

Indice

Premessa	5
Capitolo 1 - Che cos'è l'argento colloidale	11
Capitolo 2 - Storia dell'uso medico e terapeutico dell'argento metallico	15
<i>Dal 6000 a.C. al 1800 d.C.</i>	15
<i>Dal 1800 al 1880</i>	19
<i>Dal 1880 al 1938</i>	20
<i>Dal 1938 al 1985</i>	30
Capitolo 3 - Il lavoro del dottor Robert Becker	33
Capitolo 4 - Il lavoro di Ronald Gibbs	41
Capitolo 5 - Quante malattie combatte l'argento colloidale?	49
Capitolo 6 - La dimensione delle cose	51
Capitolo 7 - Differenza tra i vari tipi di argento	55
Capitolo 8 - L'argento colloidale in nanoparticelle (AgNPs)	61
<i>Produzione</i>	61
<i>Meccanismo d'azione dell'argento AgNPs</i>	62
<i>Proprietà biologiche e terapeutiche dell'argento AgNPs</i>	64
<i>Attività antibatterica dell'argento colloidale AgNPs</i>	65
<i>Attività antifungina dell'argento colloidale AgNPs</i>	67

<i>Attività antivirale dell'argento colloidale AgNPs.....</i>	<i>68</i>
<i>Attività dell'argento colloidale AgNPs nella guarigione delle ferite.....</i>	<i>70</i>
<i>Attività dell'argento colloidale AgNPs in campo veterinario.....</i>	<i>72</i>
<i>Argento, cellule staminali e cancro.....</i>	<i>73</i>
<i>Aspetti dell'attività dell'argento nei confronti del cancro</i>	<i>74</i>
Capitolo 9 - Farmacoresistenza.....	77
Capitolo 10 - Argento colloidale:	
sinergia con gli antibiotici	82
Capitolo 11 - Tossicità dell'argento.....	88
<i>Nano-argento: un nome nuovo per una sostanza conosciuta da secoli.....</i>	<i>89</i>
Capitolo 12 - Impatto ambientale dell'argento colloidale AgNPs.....	91
Capitolo 13 - Aspetti legislativi in Italia, Europa, Usa... 94	
Capitolo 14 - Case Reports.....	99
<i>Case report 1 - Fibrosi cistica</i>	<i>99</i>
<i>Case report 2 - Veterinaria.....</i>	<i>102</i>
<i>Case report 3 - Lesioni cutanee nell'anziano.....</i>	<i>103</i>
Appendice I.....	105
Appendice II	108
Appendice III	117
Note biografiche sugli Autori	122
Glossario.....	124
Bibliografia	128

L'argento colloidale in nanoparticelle (AgNPs)

PRODUZIONE

In vista della diffusione esponenziale che avranno i nuovi materiali derivanti dalla nano-tecnologia è importante conoscerne, almeno sommariamente, i metodi di produzione per valutare l'impatto ambientale che tutto il ciclo produttivo può avere.

La sfida principale nella sintesi dei nano-materiali è il raggiungimento di un elevato livello di qualità per ottenere uniformità di granulometria, forma, composizione e struttura cristallina e il controllo del processo di produzione e utilizzo dei nano-materiali per il massimo rispetto dell'ambiente.

Tra le varie metodiche di sintesi dell'argento in forma di nanoparticelle sono particolarmente interessanti quelle denominate *green synthesis*, o sintesi verde, le più rispettose nei confronti dell'ambiente perché utilizzano metodi naturali di biosintesi.

Varie specie di microrganismi e piante sono in grado, tramite tecniche di ingegneria genetica, di sintetizzare nanoparticelle di argento di varie dimensioni. Tra i batteri possiamo citare *Bacillus megaterium*, *Geobacter sulfurreducens* e *Morganella sp.* Tra i funghi citia-

mo *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus fumigatus*. Tra le piante le foglie dell'albero della canfora⁵.

