.1327	0.0118	0.0170	0.0206	0.0294	9	0.0753	0.8406
	IV	570-585	600-610	108	0.5566	0.5153	0.1258	0.1260	0.0241	0.0226	0.0358	0.0331	9	0.0711	0.7910
	XVII	456	474	55	0.2354	0.4280	0.0571	0.1038	0.0120	0.0218	0.0201	0.0365	3.720	0.0323	0.8682
Alimentazione completa (idem) in *animali tubercolosi*	X	355	250	70	0.3585	0.5121	0.0837	0.1205	0.0072	0.0103	0.0146	0.0209	3.400	0.0285	0.8206
	XVIII	363	314	54	0.2663	0.4932	0.0530	0.0982	0.0062	0.0116	0.0104	0.0191	4.020	0.0225	0.6408
	XIX	355	310	60	0.2829	0.4706	0.0697	0.1162	0.0058	0.0098	0.0130	0.0217	3.460	0.0275	0.7961
Alimentazione priva di sali in *animali normali*	VII	370	338	26.50	0.0666	0.2513	0.0245	0.0924	0.0045	0.0169	0.0104	0.0394	4.230	0.0290	0.6855
	VIII	290	307	20	0.0342	0.1710	0.0182	0.0910	0.0041	0.0205	0.0071	0.0355	3.906	0.0332	0.8512

Gli animali cui vennero sottratti integralmente i sali degli alimenti, sopravvivono poco tempo alla inanizione minerale. La durata della vita non oltrepassa i 21-23 giorni e tale fu appunto quella dei due animali destinati alle analisi sopra riferite; il peso del corpo diminuisce sempre più o meno fortemente; in un solo caso (analisi VIII) verificai un leggero aumento di pochi grammi.

Instituendo dei paragoni con quanto fu ottenuto dalle analisi degli organi appartenenti a cavie normali, si osserva che in tutti gli animali si ha una marcata diminuzione dei sali negli organi, ad eccezione del cervello ove l'acido fosforico sembra resistere tenacemente all'impoverimento generale: nel rimanente del corpo tale impoverimento è più sensibile riguardo alla calce ed al ferro. quest'ultimo oscilla infatti di poco al di sotto della media normale.

Negli animali tubercolosi si ha pure una diminuzione dei sali inorganici, ma questa è meno accentuata che negli animali sottoposti alla inanizione minerale: i fosfati, così del cervello come degli altri organi, si mantengono di un tenore presso a poco normale; un impoverimento reale si ha invece per la calce, per il ferro e segnatamente per i coloruri: il livello della calce e del ferro è infatti, in questo caso, ancora più basso di quello che, riguardo a queste medesime basi, si verifica negli animali morti in seguito alla sottrazione totale dei sali.

B — Alimentazione con eccedenza di cloruro sodico.

REGIME ALIMENTARE	N.° di ordine delle analisi	Peso dell'animale in gr.mi avanti la esperienza	Peso dell'animale in gr.mi dopo la esperienza	Peso degli organi gr.	ELEMENTI MINERALI DEGLI ORGANI P_2O_5 totale	P_2O_5 %	Na Cl totale	Na Cl %	Ca O totale	Ca O %	Fe totale	Fe %	Peso dell'organo gr.	P_2O_5 del cervello P_2O_5 totale	P_2O_5 %
Alimentazione completa (erbaggi e crusca) con eccedenza di cloruro sodico, in *animali normali.*	XIII	242	305	27	0.1380	0.5111	0 0498	0.1844	0.0062	0.0229	0.0069	0.0256	3.890	0.0325	0.8354
	XX	410	435	38	0.2062	0.5427	0.0643	0.1694	0.0262	0.0691	0 0151	0.0398	4.000	0.0319	0.7983
	XVI [1]	417	510	42	0.2379	0.5238	0.0690	0 1642	0.0301	0.0716	0.0141	0 0335	4.025	0 0335	0.8326
Alimentazione completa (idem) con eccedenza di cloruro sodico, in *animali tubercolosi.*	IX	740	470	60	0.2612	0 4353	0.0990	0.1650	0.0110	0.0183	0.0246	0.0410	4 250	0.0342	0.8035
	XXI	425	375	55	0.3265	0.5938	0.0891	0.1621	0.0146	0.0266	0.0171	0 0312	4.010	0.0325	0.8112
	XXII	405	340	48	0.2596	0.5409	0.0823	0.1716	0.0096	0.0201	0.0137	0.0206	3.982	0.0366	0.9201
Alimentazione priva di sali, con aggiunta di solo cloruro sod.°, in *animali normali.*	V	500	395	59	0 2029	0.5203	0.0527	0.1352	0 0074	0.0189	0.0141	0.0306	5.000	0 0136	0.2720
	XXVI	462	326	26	0 1345	0.5175	0.0357	0.1374	0.0057	0.0221	0.0065	0.0291	4,120	0.0175	0.4271

