CORRELAZIONI TRA BIPEDISMO, STAZIONE ERETTA PRENSIONE DEGLI ALIMENTI, SVILUPPO CRANICO ED ASIMMETRIE CEREBRALI.

GIUSEPPE COSTANTINO BUDETTA

Università degli Studi di Palermo
Facoltà di Agraria

Dal punto di vista evolutivo nell'Uomo, esisterebbero quattro aspetti strettamente correlati che sarebbero:
Stazione eretta
Bipedismo
Prensione degli alimenti con gli arti superiori
Sviluppo del neurocranio

La correlazione tra alcuni dei quattro parametri si riscontra con alta frequenza anche in altri mammiferi come nel Delfino e nell'Elefante e sarebbero delle costanti evolutive.

C'è da precisare che durante lo sviluppo corporeo, la concentrazione neuronale nel cervello di Delfino non risulta rapportata all'incremento della massa totale cerebrale. Poth c. et alI. (2005) effettuarono una ricerca su sei specie di odontoceti incluso i delfini comuni (Delphinus delphis), la balena pigmea (Kogia breviceps) ed il delfino naso di bottiglia (Tursiops truncatus). Gli Autori studiarono il rapporto tra numero neuronale e relative unità corticali a livello di corteccia uditiva primaria, corteccia visiva e somatosensitiva in entrambi gli emisferi cerebrali. Gli autori affermarono che nelle aree corticali esaminate a partire da un cervello con peso di 834 grammi fino ad uno di 6052 grammi c'era stata una riduzione del numero neuronale e incremento di massa cerebrale. In particolare nel delfino adulto, l'incremento in *toto* del peso non era collegabile all'incremento del numero cellulare per unità corticale.

In un recente articolo (2008), Brian G. Richmond (George Washington University) e William L. Jungers (Stony Brook University) hanno rilevato che le prime avvisaglie del bipedismo appaiono precocemente nella storia evolutiva umana. I due paleontologi affermano che *Orrion tugenensis* scoperto in Kenia nel 2001 aveva già andatura bipede, oltre sei milioni di anni fa. I dati scientifici più recenti riportano che la scissione tra ominidi, Scimpanzè e Gorilla avvenne intorno ai sette milioni di anni fa. Il bipedismo si sarebbe verificato nell'Uomo in un'epoca molto vicina alla differenziazione di due specie di primati: quella degli scimpanzè e quella degli ominidi. Brian G. Richmond e William L. Jungers ritengono che *Orrion* avesse una postura simile a quella degli australopitechi e dei parantropi, i due generi che domineranno il nostro albero genealogico fino a due milioni di anni fa. I due scienziati affermano che nell'evoluzione umana gli adattamenti più importanti si sono presentati in modo episodico, in concomitanza con la nascita di nuove specie di ominidi. come punteggiature incastonate in lunghi periodi di stabilità. *Orrion* avrebbe però mani e arti superiori molto sviluppati come uno scimpanzè quadrumane che si arrampica sugli alberi per nutrirsi e difendersi dai predatori. L'andatura bipede si sarebbe affermata in *Homo* per due motivi:

- Un repertorio di locomozione flessibile come poter correre, nuotare ed arrampicarsi sugli alberi in caso di necessità.
- Una minore esposizione della superficie corporea ai raggi solari.

Brian G. Richmond e William L. Jungers sono convinti che *Orrion* per sopravvivere fu costretto a spostarsi da una zona divenuta torrida ad una più amena. *Orrion* si trovava infatti in una parte del continente africano ad oriente della Rift Valley che si stava inaridendo. Se per sopravvivere devi attraversare ampi spazi aperti sotto un sole tropicale, portando forse in braccio un cucciolo e cercando di avvistare i predatori acquattati tra l'erba alta, il bipedismo è soluzione efficace ancor più se lo hai sviluppato occasionalmente sugli alberi per cibarti. Pickford M. et all. (2002) rilevarono che *Orrion tugenensis* era abitualmente bipede e che mostrava aspetti morfologici simili agli Australopitechi ed al genere Homo, distinguendosi nettamente dai primati del genere Pan e Gorilla. Il femore di *Orrion* è morfologicamente più vicino a quello dei moderni umani che a quello degli Australopitechi.

Senut B. (2006) è convinta che nell'evoluzione umana il bipedismo sia stato uno degli aspetti distintivi e che

fosse già presente a fine Miocene presso gli ominidi arboricoli nella savana dell'odierno Kenia. *Orrion tugenensis* visse in quell'epoca, in quelle zone e fu bipede.

l) **Prensione degli alimenti**. Sembra che la differenziazione degli ominidi dalle scimmie antropomorfe avvenne sugli alberi. Le tracce più significative di questa differenziazione dovrebbero tener presente lo stretto rapporto tra ominidi arboricoli e flora dove vivevano. Leakey L. (1961) afferma che occorre evitare la componente culturale nella definizione di un ominide rispetto alle scimmie. Lo studioso ritiene che le prove anatomiche siano di gran lunga più chiare e consistenti anche se non necessariamente uniche. Leakey infatti scrive: *l'anatomia è la base da cui trarre criteri per definire un ominide in quanto tale.*

Dallo studio dei reperti fossili è stato accertato che la differenziazione degli ominidi arboricoli dalle scimmie antropomorfe avvenne sugli alberi della foresta pluviale primaria. Probabilmente l'area geografica fu l'odierna Tanzania. Parti di uno scheletro trovato in Africa nei primi mesi del 2001 (Richmond BG et all., 2002), fanno risalire il bipedismo degli ominidi ad oltre 6 milioni d'anni fa. È accertato che questi ominidi usavano l'andatura bipede sugli alberi, camminando sui grossi tronchi. Forse furono costretti da popolazioni di scimmie ad abitare le parti inferiori degli alberi dove i rami erano grossi e distanziati. Nella foresta pluviale primaria le scimmie stavano nelle parti più alte ed illuminate degli alberi e gli ominidi come quelli del genere *Orrion* stavano verosimilmente nelle parti più basse degli alberi che componevano la foresta pluviale primaria.

Le prime fasi della evoluzione degli uccelli avvennero anche con il passaggio da una deambulazione quadrupeda terrestre propria del Megalosauro ad una bipede arboricola e da questa - con l'avvento di Archaeorynchus, Yixianornis, Hongshanornis e Gansus - ci fu la graduale riduzione della parte toraco lombare del tronco e la funzione di supporto al volo degli arti anteriori, privati di attività prensile, Kurochkin E.N. & Bogdanovich L.A. (2008). Anisodattilo, un sauro bipede arboricolo derivante da Archaeorynchus, visse nel Triassico e nel Giurassico in foreste piene di varie gimnosperrne come conifere, cicadacee e gnetacee. Questi animali precursori degli attuali uccelli, si cibavano dei semi e sostavano nelle parti apicali delle piante arboree. In un secondo tempo, gli Anisodattili - con ali ancestrali - acquisirono le funzioni del volo breve.

E' verosimile per la prensione degli alimenti, gli ominidi arboricoli usassero una delle due mani (la destra?) e la sinistra tenuta poggiata ad un ramo. Il cranio relativamente voluminoso ed una spina dorsale a forma di S rendevano problematica la stazione eretta: c'era bisogno di uno dei due arti superiori per evitare di cadere mentre l'altro prelevava l'alimento. Al contrario delle scimmie che sono quadrumani, la differenziazione funzionale degli arti superiori negli ominidi fu accentuata: per la prensione il rapporto era di due ad uno (ominidi). Questo rapporto era (ed è) invece di uno a quattro nelle scimmie antropomorfe che sono quadrumani.

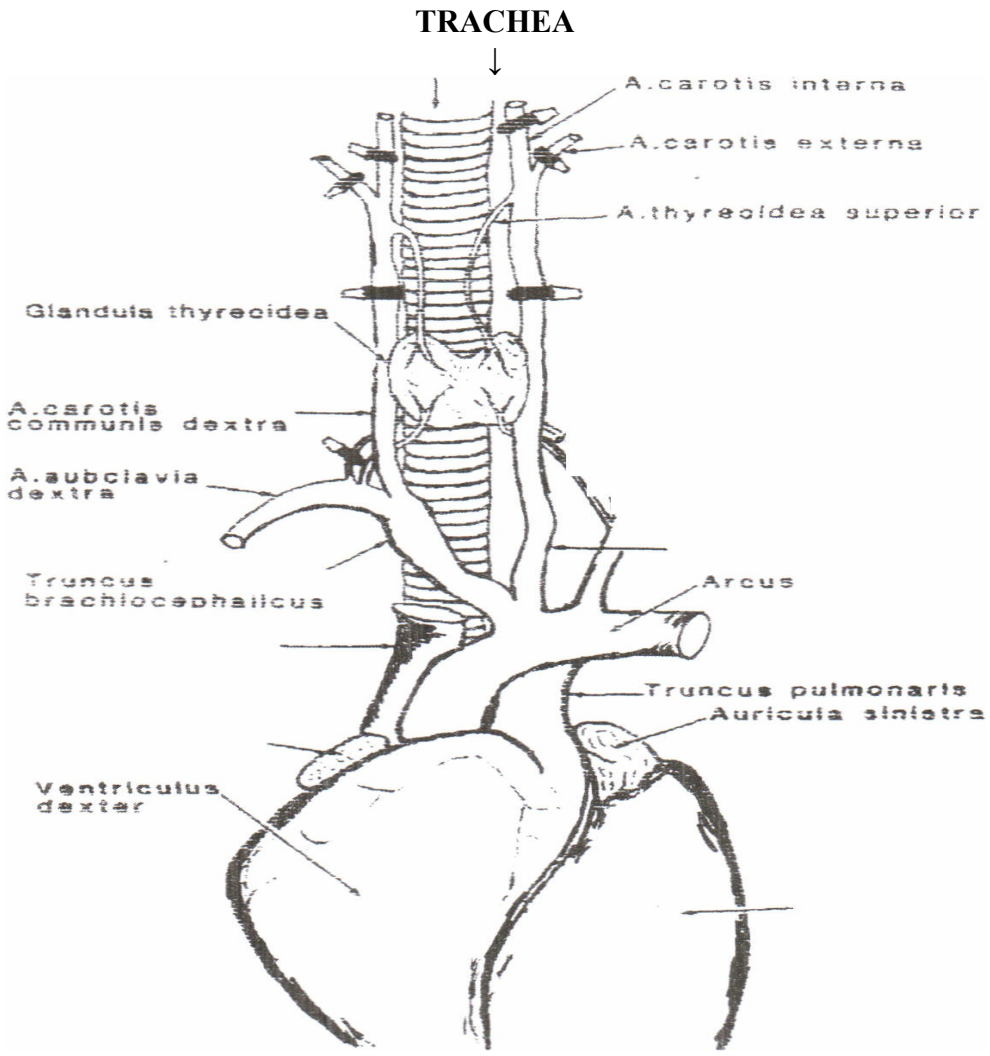
In seguito a variazioni climatiche ed ambientali che comportarono modificazioni radicali della flora, fu proprio la popolazione con andatura bipede la più avvantaggiata nella percorrenza di lunghe distanze nella ricerca di un nuovo habitat. La stazione eretta è tuttavia problematica. La spina dorsale a forma di S è soggetta a traumi e distorsioni. La stazione eretta è molto problematica per un ominide costretto ad alimentarsi sugli alberi. Per questo gli ominidi usavano una sola mano per la prensione degli alimenti (di frequente la destra) e la sinistra serviva a reggersi su di un ramo vicino oppure usata come bilanciere per la deambulazione sui rami (l'altra mano era mantenuta salda ad un ramo). Queste caratteristiche comportarono importanti modificazioni di circolazione sanguigna a livello cerebrale. Le modificazioni anatomiche connesse all'andatura bipede avrebbero favorito lo straordinario sviluppo dell'encefalo accentuando l'asimmetria tra lobo cerebrale sinistro e destro.

Nell'Uomo, esistono piccole differenze di flusso e pressione nelle carotidi comuni ed interne tra lato sinistro e destro, tra l'altro collegate alla diversa geometria ed origine di questi vasi. Nell'Uomo la carotide comune di sinistra origina dall'arco aortico; la destra è una delle biforcazioni dell'arteria anonima. Il flusso sanguigno proveniente dalle carotidi interne è rivolto in prevalenza alla cerebrale media, la diretta continuazione. L'inconsistente apporto al riequilibrio della pressione sanguigna dato dalla comunicante posteriore e l'assenza di comunicazioni tra carotidi interne dei due lati, comportano la persistenza di minime differenze quantitative di flusso nelle cerebrali medie. In particolare nell'Uomo, dove le cerebrali medie nelle parti iniziali hanno calibro identico a quello delle carotidi interne da cui si originano. C'è una tecnica appropriata per dimostrare la dominanza emisferica dei lobi encefalici nella produzione di parole. Questa dominanza è correlata all'afflusso sanguigno ed alle sue variazioni. Un anestetico come l' *amythal sodico* iniettato nella carotide interna agisce sul corrispondente emisfero ipsilaterale per breve tempo, mentre il controlaterale funziona normalmente. C'è afasia motoria che dura per più di un minuto primo, cioè il paziente non è in grado di proseguire la conta. Se *l'amythal* è stato iniettato nell'emisfero non dominante (il destro), il disturbo di parola compare, ma è fugace. Nonostante l'esistenza del poligono di Willis, l''anestetico dalla carotide interna di sinistra si diffonde solo nella cerebrale media omolaterale. Inoltre l'impiego dell'*amythal sodico* ha rilevato che nel 93% dei destrimani, l'emisfero dominante nell'emissione di parole e di frasi è il sinistro, il 6% possiede meccanismi linguaggio nell'emisfero destro e l'l % ha il coinvolgimento di entrambi gli

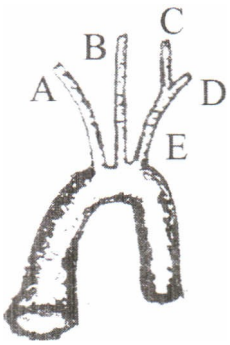
emisferi cerebrali nella produzione di parole. In questo 1% il linguaggio non è localizzato in un solo emisfero. Nei mancini le cose stanno in questo modo. La maggior parte di essi (70%) è fornito di dominanza sinistra. Solo il 17% ha r emisfero destro dominante (nella produzione del linguaggio); nei rimanenti casi (13%) ambedue gli emisferi sono forniti di meccanismi della parola. Ciò non esclude un particolare: la vera area di Wernicke tranne rare eccezioni, è sempre localizzata a sinistra.