La sintesi verde di AgNPs prevede tre fasi principali che comprendono: selezione del mezzo solvente, scelta del mezzo riducente rispettoso dell'ambiente cui segue la scelta di sostanze non tossiche per stabilizzare le particelle AgNPs. Tra queste metodiche di sintesi verde la biomineralizzazione è una tecnica interessante: la riduzione degli ioni argento avviene utilizzando organismi unicellulari, favorita da un enzima responsabile della sintesi che garantisce uniformità di morfologia e dimensioni alle AgNPs a tutto vantaggio dell'efficacia terapeutica.

MECCANISMO D'AZIONE DELL'ARGENTO AgNPs

Il meccanismo d'azione dell'argento sui microrganismi patogeni non è ancora del tutto chiarito.

La spiegazione più accettata consiste nell'attacco alle strutture membranose del batterio tramite il blocco della catena respiratoria, che porta alla morte cellulare per soffocamento. Questo avviene ad opera degli ioni Ag^+ che agiscono a livello cellulare e subcellulare, ove si formano complessi che danneggiano le membrane interagendo con i gruppi solfidrici e compromettono l'attività intra-me-

5. Questi dati sono stati estrapolati da: Vaidyanathan, R., Kalishwaralal, K., Gopalram, S., Gurunathan, S., *Nanosilver – The burgeoning therapeutic molecule and its green synthesis*, «Biotechnology Advances», vol. 27 (6), novembre-dicembre 2009, pp. 924-937; cfr. p. 928 (pubblicazione elettronica 15 agosto 2009).

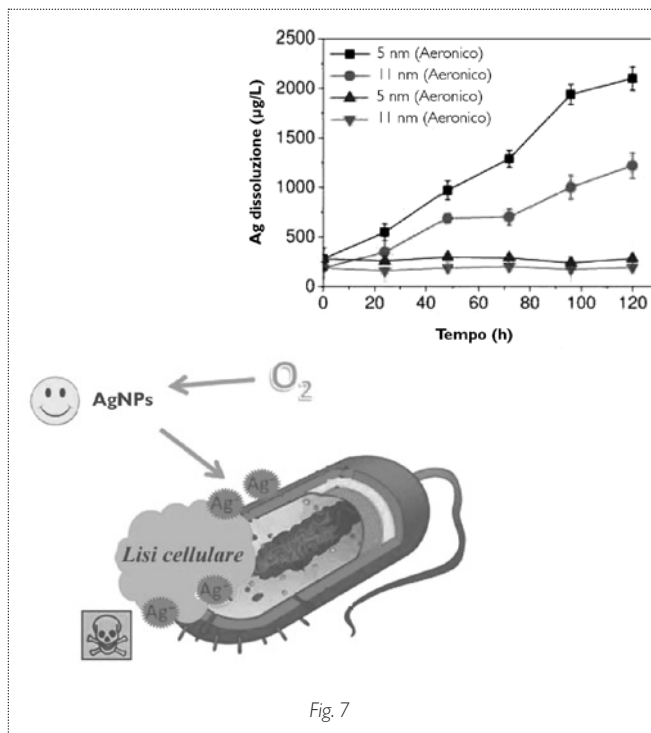


Fig. 7

tabolica cellulare inattivando gli enzimi e le basi del DNA.

Una nuova ricerca condotta da un'università statunitense⁶ ha dimostrato che in ambiente privo di ossi-

6. *Negligible particle-specific antibacterial activity of silver nanoparticles*, Department of Chemistry, Rice University, Houston, Texas 77005, 5 luglio 2012.

geno le nanoparticelle Ag^0 non hanno alcuna efficacia perché non vengono rilasciati gli ioni Ag^+ responsabili dell'azione antisettica. Invece in presenza di ossigeno O_2 la reazione chimica procede prima alla formazione di ossido di argento Ag_2O , che poi in ambiente acido (pH 3) e umido (H_2O) forma gli ioni argento Ag^+ che provocano la morte per lisi di batteri, virus e funghi.