[1] L'analisi XVI venne eseguita 10 giorni dopo cessata la somministrazione artificiale dei sali nell'alimento.

L'aggiunta di cloruro sodico al regime alimentare privo di altri elementi mineralizzatori, mentre non arresta un' istante il dimagramento progressivo degli animali i quali non possono vivere più di 20-22 giorni a vitto costituito esclusivamente di idrati di carbonio, di albumina e di grassi. d'altro lato sembra costituire un elemento di risparmio per tutti gli altri sali inorganici dei tessuti.

Infatti gli animali che ricevettero un alimento il quale in luogo degli altri dati, conteneva solo in abbondanza del cloruro di sodio, perdettero ben poco di elementi minerali rispetto alla media che si sarebbe ottenuta dopo un'alimentazione completa; al contrario la quantità di cloruro sodico si mantenne uguale ed alquanto superiore alla normale, mentre nel cervello si ebbe una diminuzione sensibilissima di fosfati. Queste medie però, ad eccezione dell'acido fosforico del cervello, sono di gran lunga superiori a quelle ottenute negli animali tubercolosi e negli animali posti a digiuno di alimenti inorganici.

L'aggiunta di cloruro di sodio ad un'alimentazione completa produsse effetti ancora migliori: accrebbe costantemente il peso del corpo e si ebbe un aumento talora marcatissimo di tutti i sali dell'organismo. Questo aumento fu notevole sopratutto riguardo ai cloruri, ai fosfati ed alla calce: il ferro si elevò di poco al di sopra della normale.

I medesimi effetti si sono verificati anche negli animali tubercolosi, nei quali la influenza del cloruro di sodio, per quanto non sembri avere agito favorevolmente sulla diminuzione del peso del corpo nè sul decorso della malattia, nondimeno rappresentò un elemento di risparmio notevolissimo riguardo a tutti gli aitri sali.

Le cavie tubercolose cui venne somministrato il cloruro di sodio apparvero molto meglio fornite di tutti gli altri sali, non solamente rispetto alle cavie normali, ma anche rispetto alla stesse cavie tubercolose mantenute a vitto completo.

Ma dinanzi a questi resultati così concordi eppur tuttavia in opposizione con quanto fu ritenuto sin'ora circa le proprietà cumulative dei sali minerali nell'organismo, si sarebbe potuto fare un'obiezione, richiedendosi cioè se tale esuberanza di elementi inorganici, avesse rappresentato nelle mie determinazioni una circostanza transitoria dipendente dal fatto che io analizzava i visceri

di animali i quali, per l'alimentazione ricca di sali, dovevano contenere necessariamente questi ultimi nella circolazione generale anche all'atto della loro ricerca.

Per definire quindi anche tale questione, io soppressi l'alimentazione salata ad alcuni animali, somministrando loro per altri dieci giorni consecutivi, un vitto semplice di erbaggi e crusca. Trascorso questo periodo, durante il quale l'organismo si sarebbe dovuto certamente liberare della quantità di sali che non fosse rimasta legata stabilmente ai tessuti, procedei alle relative determinazioni (vedi analisi XVI) le quali mi forniorno la sicurezza che l'aumento dei sali constatato per mezzo delle analisi precedenti, non era dipeso affatto dalla quantità assorbita giornalmente col cibo, ma da un vero e proprio accumulo di sali verificatosi a poco a poco negli organi e nel sangue.