Zaho ct al. (2000), hanno eseguito una ricerca sui vasi cerebrali dell'Uomo sostenendo l'esistenza di asimmetrie di flusso nonostante la presenza del poligono di Willis.

2) **Parallelismo tra prensione degli alimenti, tipo di locomozione e origine asimmetrica dei grossi vasi dall'arco aortico.** Nelle scimmie, in particolare le grosse scimmie del Vecchio e del Nuovo Mondo, l'arteria carotide comune di sinistra si stacca dall'arco aortico, in prossimità dell'origine del tronco brachiocefalico. C'è una situazione simile a quella che si osserva nei conigli, mammiferi plantigradi. Essendo i conigli e le scimmie specie filogeneticamente lontane tra loro, è da presumere che queste caratteristiche vascolari dipendano dalla postura, non dalla genetica. Nell'Uomo nella norma, l'arteria carotide comune di sinistra si stacca direttamente dall'arco aortico, ad alcuni millimetri di distanza dall'arteria anonima. Il disegno seguente è preso dalla ricerca di Tabuchi et al. (1995) e mostra che nella Scimmia dall'arco aortico si originino due vasi: l'arteria anonima (brachiocefalica) e la succlavia di sinistra. Solo nell'Uomo, si originano tre vasi dall'arco aortico: il tronco brachiocefalico comune, la carotide comune e la succlavia di sinistra. Nella Scimmia (lo stesso aspetto è nel Coniglio) a differenza che nell'Uomo c'è nella media un breve tronco brachiocefalico.



LE ARTERIE DELL'ARCO AORTICO NELL'UOMO



ARCO AORTICO NELL'UOMO

A.ARTERIA SUCCLA VIA DI SINISTRA
B.ARTERIA CAROTIDE COMUNE DI SINISTRA
C.ARTERIA CAROTIDE COMUNE DI DESTRA
D.ARTERIA SUCCLA VIA DI DESTRA
E.TRONCO BRACHIOCEFALICO

Lo schema qui di seguito riporta il numero di arterie dell'arco aortico in varie specie di mammiferi collegate al numero di dita delle mano, al tipo di locomozione, postura e stazionamento del corpo.

specie	locomozione	postura	stazione	numero dita della mano	arterie
Homo s.	bipede	verticale	plantigrada	5	1+2
Scimmia	quadrumane	obliqua	plantigrada	5	1+1
Coniglio	quadrupede	orizzontale	plantigrada	5	1+1
Carniv.	quadrupede	orizzontale	non plantigrada	5	1+1
Maiale	quadrupede	orizzontale	non plantigrada	4	1+1
Rinoceron.	quadrupede	orizzontale	non plantigrada	3	1+0
Bovini	quadrupede	orizzontale	non plantigrada	2	1+0
Equini	quadrupede	orizzontale	non plantigrada	1	1+0
Cetacei	pinnipede	variabile	variabile	0	0+4

In bambini. tra un mese e un anno di vita, Machii Masato and A.E. Becker (1997) hanno studiato il diametro e la struttura dell'arco aortico e dei suoi rami, evidenziando gli adattamenti alle condizioni di sviluppo circolatorio post-natale. Un forte aumento di diametro ci sarebbe tra meno di un mese di vita fino ad un anno e riguarda i rami dell'arco aortico, la succ1avia e la carotide comune di sinistra. Al contrario, l'arteria brachiocefalica e i suoi due rami (succ1avia di destra e carotide comune di destra) non avrebbero similari incrementi. Dal punto di vista istologico nei bambini di un mese di vita, la quantità delle lamelle di elastina è elevata in tutti i segmenti dell'aorta, in particolare nel tratto ascendente. Solo la succ1avia di destra non ha lo stesso incremento. Questo vaso però aumenta rapidamente di diametro e di spessore nei bambini intorno ad un anno di vita.

I dati più recenti indicano che l'uso preferenziale di una delle due mani è una valida ricerca sulla lateralizzazione funzionale del cervello umano (Uzuner, 2000; Trevarthen, 1996; Blinkov, 1968; Annett, 1967). A livello cerebrale, i destrimani sono più lateralizzati dei mancini per quanto concerne il linguaggio (Satz et al., 1967; Beaton, 1997). È stato dimostrato che i destrimani hanno maggiori asimmetrie sinistra > destra in riguardo alla

superficie del Planum temporale rispetto ai mancini (Habib, 1989; Galaburda, 1987; Steinmetz et al., 1991; Steinmetz, 1996). Ciò non implica l'esistenza di dirette connessioni tra uso preferenziale di una delle due mani ed asimmetria verso sinistra del Planum temporale. Questo tipo di asimmetria è in comune tra Uomo e Scimmia e dipenderebbe dalla genetica.

Karbe et al. (1998) eseguirono ricerche funzionali sul Planum temporale. Mediante la tecnica PET, trovarono che la ripetizione di parole incrementava il metabolismo in entrambe le cortecce temporali superiori. Il PT di sinistra era però il vero centro di correlazione di reti neuronali interregionali. Secondo gli Autori, questi risultati implicano connessioni asimmetriche corticali in aree preposte al linguaggio. Kulynyck et al. (1994) trovarono che il PT è più ampio negli uomini. Nelle donne non c'è significativa differenza circa l'area superficiale tra PT di destra e di sinistra. Shapleske et al. (1999) riferiscono i dati di altrui ricerche confrontati con quelli da essi ricavati. In lavori sulla specie umana di altri autori, la media del Planum temporale di sinistra era di 561,6 mm^2 (range 220-1161 mm\ la media dell'area del Planum di destra era di 430 mm^2 (range 160-1121 mm^2). La lunghezza media del PT di sinistra era di 391,7 mm (range 256-599 mm); la media della lunghezza di quella di destra era di 256 mm (range 150-414 mm). La lunghezza del PT sinistro era significativamente maggiore che a destra. Il volume cerebrale nelle donne era mediamente il 10% in meno che negli uomini. Shapleske et al.. riportano questi dati da 160 cervelli esaminati (area superficiale in mm2):

Uomini Planum di sinistra: 661,49 mm^2 · Planum di destra: 539,0 mm^2

Donne Planum di sinistra: 645,0 mm^2 · Planum di destra: 541,8 mm^2

Hochberg et al. (1975), affermarono essere i movimenti delle mani correlati con la lateralizzazione funzionali e con il linguaggio. Gli autori videro una maggiore incidenza nell'uso preferenziale della sinistra nella dominanza bilaterale o nell' emisfero cerebrale di destra.

Jänke e Steinmetz (1993), utilizzarono un gruppo numeroso di soggetti - 106 destrimani e 35 mancini - rilevando l'uso preferenziale di una mano e le asimmetrie dei lobi cerebrali. Adoperando la definizione del bordo di Steimetz, trovarono che i destrimani avevano asimmetria più marcata verso sinistra del Planum temporale rispetto ai mancini.

Steinmetz et al. (1990, 1995) associarono la storia familiare con l'uso preferenziale di una delle due mani e con l'asimmetria del PT. Gli autori dimostrarono che la riduzione dell'asimmetria verso sinistra si riduceva nel seguente ordine di gruppo:

destrimani,
mancini non parenti,
mancini parenti.

Steinmetz et al. (1994), esaminarono anche gli effetti della storia familiare studiando dieci paia di gemelli omozigoti tutti destrimani e dieci paia di gemelli omozigoti con diversa preferenza dell'uso delle mani (dieci destrimani e dieci mancini). I gemelli destrimani di entrambi i gruppi presentavano asimmetria verso sinistra del PT, invece i mancini gemelli avevano un PT simmetrico. Analisi dettagliate sui dati individuali non rilevarono una immagine specchio nei mancini e nei destrimani. Infatti, alcuni gemelli mancini avevano asimmetria verso destra del PT. Gli autori affermarono che né la riduzione, né la direzione dell'asimmetria del PT era stata ereditata, o provava un modello credibile. Davanti a questa difficoltà, il rapporto tra uso preferenziale di una delle due mani e asimmetria del PT sembrava probabile, anche se non del tutto comparabile.

Vallortigara e Bisazza (1997) sostennero che la lateralizzazione cerebrale non sarebbe associata al linguaggio umano ed alla dominanza manuale. L'asimmetria cerebrale è presente in una varietà di specie diverse come rane, uccelli canori, rettili, topi, macachi, ecc. Tutte queste specie compreso l'Uomo, mostrano dominanza delle strutture cerebrali di sinistra nel controllo della produzione di specifiche vocalizzazioni. Gli autori dichiararono non essere il possesso del linguaggio verbale a determinare asimmetria tra i lobi cerebrali, ma forse aspetti di elaborazione temporale di sequenze motorie comuni a forme di comunicazione, anche molto diverse tra loro. Gli Autori affermano che numerose specie di uccelli mostrano uso preferenziale di un arto paragonabile alla dominanza manuale umana. La gran parte dei pappagalli usa la zampa sinistra per reggere il cibo che becca. La preferenza nell'uso dell'arto sinistro stimata in una specie di pappagalli, si aggira sul 90% degli individui di una popolazione.

Vallortigara e Bisazza (1997), affermano che su 110 scimpanzè studiati per l'esecuzione di un determinato compito: estrarre burro di arachidi da un tubo di vetro, la maggioranza reggeva il tubo con la zampa sinistra usando l'indice della destra per estrarre il contenuto. Ricerche sul cervello delle scimmie sembrano avvalorare l'ipotesi di Vallortigara e di Bisazza. Nei bambini che effettuano medesimi compiti (estrarre un fazzoletto da un tubo di vetro), ci sono analogie: molti cercano di estrarre il fazzoletto con la destra.

3) **Prensione degli alimenti e habitat arboreo**. Si rafforzerebbe un'ipotesi singolare. È provato che gli ominidi arboricoli vissero per alcuni milioni di anni insieme con gli scimpanzè sugli stessi alberi, nella foresta pluviale primaria. Questi individui verosimilmente si reggevano ai rami di preferenza con l'arto superiore sinistro usando il destro per *la prensione* degli alimenti. Non sarebbe importante se fosse avvenuto il contrario. Importante è la diversificazione funzionale tra i due arti superiori, più accentuata negli ominidi rispetto agli scimpanzè collegata forse, all'asimmetria delle arterie succlavie e carotidi comuni. Nell'Uomo, la succlavia sinistra ha direzione verticale nella parte intratoracica, la destra invece curva all' esterno. La posizione del braccio sinistro che poggia in alto sul tronco di un albero è compatibile con la geometria della succlavia di sinistra. C'è da fare una considerazione. Nei mammiferi in genere la prensione degli alimenti avviene mediante un unico prolungamento: di solito la protuberanza dello splancnocranio che contiene la bocca. Nel Delfino e nei pipistrelli la prensione degli alimenti avviene direttamente con la bocca. Equini e ruminanti si servono di labbra e lingua - appendici buccali - per prelevare erba, foglie e rami, portarli in bocca e masticarli. Negli ominidi arboricoli, la prensione degli alimenti avveniva mediante l'utilizzo di un unico arto di solito il destro, mentre la sinistra sorreggeva il corpo sull' albero. Il rapporto era quindi di due ad uno. Le scimmie che sono quadrumani, possono effettuare la prensione degli alimenti con un solo arto, usando gli altri per reggersi sull'albero. Il rapporto è di uno a quattro. Nell'Uomo, ci fu maggiore diversificazione funzionale tra i due arti superiori. Molto importante poté essere un altro fattore: l'abitudine dei primi ominidi arboricoli a sorreggersi *quasi sempre* con gli arti superiori su rami sovrastanti e deambulando (sul terreno o su altri rami) in stazione eretta. Ciò favorì lo sviluppo cranico. Nel Delfino e nell'Elefante si sarebbe verificata una cosa similare: con lo sviluppo della proboscide (Elefante) e con un'alimentazione del tutto acquatica (Delfino), si ebbe l'incremento volumetrico del neurocranio.

In riguardo alla prensione degli alimenti, si potrebbero fare le seguenti obiezioni.

- La prensione secondo quanto affermato, avverrebbe mediante un unico elemento da una coppia di organi pari: gli arti superiori.
- La proboscide è organo impari derivato da strutture pari: ha due condotti aerei.
- Anche la cavità orale è impari con duplice origine: due ossa mascellari, due incisivi e due rami mandibolari.
- La lingua è organo impari.

