

**Adattamenti allo scavo ed alla
locomozione terrestre senza arti**

Vertebrati sotterranei
 scavatori
 fossori

**Secondo una corrente di pensiero l'adattamento
alla locomozione terrestre senza arti deriva da uno
stadio precedente fossorio, ma si sa se il modello
sia valido anche per i serpenti (origini fossorie o
acquatiche?)**

Vantaggi del saper scavare

- Creazione di microhabitat per ibernazione, estivazione, riproduzione o semplicemente rifugio
- Piccoli scavatori si nutrono di insetti altri invertebrati e radici o tuberi che sono abbondanti nel terreno
- Scavatori di dimensioni maggiori possono dare a loro volta la caccia piccoli scavatori
- Si possono creare depositi di cibo
- Si può sfuggire ad animali incapaci di scavare o di inseguire nei cunicoli sotterranei.

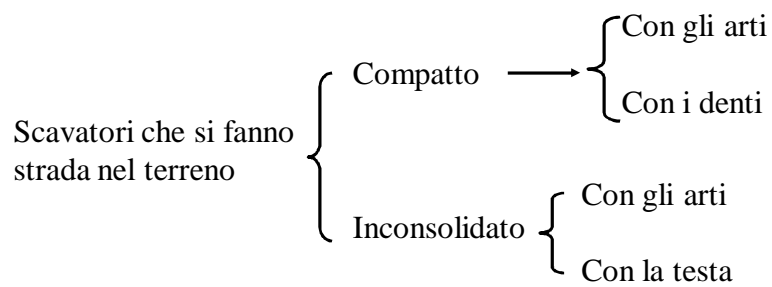
Tralasciando i Pesci
Si hanno scavatori tra:

Anfibi: cecilie e alcuni anuri ed urodela

Rettili: molti serpenti, gli anfisbenidi e alcune lucertole come scinchi e frinosomi, molte tartarughe

Uccelli: non specializzati, alcuni nidificano in tane o buchi di cui si appropriano o, più raramente, che scavano.

Mammiferi: *moltissimi* gruppi, dai Monotremi (Echidna) ai Marsupiali, molti Roditori, Insettivori, Sdentati e qualche Carnivoro (soprattutto mustelidi: tasso, mellivora ecc.)

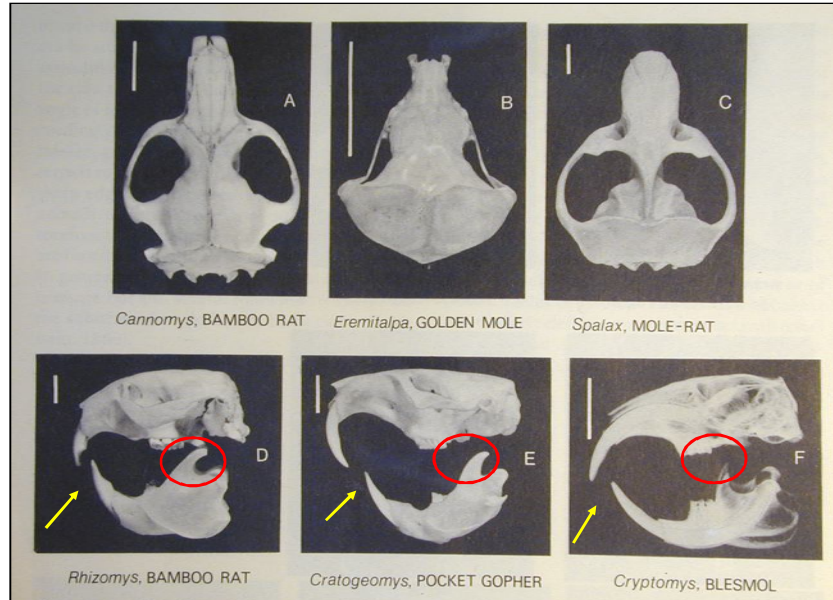


1. Scavatori che creano cunicoli e gallerie e vivono prevalentemente nel terreno
2. Scavatori che aprono il terreno per cercare cibo, ma non vi si inoltrano, o comunque non vivono prevalentemente in gallerie e cunicoli

La morfologia e le dimensioni degli animali appartenenti ai due gruppi è differente:

1. In genere piccole dimensioni, occhi/orecchio esterno molto ridotti, arti corti, zampe a pala, coda ridotta.
2. Dimensioni medie arti lunghi, coda sviluppata.