C — Alimentazione con eccedenza di fosfati alcalini e alcalino-terrosi.

REGIME ALIMENTARE	N.° di ordine delle analisi	Peso dell'animale in gr.mi avanti la esperienza	Peso dell'animale in gr.mi dopo la esperienza	Peso degli organi gr.	ELEMENTI MINERALI DEGLI ORGANI P_2O_5 totale	P_2O_5 %	Na Cl totale	Na Cl %	Ca O totale	Ca O %	Fe totale	Fe %	Peso dell'organo gr.	P_2O_5 del cervello $P_{25}O$ totale	P_2O_5 %
Alimentazione completa (erbaggi e crusca) con eccedenza di fosfati, in *animali normali.*	XII	220	243	24	0.1571	0.6545	0.0337	0.1404	0.0232	0.0967	0.0135	0.0562	4.050	0.0374	0.9234
	XV [1]	380	412	43	0.2327	0.5411	0.0650	0.1512	0.0461	0.1072	0.0202	0.0469	4.150	0.0375	0.9036
	XXIII	255	325	36	0.2417	0.6711	0.0534	0.1485	0.0409	0.1138	0.0171	0.0485	3.764	0.0348	0.9271
Alimentazione completa (idem) con eccedenza di fosfati, in *animali tubercolosi.*	XI	605	502	52	0.3074	0.5911	0.0731	0.1405	0.0299	0.0575	0.0294	0.0565	4.350	0.0405	0.9362
	XXIV	568	481	49	0.3012	0.6148	0.0702	0.1393	0.0338	0.0693	0.0240	0.0491	4.221	0.0380	0.9013
	XXV	438	364	43	0.2490	0.5791	0.0559	0.1302	0.0327	0.0761	0.0201	0.0468	3.961	0.0322	0.8147
Alimentazione priva di sali, con aggiunta di soli fosfati, in *animali normali.*	XIV	355	642	27	0.1215	0.4500	0.0031	0.0116	0.0107	0.0396	0.0091	0.0337	4.300	0.0296	0.6881
	XXVII	415	316	31	0.1816	0.5866	0.0037	0.0121	0.0068	0.0321	0.0085	0.0261	4.020	0.0289	0.7190

[1] L'analisi XV venne eseguita 10 giorni dopo cessata la somministrazione artificiale dei sali nell'alimento.

I fosfati alcalini ed alcalino-terrosi aggiunti ad un regime alimentare privo di ogni altro sale, costituiscono evidentemente, come il cloruro di sodio, un elemento di risparmio riguardo agli altri componenti minerali del corpo.

Nelle cavie nutrite con albumina, amido e grassi, si mantenne sempre elevata la quantità di acido fosforico in tutti gli organi: la calce ed il ferro subirono un aumento notevole anche rispetto alle cifre corrispondenti ottenute negli animali sani nutriti con alimenti completi o addizionati di cloruro sodico. Si ebbe invece una gravissima ed inesplicabile diminuzione di quest'ultimo, quale non erasi mai verificata neppure sottraendo completamente tutti i sali dall'alimentazione.

Ma l'intervento veramente prezioso dei fosfati si verificò tanto nelle cavie sane che nelle cavie tubercolose cui erano stati somministrati gli alimenti completi addizionati abbondantemente di questi sali. L'acido fosforico, specialmente nelle prime, aumentò in modo rilevante; la calce ed il ferro raggiunsero cifre ragguardevoli in tutte le determinazioni; il cloruro di sodio pure si accrebbe in maniera notevole, tanto nelle cavie normali come nelle tubercolotiche, sino a superare di gran lunga la quantità solita a rintracciarsi negli organi delle stesse cavie normali nutrite con alimenti completi.