Potrebbe essere che nei mammiferi l'uniformità di funzioni tra appendici del corpo contigue ed adiacenti, comporti fusione di questi processi, come proboscide e rami mandibolari. Se la differenza funzionale è conservata o accentuata, non c'è fusione di elementi adiacenti. Potrebbe essere importante anche la distanza tra elementi omologhi: ravvicinati e con medesima funzione tendono a fondersi; distanziati - come gli arti toracici nell'Uomo e le pinne toraciche nei cetacei - hanno uniformità morfologica, ma non fusione. Nell'Uomo, gli arti superiori simili per grandi linee, hanno accentuato nel tempo differenze funzionali nella prensione degli alimenti, effettuata con la destra nel 90% dei casi. A sostegno di queste ipotesi ci sono tre considerazioni:

l. La razza suina *casco de mulo* della Columbia in cui le due grandi dita sono avvolte in unica scatola cornea simile allo zoccolo degli equini.

2. Nell'arto posteriore equino, il tendine estensore laterale delle falangi si fonde con l'anteriore. Ciò è collegato alla cinesia degli arti posteriori diversificata rispetto agli anteriori.

3. Le chele delle aragoste e dei granchi sono asimmetriche verso sinistra. Quanto alla lingua - organo impari - sono note le molteplici funzioni: gustativa, di rilevamento della durezza, ruvidezza (papille fili formi), del calore di un alimento, portare il bolo sotto i denti, di modulare i suoni e in specie come equini e ruminanti, coadiuvare le labbra nella prensione degli alimenti. Nel corso dell'evoluzione, si è avuto ravvicinamento d'elementi con funzioni analoghe: labbra, lingua, mandibole, incisivi, mascellari e nell'Elefante della proboscide.

Le funzioni sensitive della lingua collegate al gusto, sono svolte meglio da un unico elemento non separato essendo il bolo alimentare omogeneo così come i liquidi bevuti. Nei rettili la punta della lingua è bifida dovendo sopperire in parte alle funzioni visive e non essendoci masticazione.

Kauffman (200 l), sostiene essere gli organismi macchine strampalate: la mascella dei pesci primordiali è diventata l'orecchio interno dei mammiferi. Secondo lo scienziato, gli organismi sono pieni di strane soluzioni ai problemi progettuali.

Calwin (1999), sostiene che l'abilità balistica prerogativa dei primi ominidi, abbia facilitato lo sviluppo della corteccia cerebrale specializzata nella sequenza e coinvolta nell'ascolto del linguaggio parlato (area di Wernicke). L'autore è convinto che potrebbe essere stata la pianificazione dei movimenti balistici da parte del cervello a promuovere non solo il linguaggio, ma anche la capacità musicale e l'intelligenza. I movimenti balistici sono spostamenti degli arti superiori rapidi che una volta iniziati, non possono essere più modificati.

Koupernik (1952) e Kaplan (1953), affermano che la mano è organo corticale rilevando la grande estensione della zona di rappresentazione senso-motoria corticale in confronto alle reali dimensioni della mano. La zona del pollice è molto più ampia di quella delle altre dita. Infatti, la mano è uno dei mezzi più importanti per il bambino permettendogli l'acquisizione d'impressioni del mondo esterno. Nella pelle della mano, nei suoi muscoli e tendini, sono localizzate terminazioni nervose di almeno sette forme di sensibilità. Dal punto di vista motorio ha importanti peculiarità come la grande libertà di azione dovuta alla mobilità delle tre articolazioni dell'arto superiore, cui si aggiunge l'azione rotatoria del radio sull'ulna a livello dell'avambraccio. Inoltre, nelle scimmie inferiori il carpo è costituito da nove ossa, mentre in Scimpanzè e Gorilla ce ne sono otto, il che sembra favorire l'attività del pollice. Nel bambino neonato all'atto della presa, l'entrata in azione del pollice è tardiva rispetto alle altre quattro dita. Per quanto riguarda il carpo, è noto che l'Uomo attraversa una fase embrionale in cui il carpo ha nove ossa, per l'esistenza del cosiddetto *osso centrale* che scompare fondendosi con lo scafoide. Nell'adulto, il carpo di conseguenza è composto da otto ossa. È stato notato che nelle scimmie la escissione dell' area 6 comporta una risposta di prensione al solo stimolo tattile, mentre l'ablazione dell'area 4 e 6 non comporta alcuna risposta.

Sarebbero presenti anche nel Macaco le aree Brodman 44 e 45 descritte nell'Uomo. Aboitz e Garcia (1997), Goldman-Rakic et al. (2000), affermano che solo l'area 45 esiste nel Macaco ed è in prossimità del solco arcuato inferiore. AI contrario, Barbas e Pandya (1989) non descrivono un'area 45 nel Macaco, forse considerata parte delle aree pre-motorie 6 e 8. Nell'Uomo, le aree premotorie 6 e 8 sono adiacenti alle 44 e 45; inoltre l'area di Broca - area ventrale 6 nella Scimmia - è considerata una differenziazione della regione ventrale. Le ricerche confermano quelle sui neuroni a specchio e sull'area 44 di Brodman che nel Gorilla sono molto simili alle umane.

K.E. Stephan et all. (2007), affermano che le asimmetrie cerebrali sono collegate alla connettività encefalica ed avrebbero un ruolo chiave nella specializzazione emisferica.

Feti

Movimenti lateralizzati delle mani.

Nei feti umani, sono stati visti comportamenti lateralizzati degli arti superiori non collegabili alle asimmetrie del Planum temporale di sinistra. Hepper et al. (1998), hanno analizzato 72 feti alla decima settimana di gestazione, quando sono osservabili i primi comportamenti lateralizzati. È stata vista la preferenza dei feti nei movimenti della mano destra. Nel 75% dei casi i feti muovevano di preferenza la destra, il 12,5% la sinistra ed il 12,5% entrambe. Il comportamento lateralizzato fetale non è controllato dal cervello, ma piuttosto una propensione muscolare o spinale. Trevarthen (1996), affermò che i feti possiedono meccanismi d'integrazione ed espressione motoria del cervello, sviluppati attraverso interazioni con persone del mondo esterno. Però la definitiva dominanza di una delle mani si stabilirebbe a partire dal 10° anno di vita extrauterina. Nella 2° metà del 5° anno, i bambini si dimostrerebbero capaci di manipolare oggetti. Le asimmetrie nella gestualità osservate nei primi mesi del 5° anno di vita, si consoliderebbero nel 2° semestre. L'ipotesi è suffragata dall'embriogenesi del corpo calloso che nel feto umano comincia a formarsi a partire dalla 11°- 12° settimana.

Shapleske et al. (1999), asseriscono che nel cervello umano le asimmetrie del Planum temporale si stabiliscono a partire dalla 31 ° settimana di gestazione.

Wada (1991), ha dimostrato che l' asimmetria del Planum temporale sinistro è rilevabile anche nel feto umano. Egli sostiene che l'allargamento del piano temporale sinistro non è collegato allo sviluppo delle abilità linguistiche.

Reuwen et al. (1997), con tecniche di ultrasonografia, studiarono le asimmetrie nei ventricoli cerebrali laterali di feti umani nei vari periodi di gestazione. L'indagine fu condotta su 7200 donne gravide tra 18° e 24° settimana di gestazione dando questi risultati.

1. Nei ventricoli laterali di feti umani esistono aspetti asimmetrici.
2. Nel 71 % dei casi il ventricolo laterale sinistro era più ampio a sinistra.
3. Nel 29% era l'inverso (il destro maggiore del sinistro).
4. Le asimmetrie dei ventricoli cerebrali laterali erano indipendenti dal sesso.

Zaidel et al. (2002) in una ricerca con misurazioni di ultrasonografia e di Doppler, su 430 feti, maschi e femmine tra la 20° e la 40° settimana di gestazione, affermano non esserci relazione tra variazioni volumetriche dei ventricoli laterali e flusso sanguigno nell'arteria cerebrale media sinistra. Neanche in casi di idrocefalia con ventricolomegalia, c'erano alterazioni significative di pressione idrostatica sanguigna e di emodinamica nella cerebrale media sinistra.

Bambini e ragazzi. Uso preferenziale di una delle mani ed asimmetrie funzionaI i del PT sinistro.

Il lavoro di Preis et al. (1999), eseguito con tecniche di risonanza MR *in vivo* su 61 ragazzi normali destrimani di età tra 3 e 14 anni, mostrò mancanza di relazione tra sviluppo corporeo, incremento volumetrico encefalico e asimmetrie dei Planum temporale e parietale. Questo aspetto fu evidente in particolare nelle donne. Gli autori affermano che le asimmetrie funzionali del PT di sinistra - visibili nel feto verso l'ultima parte del terzo mese di gravidanza - sono collegate nell'adulto all'uso preferenziale di una delle mani e al linguaggio. La tabella qui sotto è tratta da Preis et al. I valori sono espressi in mm3.

DONNE	UOMINI
PT SIN.	PT SIN
946,4	1070,9
PT DX	**PT DX**
639,4	903,9

Steinmetz (1990; 1995) e Amunts (1996), rilevano discrepanze sul nesso tra uso preferenziale di una delle mani e sviluppo asimmetrico sinistra> destra del Planum temporale. Bogen et al. (1965); Jeeves et al. (1988); Le Doux et al. (1977 e 1978); affermano l'inesistenza di precise relazioni tra connettività del corpo calloso e lateralità cerebrale.

Jänke et all. (1998), riferiscono di un caso di agenesia callosale associata ad asimmetrie anatomiche e funzionali. Un Uomo di circa trent'anni aveva agenesia totale del corpo calloso senza patologia clinica fino a 27 anni. L'anomalia fu rilevata con la MRI e studiata mediante test psicofisici. Il soggetto - indicato con la sigla WD - mostrava intelligenza e capacità attenzionale nella media. Dal punto di vista anatomico, l'individuo aveva marcata asimmetria perisilviana verso sinistra, a livello dei Planum temporale e parietale. L'Uomo era chiaramente destrimane, ma con predominio dell'emisfero sinistro nelle principali funzioni della mano destra: riconoscimento tattile e bravura nell'esecuzione di compiti. Gli autori ipotizzano che la connettività callosale e l' asimmetria emisferica sono inversamente relazionate. Ciò confermerebbe gli studi di Giedd et al. (1996) che negano relazioni dirette tra uso preferenziale di una mano e incremento del corpo calloso durante lo sviluppo corporeo.

I dati seguenti sono stati presi dal lavoro di Jänke et all. (1998).

- PLANUM TEMPORALE DESTRO WD 616.7 CONTROLLI 730
- PLANUM TEMPORALE SINISTRO WD 1.006.20 CONTROLLI 890
- PLANUM PARIETALE DESTRO WD 98,8 CONTROLLI 300
- PLANUM PARIETALE SINISTRO WD 170, l CONTROLLI 169

Zetzsche et al. (2001) con accurate metodiche di rilevamento - EHI ed HDT - hanno esaminato un gruppo altamente lateralizzato di destrimani. Gli autori concludono di non essere riusciti ad evidenziare una netta correlazione tra riduzione graduale nell'uso preferenziale di una delle due mani e l'estensione con rispettiva riduzione dell'asimmetria del Planum temporale sinistro. L'unico nesso trovato fu che un ristretto numero di soggetti fortemente destrimani - con valori di EHI uguali a 100 - presentava un alto grado di lateralizzazione verso sinistra del Planum temporale. Secondo gli autori, il rapporto tra asimmetria a sinistra del Planum temporale ed uso preferenziale di una delle due mani sarebbe stato limitato ad un ristretto *range* d'individui. Ci sarebbero persone con funzioni altamente lateralizzate nelle attività linguistiche con elevato grado di lateralizzazione, anche in attività motorie. Tuttavia, questi dati non implicano una stretta correlazione tra funzioni linguistiche ed uso preferenziale di una delle due mani. È interessante notare che in un altro studio, non furono dimostrate correlazioni tra area asimmetrica del Planum temporale e lateralizzazione acustica (Jäncke e Steinmetz, 1993). Asimmetria del linguaggio e lateralizzazione acustica in precedenza erano state messe in correlazione (Habib et al., 1995; Kertesz et

al., 1994; Amunts et al., 2000). Potrebbe darsi che le funzioni linguistiche e quelle connesse all'uso preferenziale di una mano non siano lateralizzate, secondo la stessa via e stesso grado. II PT è una regione funzionante associata al linguaggio (Galaburda et al., 1993), ma l'uso preferenziale di una mano riguarda l'abilità motoria. Sebbene entrambe siano funzioni lateralizzate e i destrimani abbiano il cervello sinistro lateralizzato nelle funzioni linguistiche (Beaton, 1997), il grado di lateralizzazione potrebbe non essere correlato (Zetzsche et al., 200l). Galaburda et al. (1993), hanno segnalato nell'Uomo strette correlazioni tra aumento dei Planum temporale e parietale e il volume nella parte anteriore del cervello. Invece la riduzione asimmetrica del Planum temporale era associata all'incremento del Planum temporale di destra con riduzione del corrispondente a sinistra. Gli autori asseriscono che entrambi gli emisferi contribuiscano equamente a determinare variazioni d'asimmetria intrasilviana sinistra> destra. Mediante MRI, Preuss et al. (2002) hanno studiato *in vivo* le dimensioni del corpo calloso diviso in 5 sub-regioni con il fine di trovare possibili connessioni con l'uso preferenziale di una delle due mani. Gli autori negano queste connessioni e confermano le ricerche di Steinmetz et al. (1991), effettuate su un gruppo di 26 maschi ed altrettante femmine. I due gruppi erano stati divisi in sottogruppi di destrimani, mancini e ambidestri. Steinmetz et al. non trovarono un rapporto tra area callosale e uso preferenziale di una delle due mani.