L'effetto antibatterico delle nanoparticelle di argento AgNPs è mediato dagli ioni argento anziché dalle particelle stesse. Quindi secondo la citata ricerca sarebbero gli ioni argento quelli che svolgerebbero l'attività terapeutica.

PROPRIETÀ BIOLOGICHE E TERAPEUTICHE DELL'ARGENTO AgNPs

L'azione antinfettiva verso batteri, virus e funghi dei metalli pesanti, tra i quali l'argento, tramite la loro riduzione a ioni liberi, è ormai abbondantemente dimostrata. La letteratura che riguarda l'attività antibatterica dell'argento è senza dubbio la più ricca e documentata sia per quanto riguarda i lavori scientifici specifici che le rassegne sullo stesso argomento. Per non eccedere nell'informazione dettagliata e specifica in un libro di tipo divulgativo, si ritiene sufficiente inserire in questa parte la sintesi delle attività antibatterica, antifungina e antivirale tratte dalle rassegne da noi esaminate e riportate in bibliografia.

ATTIVITÀ ANTIBATTERICA DELL'ARGENTO COLLOIDALE AgNPs

L'attività antibatterica dell'argento è quella più documentata perché può tener conto di moltissime osservazioni fatte spesso empiricamente nel corso dei secoli e convalidate dalle moderne conoscenze⁷.

Il nano-argento è un prodotto efficace nel combattere un'ampia gamma di batteri Gram-positivi (Gram+) e Gram-negativi (Gram-) (Burrell *et al.* 1999; Wijnhoven *et al.* 2009; Yin *et al.* 1999), compresi i ceppi antibiotico resistenti (Percival *et al.* 2007; Wrigth *et al.* 1998). I batteri Gram-negativi comprendono specie quali *Acinetobacter*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Salmonella* e *Vibrio*. Le specie *Acinetobacter* sono associate alle infezioni nosocomiali, ad esempio quelle che si contraggono in ambiente ospedaliero o nei servizi poliambulatoriali, ma che nulla hanno a che vedere con le patologie iniziali del paziente che ne hanno causato il ricovero.

I batteri Gram-positivi comprendono generi molto ben conosciuti quali *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterococcus*, *Listeria*, *Staphylococcus* e *Streptococcus*.

7. I dati e tutte le fonti bibliografiche citate che seguono sono tratti (e reperibili) dalla rassegna: Varner, Katrina, *State of the science. Literature review: everything nanosilver and more*, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington D.C. 20460, agosto 2010, EPA/600/R-10/084.

I batteri antibiotico-resistenti includono ceppi resistenti alla meticillina e alla vancomicina, quali *Staphylococcus aureus* ed *Enterococcus faecium*.

Le nanoparticelle di argento AgNPs (con diametro medio 22,5 nm) aumentano l'attività antibatterica di vari antibiotici (Shahverdi *et al.* 2007).

L'attività antibatterica di penicillina G, amoxicillina, eritromicina, clindamicina e vancomicina contro *Staphylococcus aureus* ed *Escherichia coli* aumenta in presenza di AgNPs (Wijnhoven *et al.* 2009). L'attività antibatterica delle AgNPs nei confronti dei batteri Gram-negativi è risultata dipendente dalle dimensioni delle particelle (di diametro 1-450 nm) (Baker *et al.* 2005, Morones *et al.* 2005; Panacek *et al.* 2005) e anche nei confronti dei Gram-positivi (Panacek *et al.* 2005). Le AgNPs più piccole, cioè quelle con un miglior rapporto superficie/volume, possiedono un'attività antibatterica migliore anche a concentrazioni molto basse. È stato anche dimostrato che la diversa forma delle AgNPs (sferica, cilindrica, laminare, tetraedrica) influenza la loro attività antibatterica nei confronti dei batteri Gram-negativi in aggiunta alle dimensioni e alla concentrazione delle particelle stesse. Le AgNPs di tipo tetraedrico possiedono l'attività antibatterica più spiccata (Wijnhoven *et al.* 2009).