I resultati dell'analisi XV dimostrano inoltre come, anche dopo cessata la somministrazione dei fosfati negli alimenti, la quantità dei sali, di cui si era arricchito a poco a poco l'organismo, fosse rimasta all'incirca costante; tutto questo conferma quindi il fatto già osservato, che cioè i sali minerali non solamente possono aumentare nell'organismo al di sopra del livello normale, ma che tale aumento lungi dal rappresentare una circostanza occasionale e transitoria, una volta verificatosi persisterebbe molto a lungo ed il ritorno all'equilibrio minerale primitivo non potrebbe compiersi quindi che in maniera lenta e graduale.

IV.

I fatti posti in rilievo dalle presenti ricerche e che riassumo nel presente quadro, forniscono il punto di partenza di non poche considerazioni circa la facoltà posseduta dall'organismo di utilizzare

i sali inorganici e circa la influenza e le funzioni vicarie di taluni di essi rispetto ai differenti elementi minerali del corpo.

È necessario un esame accurato di questa specie di bilancio inorganico per fissare il valore e l'ufficio de' relativi componenti di esso.

Media riassuntiva percentuale di tutte le analisi.

REGIME ALIMENTARE	STATO degli ANIMALI	ELEMENTI MINERALI DEGLI ORGANI				Cervello
		P_2O_5 %	Na Cl %	Ca O %	Fe %	P_2O_5 %
Alimentazione completa	normali	0.5109	0.1328	0.0215	0.0323	0.7581
	tubercolosi	0.4919	0.1116	0.0105	0.0207	0.7525
Alimentazione completa con cloruro di sodio	normali	0.5258	0.1727	0.0545	0.0329	0.8187
	tubercolosi	0.5233	0.1662	0.0217	0.0336	0.8449
Alimentazione completa con fosfati	normali	0.6223	0.1467	0.1059	0.0505	0.9180
	tubercolosi	0.5617	0.1366	0.0676	0.0508	0.8810
Alimentazione priva di ceneri	normali	0.2161	0.0917	0.0187	0.0274	0.7682
Aliment. id. con cloruro di sodio	normali	0.5198	0.1363	0.0133	0.0298	0.3490
Aliment. id. con fosfati	normali	0.5183	0.0118	0.0358	0.0299	0.7035

Cominciamo dal *cloruro di sodio.*

La circostanza che noi prendiamo dalla natura inorganica solo questo sale ed aggiungiamo alle sostanze alimentari organiche solamente questo, mentre per ciò che riguarda gli altri sali ne abbiamo a sufficienza di quelli che si trovano negli alimenti, depone senza dubbio *a priori* per il grande valore fisiologico del sale da cucina. Una grande quantità di osservazioni ci hanno inoltre dimostrato ch'esso esercita nella economia uffici di molta

importanza: concorre alla formazione del succo gastrico, serve a compensare la quantità esuberante di sali di potassio nella dieta vegetale, secondo alcuni aumenta le funzioni nutritive, il potere di diffusione dei liquidi organici, i globuli rossi, il potere bactericida del sangue ecc. Sorse quindi spontanea la questione se fosse possibile aumentare la quantità dei cloruri contenuti nell'organismo allo stato normale. A questa domanda rispose già negativamente LEHMANN [1] il quale avrebbe trovato che qualunque sia la quantità di cloruro di sodio somministrata, la proporzione del medesimo nel sangue è sempre la stessa, giacchè il cloruro sodico si ritrova quasi tutto nelle urine.

I resultati delle ricerche attuali deporrebbero invece in un senso del tutto contrario, giacchè non solamente l'organismo apparve capace di ritenere una quantità di cloruri superiore alla normale, ma l'aggiunta di questo sale agli alimenti ebbe per effetto di aumentare notevolmente la quantità degli altri sali anche in quegli animali i quali, o essendone stati privati o trovandosi colpiti da gravi disturbi del ricambio, avrebbero dovuto necessariamente impoverirsene. Inoltre, la circostanza che gli animali tubercolosi o nutriti con soli alimenti organici, pur diminuendo progressivamente nel peso del corpo, per il solo fatto della somministrazione di cloruro sodico, serbarono inalterato od accrebbero negli organi il tenore dei loro sali, rende sempre maggiormente probabile la supposizione che questo sale debba avere una funzione fisiologica molto più importante di quella che solevasi attribuirgli; rappresenterebbe cioè un coefficiente di risparmio per tutti gli altri elementi minerali in quei casi nei quali questi ultimi vengono a mancare o diminuiscono negli alimenti.