Scimmie.

Hopkins e Marino (2000), hanno studiato la presenza di asimmetrie nella larghezza tra i due lobi cerebrali nelle grosse scimmie del Vecchio e del Nuovo mondo. I dati sono stati ottenuti mediante risonanza magnetica nucleare. Gli Autori hanno dichiarato che non esistono differenze significative circa l'ampiezza dei due lobi cerebrali in scimmie del Nuovo e del Vecchio mondo. Però le grosse scimmie - del Vecchio e del Nuovo mondo - hanno il lobo frontale destro più largo del sinistro ed il lobo occipitale sinistro più ampio del destro. Secondo Hopkins e Marino il significato funzionale collegato alla maggiore grandezza del lobo occipitale sinistro e di quello del frontale destro è oscuro, anche se alcuni autori ammettono che sia relazionato alla mano usata di preferenza. Gli stessi aspetti rilevati da Hokins e Marino si rilevano nelle grosse scimmie. Matochik (2000), afferma che il quoziente di encefalizzazione in Gorilla gorilla, Pan troglodìti, nei Tursiopi, nel Lagenorinco ed in Homo *Sapiens sapiens* è molto diverso essendo nel genere Homo molto più elevato e quasi il triplo rispetto a Gorilla *gorilla*.

Tra *Homo* e Scimmia esistono comunque aspetti similari riferiti alla seguenti asimmetrie.

1. Amygdala. L'area superficiale dell'amygdala non ha sostanziali differenze riferite al sesso ed all'età sia nelle scimmie che nella specie umana: dati rilevati da Franklin et all., (1996) nelle scimmie e da De Bellis et alI. (2000) nella specie umana.
2. I volumi del Putamen e del Nucleo caudato di destra e di sinistra in scimmie (Macaca mulatta) giovani, di media età e vecchie hanno gli stessi incrementi e decrementi sia nella specie umana che nelle scimmie (Macaca mulatta), Matochik (2000).
3. Nelle scimmie, la superficie del corpo calloso è del 20% più ampia nel maschio. Tale superficie aumenta tra gli otto mesi e i 4,5 anni di età, sia nei maschi che nelle femmine. Lo splenio del corpo calloso è in media il 52% più ampio nelle femmine. Franclin et all. (1996). Aspetti similari si osservano nella specie umana.
4. Volume cerebrale più ampio nei maschi del 10% sia nelle scimmie che nell'Uomo. Franclin et all. (1996).
5. Lobi frontali più ampi in individui di sesso maschile, sia nelle scimmie che nell'Uomo.
6. Lobo frontale sinistro più ampio del destro in uomini e donne. Lo stesso per le scimmie.
7. Rilling e Seligman (2002) hanno eseguito indagini allometriche con la MRl su 44 primati viventi di 11 diverse specie, in comparazione con l'Uomo. Gli esami riguardavano il volume in *toto* del cervello, i lobi temporali, il giro temporale superiore, la sostanza bianca del lobo temporale, l'area superficiale del giro temporale superiore e giro temporale corticale di entrambi i lobi temporali. Dalle indagini risulta che il volume in *toto* dei lobi temporali è superiore nell'Uomo, seguito da Pongo e Gorilla. Però tracciando la *ratio,* la classifica s'inverte e l'Uomo insieme con Pongo e Gorilla risultano ultimi. Si evince che aumentando il volume cerebrale, in particolare a livello corticale, le asimmetrie dei lobi temporali si riducono, in linea generale. Nell'Uomo destrimane, altri Autori però evidenziano a livello del Planum temporale di sinistra asimmetrie molto più marcate rispetto ai primati.
8. Come ipotizzato, l'elevato sviluppo cranico umano sarebbe da collegarsi al mantenimento costante della stazione eretta fin dagli albori della differenziazione della scimmie. Nei primi ominidi, la prensione degli alimenti forse era effettuata in stazione eretta con una delle due mani, mentre l'altra afferrava un ramo sovrastante.

Alcune significative differenze tra Uomo e Scimmia.

1. Le grosse scimmie hanno cervelletto più ampio rispetto alle comuni scimmie ed all'Uomo (Rilling e Selignan, 2004).
2. In Homo, lo sviluppo pre natale del cervello è superiore a quello degli altri primati (Rappoport, 1999).

3. La densità sinaptica della corteccia frontale ha l'apice verso i cinque anni di vita. Nella Scimmia, questa densità sinaptica è in aumento negli ultimi periodi di vita intrauterina e primi mesi dopo la nascita. (Rappoport, 1999).

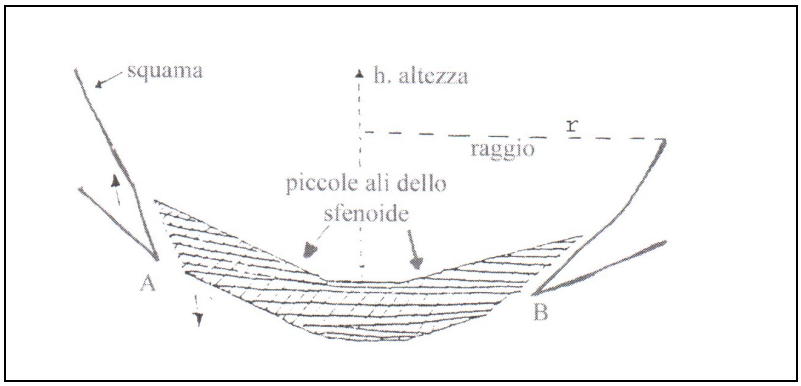
Asimmetrie cerebrali. Differenze tra uomo e donna.

Good G. et all. (2001), usarono la tecnica *voxel*-UBM *(voxel* in aggiunta alla morfometria) per esaminare l'asimmetria negli emisferi cerebrali umani in base al sesso ed all'uso preferenziale di una mano. La ricerca fatta su 465 adulti normali. Ci sarebbe significativa asimmetria - riferita ai *petalia* - nelle sostanze bianca e grigia cerebrali dei lobi temporali, occipitali, frontali, includendo il Gyro di Hescl, il Planum temporale (PT) e la formazione ippocampale. Gli uomini avevano incremento asimmetrico a sinistra di aree cerebrali tra Gyro di Hescl e Planum temporale, rispetto alle donne. Non ci sarebbe chiara interazione tra asimmetria e l'uso preferenziale di una delle due mani, ma significativa differenza riferita al sesso. Le donne avrebbero un incremento volumetrico della sostanza grigia nel Gyro di Hescl destro e nel Planum temporale, nei Gyri inferiori frontali e fronto marginali, oltre che nel cingolato. Le donne avrebbero anche incremento significativo della concentrazione della sostanza grigia in modo esteso e quasi simmetrico nel manto corticale, nel Gyro paraippocampale e nei solchi cingolato e calcarino.
I maschi avrebbero invece aumento volumetrico bilaterale della sostanza grigia nei mesia dei lobi temporali, nella corteccia endorinale e peririnale, oltre che nei lobi anteriori del cervelletto, tranne che nelle regioni con incremento della sostanza grigia. Ci sarebbe un parallelismo tra i seguenti parametri, sia nell'Uomo che nella Donna.
Rapporto tra il calibro (valori medi) dell'arteria carotide comune di destra (Cd) ed il volume del lobo cerebrale di destra (V d). Le due grandezze sono tra loro direttamente proporzionali:
Cd/Vd = K
Rapporto tra calibro (val. medi) della carotide comune di sinistra e il volume del lobo cerebrale di sinistra. Anche rapporti sono tra loro direttamente proporzionali.
Cs/Vs = K
Asimmetrie - riferite ai *petalia* - tra sostanza bianca e grigia dei lobi temporali, occipitali e frontali, compreso il temporale e la formazione ippocampale sarebbero rapportabili secondo valori costanti a quelle esistenti tra le arterie comuni di destra e di sinistra, nell'Uomo e nella Donna in riferimento ai seguenti valori: calibro dei vasi sanguigni velocità circolatoria per unità di tempo(cs).

B + C + D)· [(cd + cs, sinistra) : (cd + cs, destra)] = K

cd + cs (sinistra) = somma del calibro medio e della velocità di flusso sanguigno nella carotide comune di sinistra;
cd + cs (destra) = somma del calibro medio e della velocità sistolica sanguigna nella carotide comune di destra. In genere, il calibro della carotide comune di sinistra supera quello di destra.
B; C; D sono le grandezze numeriche che indicano le asimmetrie - riferite ai *petalia* - tra sostanza bianca e grigia dei lobi temporali, occipitali e frontali, compreso il Planum temporale e la formazione ippocampale.

Sviluppo cranico. Lo sviluppo della cavità cranica umana ha comportato riduzione in profondità e larghezza delle fosse parieto-temporali e riduzione dei muscoli masseteri. Inoltre è avvenuto un fatto ancora più importante: la riduzione della distanza tra superfici interne delle due ossa temporali a livello della giuntura tra piccole ali dello sfenoide e parte squamosa delle ossa temporali. Questa articolazione è una sinartrosi ed il tessuto congiungente è connettivo fibroso. L'aumento volumetrico del cranio nel corso dell'evoluzione umana, ha comportato lo spostamento in senso laterale della squama del temporale sulle piccole ali dello sfenoide. Come mostra il disegno qui di seguito, lo spostamento laterale dei punti A e B consequenziale a quello tra le due ossa squamo se dei temporali, comporta aumento di diametro e volumetrico del segmento sferico ad una sola base che racchiuse l'encefalo (calotta cranica). Questo segmento sferico ha per base una circonferenza con diametro AB. Se vogliamo calcolare il volume di tale segmento di sfera con base la circonferenza avente per diametro AB usiamo la seguente formula: $V = \mathbf{1/6\ h}\ (h^2 + 3r^2)$. L'aumento volumetrico del segmento sferico dipende, oltre che dall'altezza - distanza tra ossa parietali e base cranica - dal quadrato del raggio moltiplicato per tre. Questo tipo di articolazione sutura squamosa - avviene tra superfici ossee tagliate a sbieco, una a livello della superficie interna (squama del temporale) ed una a livello della superficie esterna (ali temporali o piccole ali dello sfenoide): lo spostamento laterale dei punti A e B comporta aumento in altezza (h) della cavità cranica. Nell'Uomo si sono verificati incrementi di h e di r nel corso dell'evoluzione. In *Homo* di *Neanderthal* ci fu incremento di r ed in *Homo sapiens* ed *Homo sapiens sapiens,* un incremento maggiore di h. Caso analogo si ebbe nei delfini dell' Eocene con massa cerebrale superiore agli attuali. Rappoport (1999) riporta che il volume cranico di *Homo sapiens neanderthalis* era di 1487 (1200 - 1750) mentre di *Homo sapiens* moderno è: di soli 1365 centimetri cubici (1156 - 1775) .



Il disegno qui sopra - da me medesimo eseguito - mostra la sutura squamosa tra le piccola ali dello sfenoide e i temporali di entrambi i lati. A livello evolutivo, lo slittamento in alto delle due squame temporali e l'appiattimento delle piccole ali dello sfenoide comporta incremento della cavità cranica sia in altezza che in larghezza. In alcune razze di delfini dell' Eocene il volume cranico superava i 2800 centimetri cubici come si evince dalla seguente tabella da me medesimo elaborata. Fenomeno analogo avvenne tra *Homo sapiens neandertha/is* ed Homo sapiens sapiens. La tabella che segue riporta la capacità cranica in alcune specie.

ANIMALI	CAPACITÀ CRANICA
BOVINO	550 cm^3
MAIALE	150-180cm^3
GATTO	25 cm^3
CONIGLIO	10 cm^3
CANE	100 cm^3 (media)
PECORA	150 cm^3
CA V ALLO	700-750 cm^3
UOMO	1230 cm^3

CETACEI:
Zeuglodon Osiris: 485 cm^3 (circa) EOCENE
D. Atrox: 1200 cm^3 (circa) EOCENE
B. isis: 2800 cm^3 (circa) EOCENE
Delphinus delphis (moderno): 2400 cm^3 (circa).