La rassegna dell'EPA continua con la citazione di numerosi lavori che dimostrano esattamente lo stesso concetto, e cioè che l'attività delle AgNPs migliora con la combinazione dei tre fattori: concentrazione, dimensione e struttura cristallografica della superficie delle particelle (Wiley *et al.* 2005; Hatchett *et al.* 1996 ecc.).

ATTIVITÀ ANTIFUNGINA DELL'ARGENTO COLLOIDALE AgNPs

La dermatomicosi è una infezione fungina superficiale degli strati cheratinici della pelle causata da un gruppo di funghi filamentosi chiamati dermatofiti⁸.

Le infezioni fungine da *Trichophyton* e *Candida species* sono diventate sempre più frequenti negli ultimi anni. In particolare le infezioni da funghi colpiscono pazienti immunocompromessi a causa di terapie antitumorali o a causa di immunodeficienza da infezioni virali.

Questa tendenza è preoccupante per una duplice ragione: il numero limitato di farmaci antifungini disponibili e la constatazione che la profilassi antifungina comporta la comparsa di ceppi resistenti.

I recenti progressi della ricerca sulle nanoparticelle metalliche AgNPs hanno consentito di ottenere particelle d'argento nanometriche uniformi per dimensioni e forma fisica. Sono state sintetizzate nanoparticelle sferiche d'argento controllate con TEM (Transmission Electron Microscope H-7600 Hitachi, Ltd.). Le particelle AgNPs ottenute sono di forma sferica e di dimensione media di 3 nm.

8. Le informazioni che seguono sono tratte da: Kim, Keuk-Jun *et al.*, *Antifungal effect of silver nanoparticles on dermatophytes*, «J. Microbiol. Biotechnol.», vol. 18 (8), 2008, pp. 1482-1484, Department of Dermatology, College of Medicine, Yeungnam University, Daegu Korea e da Sung, Woo Sang, *et al.*, *Antifungal effects and its mode of action of silver nanoparticles against human pathogenic fungi*, relazione alla 19th FAOBMB Seoul Conference (Korea), Science and technology for the integration of life, Seoul, 27-30 maggio 2007 (Chemical Genomics and Drug Discovery, Abstract I-58, Poster Session, 2011).

I ceppi fungini utilizzati sono stati in totale 44 appartenenti a 6 diverse specie. Le particelle AgNPs hanno mostrato una potente attività contro i ceppi di *Trichophyton mentagrophytes* e *Candida species*. L'attività di AgNPs è risultata paragonabile a quella della amfotericina B, ma superiore a quella del fluconazolo.

Sono stati studiati gli effetti sul dimorfismo della *Candida albicans* e si è infine dimostrato che le particelle AgNPs esercitano attività sui miceli.

In conclusione di questi studi si può quindi dire che le particelle di AgNPs inibiscono la crescita dei dermatofiti, ovvero la causa delle infezioni fungine della pelle, e che le particelle AgNPs posseggono il potenziale di agente antifettivo per le malattie umane causate da dermatofiti.

ATTIVITÀ ANTIVIRALE DELL'ARGENTO COLLOIDALE AgNPs

Gli studi sull'attività antivirale dell'argento colloidale sono tra i più promettenti e diffusi. A puro titolo di esempio si riportano qui alcuni di questi lavori:

- Lara H.H., *et al.*, *Mode of antiviral action of silver nanoparticles against HIV-1*, «Journal of Nanobiotechnology», vol. 8, n. 1, 2010.
- Mehrbod, P. *et al.*, *In vitro antiviral effects on "nanosilver" on influenza virus*, «DARU», vol. 17, n. 2, 2009, Tehran University.
- Galdiero, S., *Review-Silver nanoparticles as potential antiviral agents*, «Molecules», vol. 16, 2011, pp. 8894-8918.

- Lu, Lei *et al.*, *Silver nanoparticles inhibit hepatitis B virus replication*, «Antiviral Therapy», vol. 13, 2008, pp. 253-262.