Anche riguardo ai *fosfati* siamo condotti a conclusioni del tutto identiche. Non possediamo ancora notizie precise circa il cómpito riserbato all'acido fosforico nell'organismo. Esso trovasi nella natura inorganica come prodotto della massima ossidazione, combinato alle basi, specialmente agli alcali e alle terre alcaline, e giunge in tale maniera nell'organismo animale col vitto vegetale

[1] *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, Bd. I., p. 141

abbandonandolo poi nella forma stessa in cui entra nelle piante, ossia come fosfato.

I fosfati alcalino-terrosi servirebbero alla nutrizione delle ossa, i fosfati alcalini costituiscono inoltre uno dei principali elementi del sangue giacchè entrano nella composizione dei globuli rossi ove eserciterebbero una parte molto importante sia per la fissazione del Co_2 [1], sia per le combinazioni cui darebbero luogo col ferro [2]. Malgrado ciò, malgrado che il fosforo si ritenga ancora destinato a riparare le perdite incessanti del sistema nervoso, inquantochè entra a far parte di molecole organiche molto complesse (lecitine) che sono componenti essenziali degli elementi nervosi, si sono avuti sempre dei dubbi circa la utilità della somministrazione dei fosfati e circa la possibilità del loro aumento nei tessuti del corpo.

Si sarebbe trovato infatti che i fosfati solubili passerebbero quasi completamente nelle urine e gl'insolubili nelle feci.

Contrariamente però a tali premesse, ho verificato che la somministrazione di fosfati non solo determina sempre il loro aumento in tutti gli organi, segnatamente nel cervello, ma, nella stessa maniera che fu constatato per il cloruro di sodio, esercita in proporzioni anche maggiori di quest'ultimo, l'ufficio di elevare nei tessuti la percentuale di tutti gli altri elementi minerali. E poichè questo aumento generale dei sali nell'organismo, dovuto all'aggiunta di fosfati nell'alimentazione, fu constatato non solamente negli animali in condizioni del tutto fisiologiche, ma ancora in quelli che, o per il nutrimento incompleto o per l'infezione tubercolare, andarono soggetti ad un dimagramento rapido e progressivo il quale ebbe termine infine colla morte, così dobbiamo ritenere che anche i fosfati, come abbiamo visto per i cloruri, debbono compiere una funzione fisiologica di gran lunga più importante di quella che le teorie sin qui dominanti loro attribuivano.

Da queste esperienze resulta la conoscenza di un nuovo fatto rimasto necessariamente sin qui sconosciuto a chi procedeva nelle ricerche guidato dalle teorie già accettate: il fatto cioè che il cloruro di sodio ed i fosfati non soltanto possono accumularsi

[1] Bunge: « Zur quantitative Analyse des Blutes. » (*Zeitschrift für Biologie*, Bd. XII, p. 190).

[2] Jolly: « Sur le mode de combinaison du fer dans l'hémoglobine. » (*Comptes Rendus de l'Acad.* etc., 1879, p. 1037).

nell'organismo allorchè questi trovasi già in perfetto equilibrio alimentare e in condizioni fisiologiche, ma altresì che ciascuno di essi, nell'animale cui sia somministrato come unico elemento minerale, esercita un'azione di risparmio rispetto a tutti gli altri sali. Infatti noi sappiamo già che i tessuti s'impoveriscono dei sali nella misura corrispondente alla perdita di sostanza organica; invece la quantità di questi sali minerali che nelle mie esperienze rimase negli organi, superò di assai la quantità che avrebbe dovuto rimanervi se il cloruro di sodio ed i fosfati alcalini (che dalle esperienze risultarono in quest'ufficio - *paralleli*), non avessero esercitato un'importante azione conservatrice a loro riguardo.