La diffusione di *Homo sapiens sapiens* avvenne nelle stesse regioni in cui erano stanziati i neandertaliani. In Europa ed in Asia occidentale, gli *Homo sapiens* (Cro-Magnon) sostituirono rapidamente i neandertaliani intorno ai 30.000 anni fa. Nel Levante, questa sostituzione avvenne più lentamente. Già 100.000 anni fa esiste testimonianza della presenza di esseri umani del tutto simili a noi, nel Levante. In netto contrasto con ciò che accadde in Europa, i neandertaliani persistettero in questa regione per circa 60.000 anni dopo la comparsa dell'Uomo moderno. Per di più in questa lunga coesistenza, a quanto possiamo giudicare dagli utensili e dai siti che occuparono, i due tipi di ominidi si comportavano più o meno allo stesso modo. Però, la rapida o graduale diffusione degli *Homo Sapiens sapiens* e la scomparsa dei neandertaliani fa pensare ad una colonizzazione più recente degli eschimesi che, portatori di tecnologie e metodi di caccia nuovi, in pochi secoli colonizzarono di nuovo le regioni artiche su un'estensione di migliaia di chilometri, dalla Siberia alla Groenlandia. *Homo* di Neanderthal ha minore lunghezza della faringe, palato duro lungo e piatto, ampiezza delle cavità nasali, dei seni frontali e sferoidali, maggiore lunghezza in senso oro-aborale e trasversale della cavità cranica; ossa frontali e zigomatiche sfuggenti. Alcune caratteristiche: lunghezza in senso oro aborale della cavità cranica, regione frontale sfuggente ed ampiezza delle cavità nasali (condotto nasale), si osservano anche nei delfini estinti *(Dorotum atrox)* con ampiezza cranica superiore a quella delle razze di cetacei attuali. È probabile che la riduzione della massa encefalica ed il suo riadattamento, sia in *Homo sapiens sapiens* che nei delfini moderni - rispetto a razze estinte - sia collegabile a particolarità vascolari ed a criteri progettuali conflittuali, come li definisce Kauffman (2001). Oppure si ebbe in *Homo sapiens sapiens* come detto, un maggiore sviluppo in altezza della scatola cranica e minor incremento trasversale della stessa. Il riadattamento cranico avvenne a prescindere dalle presunte capacità linguistiche degli *Homo sapiens* rispetto a Neanderthal. Inoltre tracce di una faringe di tipo moderno sono state osservate perfino in

Homo ergaster, quasi 2 milioni di anni fa e un cranio di *Homo heidelbergensis* rinvenuto in Etiopia, mostra che questa caratteristica aveva raggiunto l'aspetto attuale già 600.000 anni fa. Un apparato vocale capace di produrre i suoni di linguaggio articolato era quindi acquisito nella specie umana più di 500.000, anni prima delle più antiche testimonianze dell'uso del linguaggio dei nostri antenati. Semendeferi e Damasio (2000), hanno studiato crani di uomini moderni, di ominidi e scimmie, con la MRI. Gli Autori affermano che il cervelletto umano è più piccolo rispetto a quello delle grosse scimmie avendo avuto un ridotto incremento volumetrico durante l'evoluzione. Ci sarebbe stato scarso differenziamento cerebellare tra Uomo e grosse scimmie. L'incremento cerebellare delle scimmie può essere connesso al fatto che sono quadrumani ed arboricoli.

- *Homo erectus* → andatura plantigrada → non arboricolo → sviluppo del cervello.
- Scimpanzè → andatura clinograda → quadrumane arboricolo → sviluppo del cervelletto.

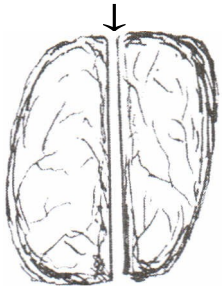
Gli Autori affermano che il lobo frontale in *Homo* e nelle grosse scimmie ha aspetto similare, non essendosi diversificato molto e che pur essendoci variabilità intra - ed interspecifica, non si capisce quali siano state le differenze primarie tra cervelli di ominidi e scimpanzè.

In uno studio sull'evoluzione del cervello umano, Rappoport (1999) afferma che la durata dello sviluppo pre-natale nell'Uomo è superiore a quello di altri primati e la densità sinaptica della corteccia frontale ha l'apice verso i cinque anni di vita. Nella Scimmia questa densità è in aumento negli ultimi periodi di vita intrauterina e primi mesi dopo la nascita. Analogie e differenze tra specie umana e scimmie in riferimento al volume encefalico:

- Volume cerebrale più ampio nei maschi dell0% sia nelle scimmie che nell'Uomo.
- Lobi frontali più ampi in individui di sesso maschile, sia in scimmie sia nell'Uomo.
- Lobo frontale sinistro più ampio del destro, in uomini e donne. Lo stesso per le scimmie.
- Le grosse scimmie hanno cervelletto più ampio delle comuni scimmie e rispetto all'Uomo, Rilling e Selignan, (2004).

In un mammifero come l'elefante nella sua evoluzione, è avvenuta la riduzione dello splancnocranio e l'incremento del neurocranio come si evince dal disegno a pag. 13, da me medesimo eseguito. Il disegno qui sotto - da me eseguito - illustra la forma analoga del cervello umano *(Homo sapiens),* di *Homo* di Neanderthal e di quello delle grosse scimmie: lobo frontale dx e occipitale sin. sono in tutti e tre più ampi. C'è unica forma, ma con differenze legate al volume cerebrale e piccole differenze collegate al maggior sviluppo in senso trasversale del cervello in *Homo* di Neanderthal e nelle grosse scimmie. In *Homo sapiens* c'è stato un maggior incremento della distanza tra parietali e sfenoide (incremento in altezza).

SCISSURA INTEREMISFERICA



Kauffman (200l) afferma: *Le ossa più pesanti sono anche le più resistenti, ma possono rendere dWìcile un volo agile. Criteri progettuali conflittuali, negli organismi o nei mam!fatti, creano problemi di ottimizzazione estremamente difficili - giochi di prestigio - in cui lo scopo è trovare la serie migliore di compromessi.* Oltre che come stazione ricevente le sensazioni dai mondo esterno, il cranio di alcuni mammiferi ha altre funzioni come quella di difesa-offesa e prensile.

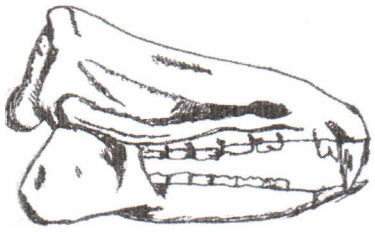
1.<u>La funzione di difesa-offesa</u> è localizzata nei ruminati a livello delle ossa frontali, plasmate a mo' di scudo, molto estese in senso oro - aborale e prolungantesi in genere, nei processi comuali. Queste caratteristiche si riscontrano soprattutto nei bovini, nei bisonti, gnu, e in alcuni piccoli ruminanti come pecore e capre. Nei bovini il cranio è tozzo, piramidale e compatto. L'impalcatura dei seni frontali, molto estesi, permette al cranio di sostenere urti brevi e forti come durante gli scontri nella stagione degli amori o nella difesa dai predatori. Quando devono difendere la prole allattante dagli attacchi dei predatori, i bovini in particolare quelli che pascolano nella savana si dispongono

l'uno accanto all'altro, a formare una specie di muro. Gli animali abbassano il cranio mettendo ben in mostra le corna. In genere, questo comportamento scoraggia i predatori che sogliono attaccare di sorpresa per evitare di essere feriti nelle loro incursioni. Se il predatore è ferito nel suo attacco, sia pur in modo leggero, è la fine, in particolare se zoppica. Non potrà usare la corsa per uccidere la preda. Per questo, i predatori rinunciano di solito all'aggressione se i bovini ed i bufali non si spaventano e fuggono davanti a loro. Gli equini fanno dell'andatura veloce un'arma e l'ampiezza toracica facilita la ventilazione sanguigna e l' ossigenazione dei tessuti durante la corsa. Esistono pure ruminanti come gli *gnu* in grado di percorrere decine di chilometri correndo di continuo. In questi animali si osserva un'andatura costante di corsa, ma rimangono meno veloci dei cavalli. Un altro ruminante, il bisonte americano fa della corsa e della mole corporea massiccia un valido mezzo per sfuggire agli attacchi dei predatori, ma è superato in velocità dal cavallo. Negli equini, la velocità come arma di difesa ha comportato - a differenza del Bovino - alcune modifiche a livello cranico. Negli equini, il frontale non ha funzione di sistema di difesa-offesa, di conseguenza ha sviluppo limitato ed il parietale occupa la volta cranica. Negli equini, i seni frontali sono meno estesi. La riduzione dei seni frontali ha comportato maggiore estensione della cavità cranica e aumento del volume cerebrale. Nei delfini nel corso della loro evoluzione, ci fu un fenomeno analogo: la riduzione dei seni frontali e l'aumento della capacità cranica. Le differenze a livello dell'impalcatura cranica sembrano riflettersi anche nel comportamento animale. Il cavallo attaccato da un predatore corre e dà calci (a livello degli zoccoli è localizzata un'ottima arma di difesa-offesa) e solleva testa e collo. Se attaccato e deve difendere la prole, il Bovino rimane fermo e abbassa la testa con le corna rivolte contro il predatore. Se il ruminante si mette a correre, abbassa il cranio con le corna puntate in avanti (Bisonti). Nel Bovino, lo sviluppo cranico, il sistema di difesa offesa concentrato a livello dei seni paranasali e ossa frontali è *uno di questi criteri progettuali* che sono *conflittuali* con un elevato sviluppo della cavità cranica. I pipistrelli, mammiferi che insieme con l'Uomo, il Delfino e l'Elefante condividono il maggior sviluppo della cavità cranica, potrebbero aver avuto uno di questi *criteri progettuali conflittuali* nel corso della loro evoluzione: l'eccessivo sviluppo encefalico appesantisce il cranio e sposta il baricentro del corpo in avanti ostacolando il volo. Lo stesso per la Giraffa erbivoro poligastrico che non trarrebbe giovamento da un eccessivo volume encefalico su un lungo collo. Anche in questo caso, il baricentro del corpo sarebbe spostato in avanti causando frequenti cadute all'animale.

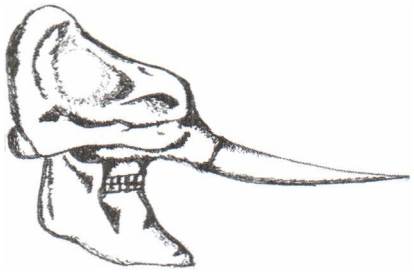
Funzione prensile. Nei mammiferi, la prensione degli alimenti è fatta in genere mediante un unico prolungamento r rappresentato dalla regione dello splancnocranio che contiene la bocca. Nella maggior parte dei *ruminanti* (bovini, bufali, bisonti, gnu, pecore, capre, ecc.), la presenza dei denti incisivi limitata all' arcata dentaria inferiore si raccorda l'abitudine alimentare di questa specie. Nella prensione degli alimenti, i bovini oltre che aiutarsi con la lingua strappano l'erba spingendo la mandibola contro l'osso incisivo privo di denti, ma coperto da un cercine fibro-cartilagineo e dalla mucosa. Nello strappare l'erba, l'animale compie un movimento del capo dal basso verso l'alto. Il *cavallo* erbivoro monogastrico ha un buon sviluppo degli incisivi superiori ed inferiori. L'animale taglia le parti dell'erba in breve tempo. Nella prensione degli alimenti si aiuta con le mobili labbra e la lingua. L' *Elefante* utilizza la proboscide per portare l'erba in bocca.

EVOLUZIONE DEL CRANIO DEI PROBOSCIDATI

EOCENE



PLEISTOCENE

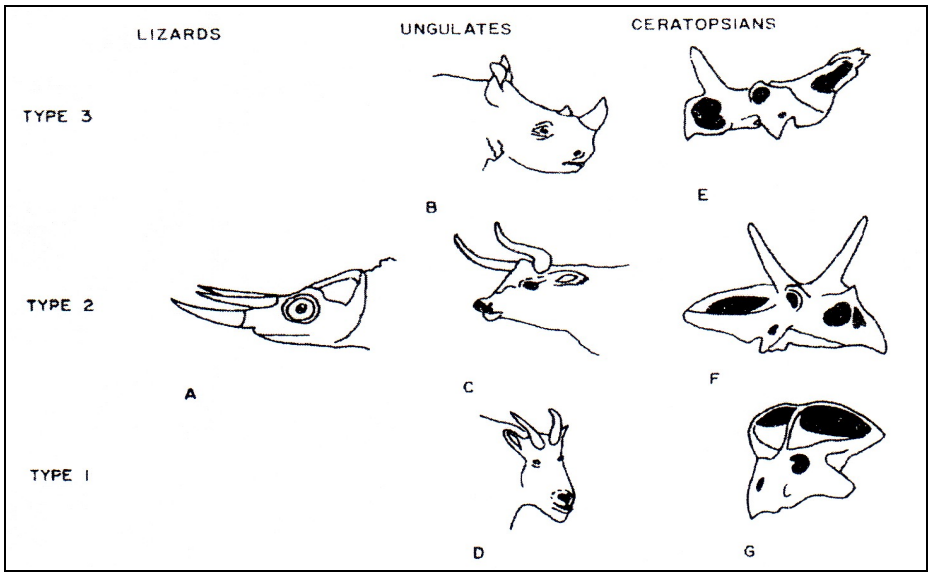


Delfino e pipistrelli effettuano la prensione degli alimenti direttamente con la bocca. I delfini ingoiano la preda in acqua dopo sommaria masticazione. Come tutti i cetacei, usano il mezzo liquido per veicolare l'alimento in bocca. I delfini evitano prolungata masticazione, problematica in ambiente marino. Inoltre in questi mammiferi, l'apofisi glenoidea della mandibola manca quasi completamente e ciò limita i movimenti della masticazione (Brehem e Vogt, 1970).

PRENSIONE DEGLI ALIMENTI
UOMO: ARTO SUPERIORE (DESTRO)
DELFINI: BOCCA
ELEFANTE: PROBOSCIDE
↓
DIETA
↓
MASTICAZIONE RIDOTTA
↓
RIDUZIONE VOLUMETRICA DEI DENTI PRE-MOLARI E MOLARI
RIDUZIONE DELLA LUNGHEZZA DELLA MANDIBOLA E DELL'OSSO MASCELLARE
↓
LEVA DI SECONDO TIPO PIU VANTAGGIOSA
↓
RIDUZIONE DEI MUSCOLI TEMPORALI E DELLA FOSSA PARIETO-TEMPORALE

↓
RIDUZIONE DELLA VASCOLARIZZAZIONE DELLA FACCIA

Ci sono singolari analogie a livello dei frontali tra specie di dinosauri ed odierni ruminanti, come il lavoro di Shelley (1999) mostra. La figura qui di seguito è tratta dallo studio di Shelly. Queste analogie dimostrano la presenza di costanti evolutive o strategie evolutive similari in specie vissute in tempi molto distanti



.