Riguardo all'attività dell'argento come efficace antivirale, rimandiamo alla parte storica di questo libro dove viene esposta la straordinaria attività dell'argento elettrolitico nei confronti del vaiolo, documentata oltre un secolo fa.

Le infezioni virali pongono delle sfide globali nel campo della salute, specialmente per il fatto che l'emergenza di ceppi resistenti e gli effetti collaterali associati all'uso prolungato dei farmaci antivirali, limitano spesso la possibilità di utilizzare terapie efficaci. Diventa quindi imperativa la necessità di sviluppare alternative sicure e potenti agli antivirali di tipo convenzionale.

Le caratteristiche fisiche e chimiche dei nuovi materiali in scala nanometrica offrono perciò l'opportunità di impiegarli come nuovi farmaci antivirali. Le nanoparticelle d'argento AgNPs si sono dimostrate efficaci contro molti tipi di virus come quelli dell'immunodeficienza umana (HIV), dell'epatite B, dell'*Herpes simplex*, del virus sinciziale respiratorio. Dal momento che le nanoparticelle di argento AgNPs attaccano molte delle strutture dei virus, questi ultimi hanno scarsa possibilità di sviluppare resistenza, come invece accade con gli antivirali convenzionali.

70 - L'argento colloidale: un potente rimedio naturale

Tabella 1 Attività antivirale dell'AgNPs

Tratta da Galdiero, S. et al., Silver nanoparticles as potential antiviral agents, «Molecules», vol. 16, 2011, pp. 8894-8918.

Virus	Famiglia	Composizione metallo NPs	Meccanismo d'azione
Human Immunodef. Virus HIV-1	Retrovirus	Silver NP 1-10 nm rivestite PVP	Interazione gp 120
Herpes Simplex Virus HVS-1	Herpesvirus	Silver NP 4 nm rivestite MES	Competizione di legame virus-cellula
Virus respiratorio sinciziale	Paramixovirus	Silver NP 69 nm \pm 3 nm rivestite PVP	Interferenza con legami virali
Virus delle scimmie	Poxvirus	Silver NP rivestite polisaccaride 10-80 nm	Blocco del legame virus-cellula ospite
Virus influenzale	Ortomixovirus	Gold NP 14 nm acido sialico	Inibizione del legame virus-membrana plasmatica
TCRV Tacaribe virus	Arenavirus	Silver NP rivestite polisaccaride 10 nm	Inattivazione virus prima dell'ingresso

ATTIVITÀ DELL'ARGENTO COLLOIDALE AgNPs NELLA GUARIGIONE DELLE FERITE

Una lesione della pelle a causa della perdita della continuità cutanea e della presenza di tessuto necrotico, è un terreno ideale per la moltiplicazione dei germi. L'infezione è il principale nemico di una ferita in quanto ne ritarda

da la guarigione favorendone la cronicizzazione. A causa della notevole invasività di alcune specie batteriche infettanti, la componente microbica può contribuire all'aggravamento delle lesioni e anche delle condizioni generali del paziente. I segni e i sintomi di infezione sono talvolta fuorvianti come avviene quando siamo in presenza di un "biofilm batterico".

I biofilm sono strutture di matrice polimerica prodotte da comunità organizzate di cellule batteriche e/o fungine, anche di specie diverse. Né le difese naturali del nostro organismo né gli antibiotici sono in grado di intaccare questa "corazza". All'interno del biofilm i batteri proliferano indisturbati, creando inoltre un serbatoio di cellule dormienti (*persister cells*) che fungeranno da inoculo persistente, causando la cronicizzazione dell'infezione.

La presenza di biofilm può confondere la diagnosi, dal momento che la superficie lucida può essere scambiata per tessuto epiteliale sano di nuova formazione. L'esistenza di biofilm nel contesto di una ferita infetta contribuisce a ritardarne la guarigione.

L'argento è un antisettico a largo spettro e ad azione veloce e i batteri "non fanno in tempo" a sviluppare meccanismi di farmacoresistenza. L'argento ha effetto disgregante sui biofilm patogeni maturi per azione diretta sulla capsula polisaccaridica. Una volta disgregato il biofilm i batteri, privi di difese, vengono intercettati dal nano-argento che li distrugge.