Di un ordine affatto differente sono le considerazioni che dobbiamo fare circa il comportamento della *calce*, poichè nel corso delle esperienze questa base non venne somministrata che in una sola categoria di animali, in quelli cioè che ricevevano un'alimentazione ricca di fosfati. Si è ormai stabilito con certezza che i sali di calcio aggiunti all'alimentazione vengono assorbiti, ma non si hanno ancora dati concordi sulla grandezza di tale assorbimento. Tuttavia resulta dalle esperienze di PERL [1] e di FORSTER [2] che essa può, in date circostanze, eliminarsi dall'organismo in quantità superiore a quella introdotta; anche durante l'inanizione minerale una certa quantità di calce si ritrova costantemente nelle urine e nelle feci come prodotto della distruzione dei tessuti, il che starebbe perfettamente d'accordo con quanto fu osservato riguardo alla eliminazione degli altri sali dall'organismo.

La questione dei sali di calcio nell'alimentazione e la possibilità del loro assorbimento, hanno assunto una speciale importanza dopochè VOIT [3] e BAGINSKY [4] riuscirono a riprodurre il rachitismo, mantenendo i cani giovani con un'alimentazione composta esclusivamente di carne e di grasso. Rimaneva quindi di grande inte-

---

[1] « Ueber die Resorption der Kalksalze. » (*Virchow's Archiv*, 1878, vol. 74, p. 54).

[2] « Versuche über die Bedeutung der Aschenbestandtheile in der Nahrung. » (*Zeitschrift für Biologie*, Bd. IX, p. 297) e: « Uber die Verarmung des Körpes speciell der Knochen an Kalk bei ungenugender Zufuhr. » (Ibidem, Bd. XII, p. 464).

[3] « Ueber die Bedeutung des Kalkes für den thierischen Organismus. » (*Zeitschrift für Biologie*, Bd. XVI, 1880).

[4] « Ueber den Einfluss der Entziehung des Kalkes in der Ernährung. » (*Arch. für Physiologie*, 1881) e: « Zur Pathologie der Rachitis. » (*Virchow's Archiv*, Bd. LXXXVII, 1882).

resse il conoscere sotto quali condizioni sia possibile ottenere il suo aumento nei tessuti del corpo ed in quali rapporti essa si trovi rispetto agli altri sali inorganici.

Uno sguardo superficiale sull'ultimo quadro riassuntivo delle determinazioni suaccennate, dimostra anzitutto che, indipendentemente dal genere di alimentazione, la calce diminuisce nella inanizione minerale e nella infezione tubercolare.

L'aggiunta di cloruro sodico al nutrimento reca come conseguenza un aumento così notevole della calce, percui negli animali in condizioni fisiologiche, questo può raggiungere il doppio della quantità normale, e nei tubercolosi non si abbassa mai al di sotto di questo livello. Allorquando poi venga somministrata sotto forma di fosfati, non solamente essa oltrepassa il limite fisiologico negli animali nutriti con alimenti privi di ogni altra sostanza minerale, ma negli animali sani sorpassa quest'ultimo di 4 o 5 volte e nei tubercolosi, malgrado il progressivo e forte dimagramento, l'oltrepassa pure di 2 o 3 volte.

Tali resultati dimostrano quindi come i sali di calcio possano assorbirsi certamente dalle pareti intestinali e fissarsi negli organi oltre la misura fisiologica, inoltre confermano sempre più quanto fu osservato precedentemente, e cioè che l'aggiunta di cloruro sodico e di fosfati alcalini alla sostanza alimentare, qualunque sieno le condizioni del ricambio, ha per effetto la conservazione del pareggio nel bilancio degli elementi minerali del corpo.

Anche riguardo alla calce, nella stessa maniera che apparve per i cloruri e per i fosfati, una volta verificatosi l'aumento nei tessuti, questo permane a lungo e non accenna alcuna forte tendenza (analisi XV) a modificarsi.

Dobbiamo prendere ora in considerazione l'ultimo fra i corpi minerali che hanno formato l'oggetto delle mie ricerche, cioè il *ferro*.