Esempi di organismi moderni e fossili raggruppati in fila secondo criteri di similarità morfologica e strutturale del corno. Aspetto di difesa - offesa: tipo l, 2, 3. Fossili ceratopsiani collegati tra loro per analogia. A) Camaleonte, B) Rinoceronte, C) Manzo, D) Capra del Nord America, E) Monoclonius, F) Torosauro, G) Protoceratopo andwersi. Non sono riprodotti in scala.

RIASSUNTO

Questo saggio di anatomia comparata e morfologia approfondisce aspetti evolutivi e filogenetici del genere Homo e di mammiferi. Edelman (1998), sostiene l'esistenza di tre meccanismi selettivi: il primo è filogenetico ed opera nella selezione naturale. Avrebbe determinato l'evoluzione dalle scimmie antropomorfe agli ominidi arboricoli con andatura eretta, agli umani del genere *Homo sapiens* ed *Homo sapiens sapiens.* Il secondo meccanismo è ontogenetico, implica selezione *somatica* e sta alla base della specializzazione funzionale delle aree cerebrali. Il terzo è la *selezione culturale* ed avviene tra cervello individuale, l'organismo che lo contiene e l'ambiente. Analogie connesse alla prensione degli alimenti tra specie come i delfini, l'elefante, il pipistrello e l'Uomo avrebbero tra l'altro comportato sviluppo volumetrico del neuro cranio e riduzione dello scheletro facciale. Dal punto di vista evolutivo nell'Uomo, esisterebbero quattro aspetti strettamente correlati che sarebbero: la stazione eretta, il bipedismo; la prensione degli alimenti con gli arti superiori e lo sviluppo del neurocranio. La correlazione tra i quattro parametri si riscontra con alta frequenza anche in altri mammiferi con elevato sviluppo cranico (Delfino, Elefante, Pipistrello...) e sarebbero costanti evolutive. Singolari analogie sembrano aversi a livello dei frontali tra specie di dinosauri ed odierni ruminanti, come Shelley (1999) dimostra. Queste analogie sono la prova della esistenza di costanti evolutive o strategie evolutive similari in specie vissute in epoche distanti. In un recente articolo (2008), Brian G. Richmond (George Washington University) e William L. Jungers (Stony Brook University) hanno rilevato che nell'Uomo le prime avvisaglie della rivoluzione anatomica del bipedismo appaiono precocemente nella nostra storia evolutiva. *Orrion tugenensis* scoperto in Kenia nel 200l avrebbe avuto andatura bipede in un periodo di oltre sei milioni di anni fa. I dati scientifici più recenti riportano che la scissione tra ominidi, scimpanzè e gorilla avvenne intorno ai sette milioni di anni fa per cui il bipedismo si sarebbe verificato nell'Uomo in un'epoca molto vicina alla differenziazione di due specie di primati: quella degli scimpanzè e degli ominidi. Brian G. Richmond e William L. Jungers ritengono che *Orrion* avesse una postura simile a quella degli australopitechi e dei parantropi, i due generi che domineranno il nostro albero genealogico fino a due milioni di anni fa. I due scienziati affermano che nell'evoluzione umana gli adattamenti più importanti si siano presentati in modo episodico, in concomitanza con la nascita di nuove specie di ominidi come punteggiature all'interno di lunghi periodi di stabilità. *Orrion* avrebbe però mani e arti superiori molto sviluppati come uno scimpanzè quadrumane che si arrampica sugli alberi per nutrirsi e difendersi dai predatori. L'elevato sviluppo cranico umano sarebbe da collegarsi al mantenimento costante della stazione eretta fin dagli albori della differenziazione dalle scimmie. Nei primi ominidi, la prensione degli alimenti forse fu effettuata in stazione eretta con una delle due mani, mentre l'altra afferrava un ramo sovrastante. Brian G. Richmond e William L. Jungers (2008) affermano che l'andatura bipede si sarebbe affermata Homo per due motivi:

1. Un repertorio di locomozione flessibile come correre, nuotare ed arrampicarsi sugli alberi in caso di necessità
2. Una minore esposizione della superficie corporea ai raggi solari.

B.G. Richmond e W.L. Jungers sono convinti che *Orrion* per sopravvivere fosse costretto a spostarsi da una zona divenuta torrida ad una più amena. *Orrion* si trovava in una parte del continente africano ad oriente della Rift Valley che si stava inaridendo. Se per sopravvivere devi attraversare ampi spazi aperti sotto un sole tropicale, portando forse in braccio un cucciolo e cercando di avvistare i predatori acquattati tra l'erba alta, il bipedismo è soluzione efficace ancor più se lo hai sviluppato occasionalmente sugli alberi per cibarti. Tra Uomo e Scimpanzè, esistono aspetti comuni in riguardo allo sviluppo encefalico avendo le due specie un patrimonio genetico quasi identico, però gli studiosi in materia hanno rilevato anche sorprendenti differenze. Rappoport (1999), in uno studio sull'evoluzione del cervello umano afferma che la durata dello sviluppo pre-natale nell'Uomo è superiore a quello di altri primati. Inoltre nell'Uomo la densità sinaptica della corteccia frontale raggiunge l'apice verso i cinque anni di vita. Nella scimmia questa densità è in aumento negli ultimi periodi di vita intrauterina e primi mesi dopo la nascita. Semendeferi e Damasio (2000), hanno studiato crani di uomini moderni, di ominidi e scimmie con la MRI. Gli autori affermano che il cervelletto umano è più piccolo rispetto a quello delle grosse scimmie, avendo avuto un piccolo incremento volumetrico durante l'evoluzione. Ciò suggerisce che ci sia stato poco differenziamento cerebellare tra Uomo e grosse scimmie. L'incremento cerebellare delle scimmie può essere connesso al fatto che sono specie quadrumani, con vita arboricola.

- *Homo ereclus* → andatura plantigrada → non arboricolo → sviluppo del cervello.
- Scimpanzè → andatura clinograda → quadrumane arboricolo → sviluppo del cervelletto.

Gli autori affermano che il lobo frontale in *Homo* e grosse scimmie ha aspetto similare, pur essendoci variabilità intra - ed interspecifica, non è chiaro quali siano state le differenze primarie tra cervelli di ominidi e scimpanzè.

BIBLIOGRAFIA

Aboitz F, Garcia RV. : *The evolutionary origin of the language areas in the human brain. A neuroanatomical perspective.* Res Reviews 25:381-396 (1997).
Aguggini G, Beghelli V, Giulio LF.: *Fisiologia degli animali domestici con elementi di etologia.* UTET – Torino, 1992).
Amunts K, Schulaug G, Scleicher A, Steinmetz H, Oabringhaus A, Roland PE, Zilles K.: *Asymmetry in the human motor cortex and handednes.* Neuroimage 4 : 216-222 (1996).
Amunts K., Schleicher A., Blirgel U., Mohlberg H., Uyling RB., & Zilles, K. : *Broca* 's *region revisited* : *Cytoarchitecture and intersubject variability.* Journal of Comparative Neurology. 412 : 319 - 341 (1999).
Amunts K, Jancke L, Mohlberg H, Steinmetz H, & Zilles K.: *Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender.* Neuropsychologia 38 :304-312 (2000).
Annett, M.: *The binomial distribution of right, mixed and left handedness.* Quarterly Journal of Experimental Psychology: 19,327 - 333 (1967).
Atalar O, Yilmaz S, Burma O, Ilkay E.: *The macroanatomical investigations on the aortic arch in Porcupines (Hystrix cristata).* Anat Histol Embriol 32(6):367 (2003).
Azakie A, Doff B, McElhinney MO, Louis M, Messina MO, Ronald J.: *Common brachiocephalic trunk: strategies for revasculation.* Am Thorac Surg 67:657-660 (1999).
Baker MA: *Un sistema per la regolazione della temperatura nel cervello.* Le Scienze Vol. III:82-90 (1983).
Barbas H, Pandya ON.: *Architecture and intrinsic connections of the prefrontal cortex in the Resus monkey.* J Comp Neurol 286:353-375 (1989).
Barone R.: *Anatomia Comp. dei Mammiferi Domestici.* Vol. V. Edagricole (1983).
Benes J.: *Animali* e *piante della preistoria.* Fabbri, Milano (1992).
Bergel OH, Peverel RC, Robinson JL, Sleight P.: *The measurament of arterial pressure, carotid sinus radius and baroflex sensitivity in the conscius greyhound.* J Physiology 292:65-66 (1979).
Brehem AE, Vogt C.: *Vita* e *storia degli animali.* Editrice Italiana di Cultura.s.r.l., Roma (1970).
Bogen JE, Cazzaniga MS.: *Cerebral commissurotomy in man* : *minor hemisphere dominance for certain visuospatial functions.* J Neurosurg 23 :394-399 (1965).
Bollea G, Ederli A.: *Il riflesso di Gonda* e *il riflesso tonico del piede nell'età infantile.* Riv Neurol 29, Fase. 5 (1949).
Blizhevsky A, Azhari H, Gaitini D, Dinnar U: *Pattern analysis of temporal changes in the carotid artery diameter under normal and pathological conditions.* Med Erg Phys 19(4): 352-358 (1997).
Brehm, AE e Vogt, C: *Vita* e *storia degli animali.* Editrice Italiana di Cultura, s.r.l., Roma (1970).
Calwin WH.: *L'alba dell 'intelligenza.* Le Scienze N.316 (1994).
Calwin WR: *L'intelligenza umana.* Le Scienze Oossier (1999).
Damasio, R & Damasio A: *Lesion analysis in neuropsychology.* New York; Oxford University Press, (1989).
Damasio R, Damasio H.: *Cervello* e *linguaggio.* Le Scienze N.29 - I (1992).
Damasio R.: *Mente, coscienza* e *cervello.* Le Scienze 376, Dicembre, (1999).
de Lacoste, M.C., Horvath, D.S., & Woodward, DJ.: *Possible sex differences in the developing human fetal brain.* Joumal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 13: 83 l - 846 (1991).
De Bellis MD, Keshavan MS, Shifflett H, Iyengar S, Dahl RE, Axelson DA, Birmather B, Hall J, Moritz O, Ryan ND.: *Superior temporal Gyrus volumes in pediatric generalized anxiety disorder.* Soc Biol Psychiatry 48:51-57 (2000).
de Brux JL, Subayi JB, Pegis JD, Pillet J.: *Retrograde cerebral perfusion: anatomic study of the distribution of blood to the brain.* Ann Thorac Surg 60: 1294-1298 (1995).
de Jong BM, Willemsen AT, Paans AM.: *Regional cerebral blood flow changes related to affective speech presentation in persistent vegetative state.* Clin Neurol Neurosurg 99(3):213-216 (1997).
de la Fuente-Femandez R, Kishore A, Calme DB, Ruth TJ, Stoessl AJ: *Nigrostrial dopamine system and motor lateralization.* Behav Brain Res 112(1-2):63-68 (2000).
Delmas A.: *Vie e centri nervosi.* UTET (1997).
Demarié N, Oariepy J, Chironi O, Massonneau M, Laskri F, Salomon J, Leverson J, Simon A.: *Distribution of ultrasonographically-assessed dimensions of common carotid arteries in healty adults both sexes.* Atherosclerosis 148:297-302 (2000).