Clinicamente, l'argento metallico in nanoparticelle AgNPs è inerte, ma la sua interazione con l'umidità della

superficie cutanea e con i fluidi della lesione, porta al rilascio di ioni argento Ag^+ (vedi il paragrafo “Meccanismo d'azione dell'argento AgNPs”) con proprietà antibatteriche, antivirali e antifungine e anche antinfiammatorie.

Le varie formulazioni dei prodotti all'argento colloidale in nanoparticelle AgNPs hanno tre vantaggi fondamentali: sono antisettici di prima scelta a largo spettro, non sviluppano resistenza batterica e non sono tossici né per l'uomo né per gli animali né per tutti gli organismi pluricellulari.

ATTIVITÀ DELL'ARGENTO COLLOIDALE AgNPs IN CAMPO VETERINARIO

Tutto quanto detto sin qui per le applicazioni cliniche dell'argento colloidale nell'uomo si può trasporre al mondo animale. Esso viene infatti utilizzato sui mammiferi, sugli uccelli e sui rettili contro ogni tipo di affezione sia acuta che cronica. È stato utilizzato anche per curare svariate malattie cutanee sui pesci di acquario versandolo nell'acqua.

Bisogna tener conto delle differenze con gli esseri umani ad esempio nei dosaggi come si fa per i bambini, nei quali vanno ridotti in ragione del peso corporeo. Una ulteriore differenza riguarda le vie di somministrazione. Ad esempio, per le dermatiti di animali pelosi quali cani, gatti, conigli, criceti ecc. la formulazione in spray è molto indicata; per le somministrazioni per via orale si utilizzi una siringa di plastica spruzzando la soluzione nel cavo orale o nel becco, oppure si aggiunga la soluzione al cibo umido o all'acqua da bere.

La visita del veterinario è sempre importante e la raccomandazione è quella di evitare il fai da te soprattutto per casi dubbi o patologie gravi.

Per la trattazione esaustiva della patologie animali suggeriamo la lettura del libro *Il grande libro dell'argento colloidale* di J. Pies e U. Reinelt (Macro Edizioni 2013) dove vi è un'ampia trattazione di casi pratici nel capitolo "L'argento colloidale per gli animali".

ARGENTO, CELLULE STAMINALI E CANCRO

La utilizzazione in campo medico delle cellule staminali è un argomento di attualità. I ricercatori hanno dimostrato la possibilità di produrre artificialmente cellule staminali quando necessario. Di norma, una cellula è in grado di riprodurre un'altra cellula del proprio tipo (mitosi cellulare). Una cellula della pelle può riprodursi solo in un'altra cellula della pelle, altrettanto dicasi per una cellula cardiaca. Una cellula staminale è una cellula priva di specifiche caratteristiche tissutali, quindi in grado di diventare una cellula cutanea, cardiaca, polmonare, ossea ecc.

Per comprendere meglio la questione serve conoscere la differenza fra cellule staminali, *cellule indifferenziate* e *cellule de-differenziate*. Le staminali sono cellule non ancora differenziate, solitamente provengono da un embrione, un feto o dal cordone ombelicale. Le cellule indifferenziate provengono dal midollo osseo, principalmente dal femore. Le de-differenziate sono cellule già differenziate in cellule sanguigne, cutanee, muscolari ecc. ma regredite a cellule indifferenziate e

quindi nuovamente in grado di diventare qualsiasi altro tipo di cellula. Sono tutte cellule staminali e hanno il DNA del donatore. Nel caso in cui manchi una consistente porzione di tessuto (ad esempio in caso di una vasta lacerazione), la guarigione provvede a rigenerare le cellule mancanti e deve giocoforza svilupparsi dal tessuto rimasto.