Ma di fronte a questo elemento inorganico che rappresenta non meno degli altri, un ufficio così importante in fisiologia, ci troviamo in condizioni di esperimento affatto eccezionali. Infatti all'opposto di tutte le altre sostanze minerali, nelle urine il ferro non si può constatare direttamente, ma soltanto dopo la incinerazione, il che prova che non è contenuto nel liquido allo stato di sale, ma in

combinazione organica [1]; oltre a ciò resulta da parecchie ricerche che le combinazioni inorganiche del ferro non sono assorbite [2] perchè esse vengono decomposte e rese insolubili nel canale intestinale; quindi l'organismo non è suscettibile di utilizzare il ferro se non allo stato di combinazione organica, cioè tale e quale esiste negli alimenti, ove è contenuto di fatti in forma salina, ma come composto organico fisso per ora incompletamente conosciuto.

Era perciò molto dubbio e straordinariamente complesso il seguire il ferro in tutti i suoi passaggi: di assorbimento cioè e di escrezione, tanto più che tali ricerche mi avrebbero condotto fuori dei limiti che mi sono imposto nel presente studio. Quindi io non ho mai somministrato del ferro sotto alcuna forma agli animali delle mie esperienze e mi sono limitato solamente ad osservare il suo comportamento nelle differenti condizioni dell'organismo e a stabilire i suoi rapporti con gli altri elementi inorganici, per chiarire le funzioni di questi ultimi rispetto al ferro, considerato come componente normale delle sostanze alimentari e dei tessuti del corpo.

Un semplice sguardo ai resultati ottenuti dalle mie determinazioni, rileva subito che durante la inanizione minerale e sopratutto durante la cachessia tubercolare, come tutti gli altri elementi mineralizzatori, anche il ferro subisce una notevole diminuzione nell'organismo.

Neppure l'aggiunta di cloruro sodico o di fosfati alcalini alla dieta priva di ferro è sufficiente a trattenerlo nei tessuti in quantità che possano considerarsi come normali; il ferro segue invariabilmente la sorte degli altri componenti inorganici del corpo: tende a diminuire di pari passo con la demineralizzazione generale dell'organismo e sotto la influenza di malattie consuntive.

Però il quadro cambia subito di aspetto allorquando gli animali ricevono un'alimentazione completa, alla quale sieno stati aggiunti dei cloruri o dei fosfati alcalini: nel primo caso la percentuale di ferro si mantiene assolutamente normale o la supera di alcun poco tanto negli animali sani che negli ammalati, nel secondo raggiunge

---

[1] « Verhandlungen der physikalisch-chemischen Gesellschaft in Würzburg. » Bd. V, p. 1.

[2] HAMBURGER: « Ueber die Aufnahme und Ausscheidung des Eisens. » (*Zeitschr für phys. chemie*, Bd. II, p. 191, 1878).

in entrambi delle cifre così elevate da uguagliare persino quelle che si ottengono dalle analisi del sangue estratto direttamente dai vasi [1].

Rimane perciò confermata anche in questo caso la legge generale che abbiamo desunta dalle osservazioni precedenti: i sali minerali, sopratutto i cloruri ed i fosfati, esercitano pure sul ferro non solamente un'azione di risparmio in tutti quei casi nei quali per la denutrizione dell'organismo esso dovrebbe necessariamente diminuire; ma parallelamente agli altri composti inorganici, per effetto di tale intervento, vi si accresce notevolmente e vi si fissa con grande tenacia.

V.

Oltre alle deduzioni generali che ho già esposte nei precedenti paragrafi, da questo studio preliminare resultano chiaramente provati i due fatti seguenti:

1°) che i sali minerali da me sperimentati possono tutti, sebbene in misura diversa, accumularsi nell'organismo oltre quella proporzione che per esso può ritenersi normale e che sin'ora era considerata pure come costante;