Dogil O, Ackermann W, Orood H, Haider H, Kamp H, Mayer J, Reicker A, Wildgruber D.: *The speaking brain* : *a tutorial introduction to fMRI experiments in the production of speech, prosody and syntax.* J Neurolin 15:59-90 (2002).
Dorion AA, Chantome M, Hasboun D, Zouaoui A, Marsault C, Capron C, Duyme M.: *Hemispheric asymmetry and corpus callosum morphometry* : *a magnetic resonance imaging study.* Neurosci Res 36:9-13 (2000).
Edelman NH, Epstein P, Chemiack NS, Dishman AP.: *Control of cerebral blood flow in the Goat;role of the carotid rete.* Am J Physiology 223(3):(1972).
Edelman O.M.: *La metafora muta.* Micro Mega 2:216-226. (1998).
Embick D, Marantz A, Miyashita Y, O'Neil W, Sakai KL.: *A syntactic specialization for Eroca 's area.* Proc Nati Acad Sci. USA 97(II):6150-6154 (2000).
Falk D, Hildebolt C, Cheverud J, Vannier M, Helmkamp RC, Konigsberg L.: *Cortical asymmetries in the frontal lobe of rhesus monkeys (Macaca mulatta).* Brain Res 512:40-45 (1990).
Farlow JO.: *Bipedal vertebrates.* Science 236(4799):243 (1987).
Fedem1eier KD, Kutas M.: *Right words and left words: electrophysiological evidence for hemispheric differences in meaning processing.* Cogn Brain Res 8(3):373-392 (1999).
Frahm HD, Stephan H, Baron O.: *Comparison oi brain structure volumes in insectivora and primates. V. Area striata (AS).* J Himforsch 25(5):537-557 (1984).
Franklin DL, Luther F, Curzon ME. : *The prevalence of malocclusion in children with cerebral paisy.* Eur J Orthod 18(6):637-643 (1996).
Franklin MS. Kraemer OW, Shelton SE, Baker E, Kalin NH, Uno H.: *Gender differences in brain volume and size of corpus callosum and amygdala of rhesus monkey measured from MRI images.* Brain Res 852 :263-267 (2000).
Galaburda, A.M., LeMay, M., Kemper, T.L., & Oeschwind, N. : *Rigth -Ieft asymmetries in the brain.* Science, 199 : 852 - 856 (1978).
Galaburda AM.: *Anatomic basis of cerebral dominance.* Arch Neurol 50:457 (1993).
Galaburda AM, Corsiglia J, Rosen O, Sherman O.: *Planum temporale asymmetJy reappraisal since Geschwind and Levitsky.* Neuropsychologia. 25:853-868 (1987).
Gazzaniga M.S.: *Funzioni divise per gli emisferi cerebrali.* Le Scienze N. 361, Settembre (1998).
Gazzaniga, M.S.: *Cerebral specializzation and interhemispheric communication.* Brain. 123: 1293 - 1326 (2000).
Geschwind N.: *Cerebral dominance in biological perspective.* Neuropsychologia 22:675683 (1984).
Getty R.: *Anatomia degli animali domestici.* Piccin Editore - Padova (1982).
Giedd JN, Castellanos FX, Rajapakse JC, Kaysen D, Vautuzis AC, VaussYC, Hamburger SD, Rapoport JL.: *Cerebral MRl study of human brain development: ages* 4-18. Biol Psychiatry 37:593-683 (1995).
Giedd JN, Rumsey JM, Castellanos FX, Rajapakse JC, Kaysen D, Vaituzis AC, Vauss YC, Hamburger SD, Rapoport JL: *A quantitative MRI study of the corpus callosum in children and adolescents.* Brain Res Dev Brain Res 91 :274-280 (1996).
Gillian LA.: *Blood supply to brains oJ ungulates with and without a rete mirabile caroticum.* J Comp EurolI53:275-290 (1974) ..
Giordano *GG.:* 1 *fenomeni della prensione.* Acta Neurobiologica-Policlinico-Napoli (1955).
Goldman-Rakic PS, Castner S, Williams *G.: Clinical implications oJthe inverted U-shaped curve relating D* 1 *stimulation and behavior.* Biol Psychiatry 47(8 Suppl 1):S62 (2000).
Good C, Johnsrude IS, Ashburner J, Henson RNA, Friston KJ, Frackowiak RSJ.: *A voxel based morphometric study of agering in* 465 *normal adult human brains.* Neuoimage 14:21-36 (2001).
Habib M, Robichon F, Lévrier O, Khalil R, Salamon *G.: Diverging asymmetries of Temporo-parietal cortical areas* : *a reappraisal of Geschwindl Galaburda theory.* Farmacol Res 31 (suppl. 1):75-82 (1995).
Habib M.: *Anatomical asymmetries ofthe human cerebral cortex.* Int J Neurosci 47:67-80 (1989).
Hegstrom RA, Kondepudi DH.: I *centri del linguaggio.* Le Scienze Quaderni, Pagg. 42-55 (Febbraio, 2001).
Hepper PG, McCartney GR, Shannon EA: *Lateralised behaviour in first trimester human fòetuses. N*europsychologia 36(6):531-534 (1998).
Hines M.: *The development and regression of reflex, postures and regression in the young macaque.* Carnery Inst Wasch Pubi 153:541 (1942).
Hochberg FH, Le May M.: *Arteriographic correlates of handedness.* Neurology 25:218-222 (1975).
Holliway RL.: I *cervelli degli ominidi fossili.* Le Scienze, pagg. 76-83 (1991).
Hopkins WD, Fermindez-Carriba S.: *The effect of situational factors on hand preferences for feeding in* 177 *captive chimpanzees (Pan troglodytes).* Neuropsychologia 38(4):403-409 (2000).
Hopkins WD, Lori Marino: *Asymmetries in cerebral width in nonhuman primate brains as revealed by magnetic resonance imaging (MRI).* Neuropsychologia 38: 493-499 (2000).

Hudspeth WJ, Pribram KH.: J Educ Psycho182(4):881-884 (1990).
Hugdahl K. : *Handbook of dichotic listering* : *Theory, methods, and research.* New York : Wiley. (1998).
Hugdahl K., Heiervang E, Ersland L, Lundervold A, Steinmetz H, Smievoll AI: *Significant relation between MR measures of planum temporale area and dichotic processing of 5yllables in dyslexic children* Neuropsychologia 41 :666-675 (2003).
Hutsler J.1.: *Brain & Language.* 86:226-242 (2003).
Iidaka T, Sadato N, Yamada H, Murata T, Omori M, Yonekura Y. : *An flMRI study ofthe functional neuroanatomy of picture encoding in younger and older adults.* Brain Res Cogn Brain Res 11(I) :1-11 (2001).
Ide A, Alboitz F.: *A sex difference in the post central sulcus of the human brain.* Brain Res 890:330-332 (2001).
Ide K, Bousehel R, Sorensen HM, Fernandes A, Cai Y, Pott F, Seeher NH : *Middle cerebral artery blood velocity during exercise with 13-l adrenergie and unl/ateral stellate ganglion blockade in humans.* Acta Physiol Seand 170:33-38 (2000).
Jäncke L, Steinmetz H.: *Hand performance asymmetries in adult.* Neuroreport 5: 169-172 (1993).
Jäncke L, Peters M, Sehlaug O, Posse S, Steinrnetz H, Muller-Oartner HO.: *Differential magnetic resonance signal change in human sensoriomotor cortex to finger movements of different rate of the dominant and subdominant hand.* Brain Res Cogn Brain Res 6 :279-284 (1998).
Hincke L, Sehlaug O, Huang Y, Steinmetz H.: *Asymmetry of the planum parietale.* Neuroreport 5:1161-1163 (1994).
Jayasundar R, Raghunathan P.: *Evidence for left-right asymmetries in the proton MRS of brain in normal volunteers.* Magn Reson Imaging 15(2) (1997).
Jeeves MA, *Si/ver* PH. : *Interemispheric transfer of spatialo tactile information in Callosal agenesis and partial commissurotomy.* Cortex 24 :601-604 (1988).
Jerison HJ. : *AnimaI intelligence as encephalization.* Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 308(1135):21-35 (1985).
Kaplan EB.: Funet. and Surg. *Anatomy ofthe Hand.* Lippincott, Filadelfia (1953).
Karbe H, Herholz O, Weber-Luxemburger O, Ohaemi M, Heiss WD.: *Cerebral nel1vorks and functional brain asymmetry: evidencefrom regional metabolic changes during "word repetition.* Brain Lang 63(1): 108-121 (1998).
Kauffman S.: *Le leggi del caos e della complessità.* Editori Riuniti - Roma (2001).
Kaulitz R, Jonas RA, van der Velde M.E.: *Echocardiographic assessment of interrupted aortic arch.* Cardiology in the young. 9(6):562-571 (1999).
Keller JT, van Loveren HR, Sepahi AN, Zuccarello M.: *Internai carotid artery: corelative anatomy as a guide to surgelY.* Intemational Congress Series 1247:3-18 (2002).
Kojo M, Ogawa T, Yamada K.: *Normal developmental changes in carotid arterial blood }low measured by doppler jlowmetry in children* . Pediatr Neurol 14(4) :313-316 (1996).
Kojo M, Yamada K, Izumi T.: *Normal developmental changes in carotid artelY diameter measured by echo-tracking.* Pediatr Neurol. 18(3):221-226 (1998).
Koupernik c.: *Les tests de Gessell, leur limites, leur intégration à une clinique du premier àge.* Pres Méd 60:449 (1952).
Kronmal RA, Smith VE, O'Leary DH, Polak JF, Oardin JM, Manolio TA.: *Carotid artery measures are strongly associated with left ventricular mass in older adults (a report from the Cardiovascular Health Study).* Am J Cardiol 77(8):628-633 (1996).
Kuang-Lin Lin, Kuo-Shin Chen, Meng- Ying Hsieh, Huei-Shyong Wang: *Transcranial color Doppler sonography on healthy pre-school children: flow velocities and total cerebral blood flow volume.* Brain & Development, 29: 64 - 68 (2007).
Kulynyek *n,* Vladar K, Jones DW, Weinberger DR.: *Gender differences in the normal lateralization of the supratemporal cortex: MRI surface-rendering morphometry of Heschl 's gyrus and the planum temporale.* Cerebr Cortex 4(2): 107-118 (1994).
Kuroehkin and Bogdanoieh I. A.: *On the origin of avianjlight: compromise and 5ystem approaches.* Biology Bullettin, voI. 35, n° I (2008).
Kusehinsky W, Vogel J.: *Control of flow on the microvascular level.* International Congress Series 1235:501-507 (2002).
Lange N, Oiedd .IN, Castellanos FX, Vaituzis AC, Rapoport JF.: *Variability of human brain structure size: ages* 4 - 20 years. Psychiatry Res 74: 1-12 (1997).
Lassen N.A., Ingvar DH, Skinoj E.: *Flusso ematico ed attività cerebrale.* Le Scienze 124:32-41 (1978).
Lazar RM, Marshall RS, Pile-Spellman J, Ouong HC, Mohr J*P,* Young WL, Solomon RL, Perera GM, DeLaPaz RL: *Interhemispheric transfer of language in patients with left frontal cerebral arteriovenous malformation.*

Neuropsychologia 38: 1325-1332 (2000).
Leakey LSB.: *The progress and evolution of man in Africa.* Univo press, Oxford (1961).
Le Doux J*F,* Wilson OH, Gazzaniga MS.: *Manipulo-spatial aspects of cerebral lateralization: Clues to the origin of lateralization.* Neuropsychologia 15 :743- 750 (1977).
Le Ooux *lF,* Wilson OH, GazzanigaS.: *Block design performance following callosal sectioning.* Arch Neurology 35:506-508 (1978).
Le May M.: *Morphological cerebral asymmetries of modern man, fossil man, and nonhuman primates.* Ann N.Y. Acad Sci.280:349-366 (1976).
Le May M. : *Asymmetries of the brains and skulls of nonhuman primates.* New York Accademic Press 2:223-245 (1985).
Lemieux L, Liu RS, Duncan *lS.: Hippocampal and cerebellar volumetry in serially acquired MRI volume scans.* Magn Reson Imaging 18(8): 1027-1033 (2000).
Leonard CM, Lombardino LJ, Walsh K, Eckert MA, Mockler JL, Rowe LA, Williams S, Oebose CB.: *Anatomical risk factors that distinguish dyslexia from SLI predict reading skill in normal children.* Comunico Oisorders 35:501-531 (2002).
Lévi-Strauss C.: *Da vicino e da lontano.* Rizzoli, (1998).
Lieberman P.: *The biology and evolution of language.* Cambridge, Mass., Harvard, Univ. Press (1984).
Liebennan P.: *On the evolution of human 5yntatic ability. Its pre-adaptive bases-motor control and speech. J* Hum Evol 14:657-668 (1985).
Liebennan P.: *The origins of some aspects of human language and cognition. In the human revolution: Behavioral and biological perspectives of the origins of modern humans.* Pagg. 391-414, Edinburg, Univ Press (1989).
Lincoln *l.: Innervation of cerebral arteries by nerves containing 5-hydroxytryptamine and noradrenaline.* Phannacol Ther 68(3):473-501 (1995).
Lovejoy, C.O.: *The natural history of human gait and posture.* Part 3. The knee. Science Direct - Gait & Posture, 25, 325-341 (2007).
Lyons OM, Afarian H, Schatzberg AF, Sawyer-Glover A, Moseley ME. : *Experience dependent asymmetric variation in primate prefrontal morphology.* Behav Brain Res 136(l):51-59 (2002).
Machii M, Becker AE.: *Morphologic features of the normal aortic arch in neonates, infans, and children pertinent to growth.* Ann Thorac Surg 64(2):511-515 (1997).
MacLeod CE, Zilles K, Schleicher A, Rilling J*K,* Gibson KR.: *Expansion of the neocerebellum in Hominoidea. J* Hum EvoI44(4):401-429 (2003).
Marino L, Ubsen MD, Frohlich B, Aldag *1M,* Blane C, Bohaska O, Whitmore lr C.:
Endocranial volume of Mid-!ate Eocene Archaeocetes (order: *Cetacea) revealed by computed tomography*: *implications for Cetacean brain evolution. J* Mammallan Evolution N. 7, Nov (2000).
Martin RD.: *Dimensioni del cervello ed evoluzione umana.* Le Scienze 3(19) :35-41 (1995).
Mirian, M. & Mirian, E.: *Cerebral asymmetries: Neuropsychological measurament and theorical issues.* Biological Psychology, 19: 295 - 304 (1984).
Miyawaki T, Matsui K, Takashima S.: *Developmental characteristics of vessel density in the human fetal and infant brains.* Early Hum Dev 53(1):65-72 (1998).
Mullaart RA, Oaniels O, Hopman *lC,* de Haan AF, Stoelinga GB, Rotteveel n.: *Asymmetry oft he cerebral blood flow* : *an ultrasound Doppler study in preterm newborns.* Pediatr Neurol 13(4):319-322 (1995).
Muller, H. R., Brunholzl C., Radu E. W., Buser M.: *Sex and side differences of cerebral arterial caliber. Ne*uroradiology 33:212-216 (1991).
Murray, Gell-Mann: *Il quark e il giaguaro.* Bollati Boringheri, Torino, (1996).
Nairn J*G,* Bedi KS, Mayhew GTM, Campbell LF. : *On the number of Purkinje cells in the human cerebellum* : *unbiased estimates obtained by using the* « fractionator ». J Comp Neurol 290(4) :527-532 (1989).
Netter KJ, Cohn VH *II',* Shore PA.: *Sex difference in histamine metabolism in the rat.* Am J Physiol 201 :224-226 (1961).
Nichel R Schummer., August Seiferle E.: *Trattato di Anat. degli A.a. Dom.,* Ambrosiana Milano (1998).
Nopoulos P, Flaum M, O'Leary D, Andreasen N.: *Sexual dimorphism in human brain : evalutation of tissue volume, tissue composition and surface anatomy using magnetic resonance imaging* Psychiatry Res 98,(1) : 1-13 (2000).
Nopoulos PC, Rideout D, Crespo-Facorro B, Andreasen Ne.: *Sex Differences in the absence of massa intermedia in patients with schizophrenia versus healthy controls.* Schizophr Res 48(2-3): 177-185 (2001).
Obata T, Shishido F, Koga M, Ikehira H, Kimura F, Yoshida K.: *Three-vessel study of cerebral blood flow using phase-contrast magnetic resonance imaging* : *effect of physical characteristics.* Magn Reson Imaging 14(10): 1143-1148 (1996).