Nel libro *The body electric* Becker tratta dei suoi esperimenti condotti nel tentativo di rigenerare arti completi in esseri umani. Nel corso di sette anni di ricerca egli scoprì essenzialmente che una bassissima corrente elettrica continua, fatta scorrere fra un elettrodo positivo e un elettrodo negativo, produceva la rigenerazione delle ossa. Per i propri elettrodi Becker sperimentò svariati metalli: oro, platino, titanio, acciaio inossidabile e argento.

Gli esiti ottenuti impiegando l'argento risultarono di gran lunga più efficaci di quelli ottenuti da ogni altro metallo, di conseguenza Becker condusse esperimenti per comprenderne la ragione. In base alle sue scoperte la corrente elettrica continua attirava dall'elettrodo positivo ioni d'argento che incrementavano in modo rilevante la rigenerazione dei tessuti. Il dottor Becker dimostrò che in presenza di sufficienti ioni argento, l'organismo produceva tutte le cellule staminali di cui necessitava. Senza l'argento, questo non era possibile.

ASPETTI DELL'ATTIVITÀ DELL'ARGENTO NEI CONFRONTI DEL CANCRO

Il lavoro di Becker rimane fondamentale anche per quanto riguarda la relazione tra argento e cancro.

Egli scoprì che gli ioni argento provocano la de-differenziazione delle cellule tumorali e le fanno tornare allo stato di cellule normali. Riportiamo qui di seguito una delle osservazioni che hanno portato Becker a questa conclusione:

«Abbiamo avuto diversi casi di persone e di animali colpiti da cancro nei quali i tumori sono scomparsi in un breve periodo di tempo e in tutti i casi ciò è avvenuto senza chemioterapia o radioterapia. Sono state usate solamente dosi giornaliere piuttosto elevate di argento colloidale ionico. Abbiamo anche il caso di un cane di 13 anni che è stato operato da un veterinario e subito ricucito con il commento “questo cane non vivrà più di un paio di settimane”. Il cane aveva masse tumorali in tutto il corpo e il veterinario dichiarò che l'animale era affetto da emo-angio-sarcoma. Al cane è stato somministrato argento colloidale nell'acqua da bere e nel giro di pochi giorni i tumori sono scomparsi. L'animale ha ripreso la sua vita normale e l'ultima volta che ne abbiamo avuto notizia era ancora in buona salute due anni dopo all'età di 15 anni [...]. Questo episodio dimostra che l'effetto placebo non aveva avuto alcun ruolo nella risposta di questo animale».

Nel corso di successivi esperimenti Becker osservò che i fibroblasti umani, stimolati con ioni argento, si de-differenziavano. Egli si pose quindi la domanda se tali ioni argento, che erano stati in grado di de-differenziare i fibroblasti, sarebbero stati in grado di de-differenziare anche le cellule tumorali umane. No-

nostante egli non fosse più in grado di proseguire gli esperimenti per mancanza di fondi, continuò a osservare i pazienti e riportò nel libro alcuni episodi a supporto della propria tesi, quali i seguenti:

«Ho anche avuto un paziente con una grave infezione ossea cronica che aveva un cancro associato nella ferita. Ha rifiutato l'amputazione, che sarebbe stato il trattamento di scelta, e ha insistito affinché io trattassi la sua infezione con la tecnica dell'argento. Dopo tre mesi, l'infezione era sotto controllo, e le cellule tumorali nella ferita sembravano aver cambiato il loro aspetto a quello di tessuto normale. L'ultima volta che ho avuto sue notizie, otto anni dopo il trattamento, il paziente stava ancora bene.

È importante rendersi conto che questo non è semplicemente un effetto elettrico, ma il risultato dell'azione combinata della tensione elettrica e degli ioni d'argento generati elettricamente. È un trattamento elettrochimico. Anche se non abbiamo prove certe in questo momento, ciò che probabilmente accade è che lo ione argento è sagomato in modo tale da connettersi con qualche gruppo recettore sulla superficie della membrana della cellula tumorale. Dopo aver fatto questa connessione, parte un segnale elettrico verso la cellula tumorale che attiva geni di tipo primitivo, e le cellule si de-differenziano».