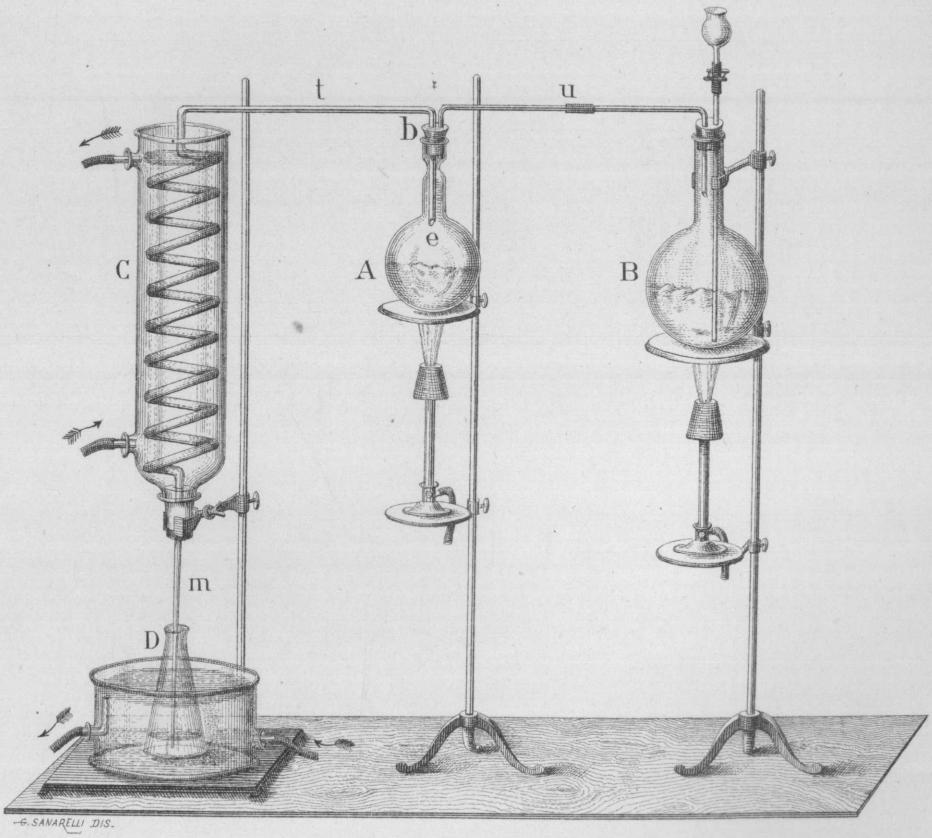
2°) che tanto i cloruri come i fosfati esercitano nei processi nutritivi una funzione conservatrice rispetto agli altri sali minerali; vale a dire che se a tutti i sali minerali devesi attribuire, come pare verosimile, un'azione fisiologica attiva, allorquando questi facciano difetto, i cloruri ed i fosfati introdotti in eccesso ne assumerebbero le veci, senza che l'organismo assoggettato ad una alimentazione incompleta debba, durante la vita, lasciarsi impoverire dei sali sottratti.

Certo che l'organismo posto in tali condizioni andrà deperendo ed infine soccomberà, ma frattanto non si verifica che i sali mancanti nell'alimentazione scemino nei tessuti in misura corrispon-

---

[1] La media delle mie determinazioni del ferro negli organi fu di 0.032 %; C. Schmidt (*Charakteristik der epidemischen colera.* Leipzig, etc., 1850, p. 30 e 33), trovò che il sangue puro ha una media di 0.049-0.051 %; gli organi degli animali cui erano somministrati i fosfati alcalini, fornirono una media di 0.050 %.

dente alla sostanza organica: questo si verificherà solamente allorquando la nutrizione venga effettuata senza l'intervento di uno di questi sali. Questo secondo fatto della possibile reciproca sostituzione nell'azione fisiologica attiva dei sali minerali, è certamente di molta importanza e contribuirà forse a dar forma concreta alla ipotesi già accennata, che cioè i sali minerali dell'organismo, anzichè elementi di passaggio e quasi passivi, debbono essere considerati come fattori principali dell'assorbimento e della eliminazione delle materie organiche: fenomeni questi che si compirebbero in ogni caso per virtù di vere e proprie doppie, mutue decomposizioni.



Dott. GIUSEPPE SANARELLI – *Sulle funzioni reciproche dei sali inorganici nella inanizione ecc.*