Oléon P.: *Language et development mental.* Bruxelles, Dessart (1972).
Paus T, Collins DL, Evans AC, Leonard G, Pike B, Zijdenbos A.: *Maturation of white matter in the human brain : a review oJ magnetic resonance studies.* Res Bull 54(3) :255266 (2001).
Pedersen EM. Yoganathan AP, Lefebvre XP.: *Pulsatilejlow visualization in a model of the human abdominal aorta and aortic bifurcation. l* Biomechanics 25 : 935-944 (1992).
Peppemberg 1M.: *Conversando con Alex, un pappagallo che parla e che capisce.* Le Scienze - Dossier, N. l - Primavera (1999).
Perret RS, Sloop GD.: I*ncreased peak blood velocità in association with elevated blood pressure.* Ultrasound Med Biol 26(9): 1387-1391 (2000).
Pfeifer RA.: *Mylogenetisch-anatomische untersuchungen uber das korticale ende untersuchungen end del' heorleitung.* Acad Wiss pagg. 37 (1920).
Phillips K A., Hopkins *WD.: Exploring the relationship between cerebellar asymmetryy and handedness in chimpanzees (Pan troglodytes) and capuchins (Cebus apella).* Neuropsychologia, 45: 2333 - 2339 (2007).
Piazzano P.: *Neuroni a specchio, linguaggio e coscienza.* Le Scienze - dossier, n. 1 primavera (1999).
Pickford M., Senut B., Gommerry D., Treil *l.: Bipedalism in Orrion tugenensis relevated by its femora. C*.R. Palevol. 1, 191 - 203 (2002).
Pilbeam D.: *L'origine degli omoidei e degli ominidi.* Le Scienze pagg. 84-93 (1990).
Pinker S.: *L'istinto del linguaggio.* Mondadori, Milano (1998).
Polka L, Bohn OS.: *Asymmetries in vowel perception.* Speech Communication 41 (1):221231 (2003).
Preis S, lancke L, Schittler P, Huang Y, Steinmetz H.: *Normal intrasylvian anatomical asymmetry in children with developmental language disorder.* Neuropsychologia 36(9)): 849-855 (1998).
Preis S, lancke L, Schmitz-Hillebrecht J*,* Steinmetz H.: *Child age and planum temporals asymmetry.* Brain Cogn 40(3):441-452 (1999).
Premack D.: *lntelligence in apes and man.* Laurence Erlbaun Associates (1976).
Preuss UW, Meisenzahl EM, Frodi T, Zetzsche T, Holder *1,* Leinsinger O, Hegerl U, Hahn K, Moller Hl.: *Handedness and corpus callosum molphology.* Psychiatry Res 116(1-2):3342 (2002).
Purushothaman Kailasnath, Dickey PS, Oahbauer H, Nunes *1,* Beckman C, Chaloupka *le.: Intracarotid pressure measurements in the evalutation of a computer model of the cerebral circulation.* Surg Neurol 50,(3):257-263, (1998).
Radanovic M, Scaff M.: *Speech and language disturbances due to subcortical lesions.* Brain Lang 84(3): 337-352 (2003).
Rahiala E, Tikanoja T.: *Non invasive blood pressure measurement and aortic blood flow velocity in neonates.* Early Human Development 49: 1 07-112 (1997).
Raichlen D. A., Pontzer H., Sockol M.D. : *The Laertoli footprints and hominin locomotor kinematics.* ScienceDirect, 54, 112 - 117 (2000).
Rappoport SI.: *How did the human brain evolve? A proposal based on new evidence from in vivo brain imaging during attention and ideation.* Brain Res Bull 50(3): 149-165 (1999).
Reinhard M, Hetzel A, Hinkov V, Lucking, CH.: *Cerebral haemodynamics during the Mueller manoeuvre in humans:* Clin Physiology 20(4):292-303 (2000).
Renfrew e.: *Archeologia e linguaggio.* Laterza, Roma (1989).
Richmond 8.0., Aiello LC:, Wood B:A.: *Early hominid limb proportions*. *1.* Hum. Evol., 43, (4), pagg. 529 - 548 (2002).
Richmond B.O. and lungers W.L.: *Orrion tugenensis femoral morphology and the evolution of hominid bipedalism.* Science, vo!. 319, n° 5870, pp 1662 - 1665, 21 March, (2008).
Ridgway SH, Demski LS, Bullock TH, Schwanzel-Fukuda M.: *The terminal nerve in odontocete cetaceans.* Ann N Y Acad Sci 519:201-212 (1987).
Rilling JK, Sanfey AO, Aronson J*A,* Nystrom LE, Cohen *lD.: The neural correlates of theory of mind within interpersonal interactions.* Neuroimage 22(4): 1694-1703 (2004).
Rilling JK, Seligman RA.: *A quantilative morphometric comparative analysis of the primate temporal lobe. J* Hum Evo142(5): 505-533 (2002).
Rindi O, Manni E.: *Fisiologia umana:* UTET-Torino (1987).
Sallet PC, Elkis H, Alves TM, Oliveira *IR,* Sassi E, Carpi de Castro C, Busatto GF, Gattaz WF.: *Rightward cerebral asymmetry in subtypes ofschizophenia according to Leonhard's classification and to DSM-IV: a structural MRl study.* Psychiatry Res 123(1):65-79(2003).
Salza A.: *Ominidi.* Oiunti, Firenze (1999).
Satz P, Achenbach K, Fennell P.: *Correlations between assested manual laterality and predicted speech laterality*

in a normal population. Neuropsychologia 5:295- 310 (1967).
Schnittger C, Sonke J, Amavaz A, Munte TF: *Blood flow velocity changes in the middle cerebral artery induced by processing of hierarchical visual stimuli.* Neuropsychologia 35(8):1181-1184 (1997).
Semendeferi K, Damasio H.: *the brain and its main anatomical subdivisions in living hominoids using magnetic resonance imaging. J* Human Evol 38(2): 317-332 (2000).
Senut B.: *Bipéde et climat.* e.R. Palevol, 5, 89 - 98 (2006).
Seyfart RM, Cheney D.: *Attività mentale e comunicazione tra le scimmie.* Le Scienze N. 294:26-38 (1993).
Shapleske *1,* Rosell SL, Woodruff, PWR, David AS.: *The planum temporale: a systematic, quantitative review of its structural, functional and clinical significance.* Brain Res Reviews 29:26-49 (1999).
Sherwood RJ, Rowley RB, Ward SC.: *Relative polacement of the mandibular fossa in great apes and humans.* J Hum EvoI43(1): 57-66 (2002).
Shelley C.: *Multiple analogies in evolutionary biology.* Biomedical Sciences 30(2): 143-180 (1999).
Shipkowitz T, Rodgers VG, Frazin LJ, Chandran KB.: *Numerical study on the effect of steady flow development in the human aorta on loeal shear stresses in abdominal aortic branches. J* Biornechanics 31 :995-1007 (1998).
Sholl DA.: *The measurable parameters of the cerebral cortex and their significance in its organization.* Prog Neurobiol (2):324-333 (1956).
Silvestrini R, Rao S, Benini E, Daidone MG, Pilotti S.: *lmmunohistochemical detection of p53 in clinical breast cancers: a look at methodologic approaches. 1* NatI Cancer Inst 87(13): l 020 (1995).
Snyder *Pl,* Bilder RM, Houwei Wu, Bogerts B, Lieberrnan J*A: Cerebellar volume asymmetries are related to handedness: a quantitative MRI study.* Neuropsychologia 33(4):407-419 (1995).
Steinrnetz H, Radernacher *1,* Jancke L, Huang YX, Thron A, Zilles K.: *Total surface of temporoparietal intrasylvian cortex: diverging left - right asymmetries.* Brain Lang 39:357372 (1990).
Steinrnetz H, Volkrnan, J, lanke L, Freud Hl.: *Anatomical left - right asymmetry of language-related temporal cortex is different in left and right-handers.* Ann Neurol 29:315319(1991).
Steinrnetz H, Hergoz A, Schlaug G, Huang Y, Jancke L.: *Brain (a)symmetry in monozygotic twins.* Cerebr Cortex 5:296-300 (1995).
Steinrnetz H. *Structure, function and cerebral asymmetry: in vivo morphomef1y of the Planum temporale.* Neurosci. Biobehav Rev 20(4): 587-591 (1996).
Steinrnetz 1-1, Herzog A, 1-Iuang Y, Hacklander T.: *Discordant brain-surface anatomy in monozygotic Mins.* N Engl J Med 331(14): 951-952 (1994).
Stenberg C, Weinstock DJ, Gold JP, Notterman DA: *Measuraments of central blood vessels in infants and cildren* Cathet Cardiovasc Diagn 27: 197-201 (1992).
Stippich C, Moharnrned J, Kress B, Hahnel S, Gunther J, Konrad F, Sartor K.: *Robust localization and lateralization of hwnan language function: an optimized clinical functional magnetic resonance imaging porotcol.* Neurosci Lett 346(1-2): 109-113 (2003).
Stringer CB.: *La comparsa dell'Uomo moderno.* Le Scienze n° 270:76 - 83 (1991).
Tardy CH, Allen MT.: *Moderators of cardiovascular reactivity to speech: discourse production and group variations in blood pressure and pulse rate.* Int J Psychophysiol. 29:247-254 (1998).
Testut L, Latarjet A: *Trattato di Anatomia Umana.* UTET-Torino (1966).
Tillfors M, Furrnark T, Marteinsdottir I, Fredrikson M.: *Cerebral blood flow during anticipation of public speaking in social phobia: a PET study.* Biol Psychiatry 52 (II): 1113 - 1119, (2002).
Trachenko OP.: *L. Ya Balonov 's and VL. Deglin* 's *input in studying of speech and thinking activity from the position of functional brain a!'ymmef1y.* Zh Evol Biokhirn Fiziol 39(1):3340 (2003).
Trevarthen c.: *Lateral asymmetries in infancy: implications for the development of the hemispheres.* Neurosci Biobehav Rev 20(4):571-586 (1996).
Uzuner N, Yalcinbas O, Gucuyener D, Ozdernir G.: *Hand gripping effect on cerebral blood flow in normal subjects.* Eur J Ultrasound 11(2): 147-150 (2000).
Vallortigara G, Bisazza A: *L 'asimmetria nel cervello nei vertebrati.* Le Scienze 42:56-83 (1997).
Vikingstad EM, George KP, Johnson AF, Cao Y.: *Cortical language lateralization in right handed normal subjects using functional magnetic resonance imaging. J* Neurol Sci 175(1): 17-27 (2000).
Vogl A V, Fischer HO.: *The internaI carotid artery does not directly supply the brain in the monodontidae (order Cetacea). J* Morphology 170:207-214 (1981).
Voisin JL.: *Évolution de la morphologie claviculaire au sein du genre Homo. Conséquences architecturales et fonctionnelles sur la ceinture scapulaire.* L'Anthropologie 105:449-468 (200 l).
Wada JA, Clarke R, Hamm A.: *Cerebral hemispheric asymmetry in humans.* Arch. Neurol 32:239-246 (1975).
Wada T, Kodaira K, Fujishiro K, Okamura T.: *Correlation of common carotid flow volume measured by ultrasonic*

quantitative flow meter with pathological findings. Stroke 22:319323 (1991).
Whorf BL.: *Linguaggio, pensiero e realtà.* Torino, Boringhieri (1987).
Wickett J, Philip A, Vemon, Donald H, Lee: *Relationships between factors of intelligence and brain volume.* Pers Individ Dif 29: 1095-1122 (2000).
Wilkins, WK, Wakefield J.: *Brain evolution and neurolinguistic preconditions.* Behav Brain Sci 18(1): 161-126 (1995).
Wolf J, Burian *l.: L'uomo della preistoria: l'origine e l'evoluzione del genere umano.* Fabbri-Milano (1978).
Woods RP.: *Brain asymmetries in situs inversus: a case report and review of the Iiterature.*
Arch Neurol, 43:1083-1084 (1986).
Zaidel E, Kasher A, Soroker N, Batori G.: *Effects of right and left hemisphere damage on performance of the "Right Hemisphere Communication Battery".* Brain Lang 80(3):510-535 (2002).
laho M, Fady T, Charbel, Alperin Noam, Francis Loth, Clark ME.: *Improved phase contrast flow quantification by three-dimensional vessel localization.* Magn Res lmaging 18:697-706 (2000).
Zetzsche T, Meisenzahl EM, Preuss UW, Holder JJ, Kathmann N, Leinsinger G, Hahn K, Hegerl U, Moller HJ.: *In-vivo analysis of the human planum temporale (PT): does lhe definition of PT borders influence the results with regard to cerebral asymmetry and correlation with handedness?* Psychiatry Res 107(2):99-115 (200 l).

FINE