Strumenti per scavare: denti



Strumenti per scavare: zampe ed artigli

Animali che scavano “grattando”(rompendo) il suolo

Animali che scavano sfruttando la rotazione omerale

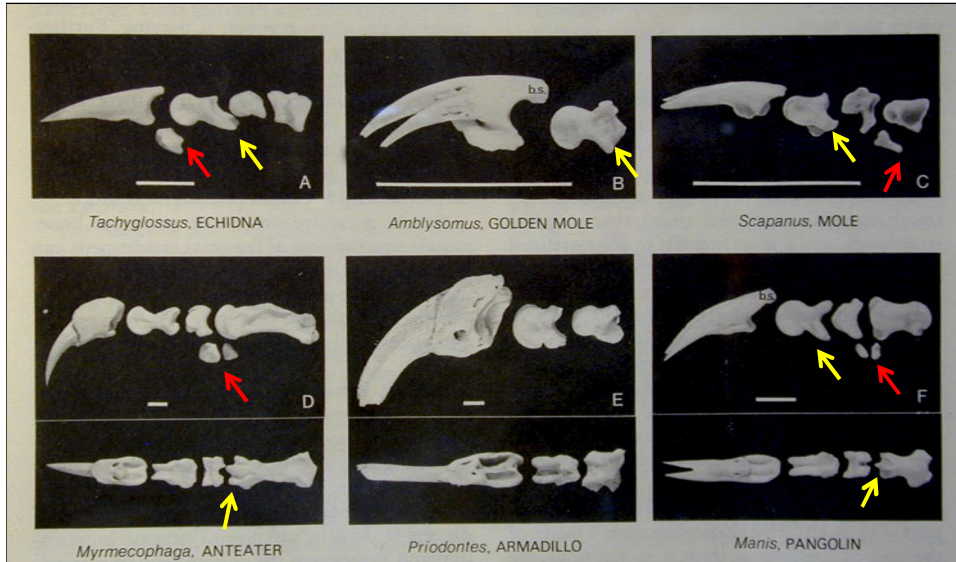
Nel primo caso: grande sviluppo degli artigli

Nel secondo caso: l'intera zampa forma una pala

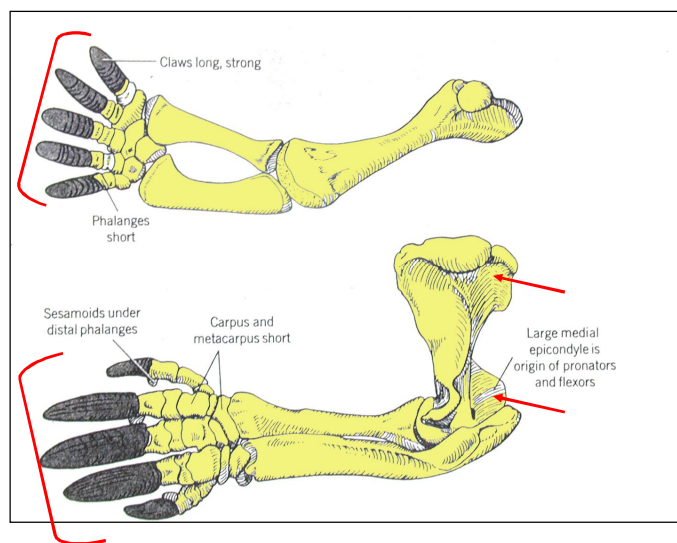
In entrambi i casi lo scheletro di arti e cinti deve essere particolarmente robusto

Falangi ed artigli di Mammiferi scavatori

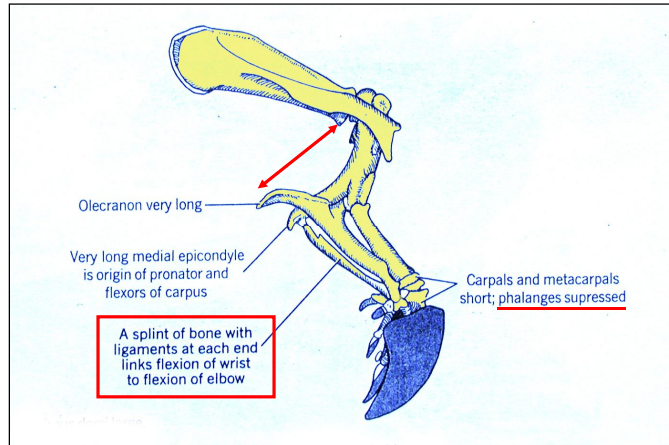
↖ sesamoidi ↗ Spine, processi



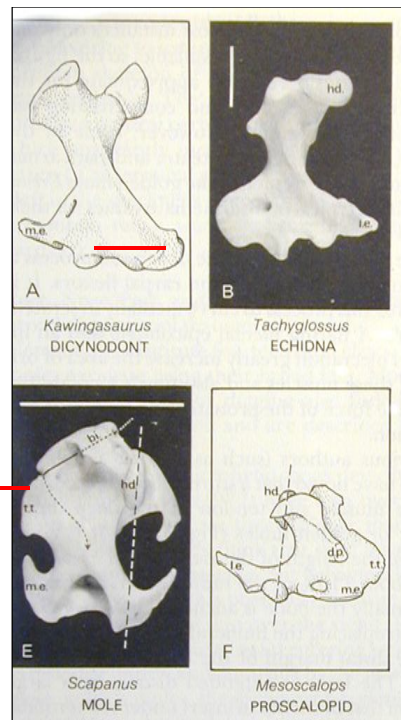
Zampa di testuggine scavatrice *Gopherus*



Talpa dorata: uno scratch digger di piccole dimensioni



L'omero ospita l'inserzione di muscoli fortissimi, e di conseguenza si modifica sviluppando ampi processi, specialmente nei mammiferi che scavano tramite rotazione omerale.

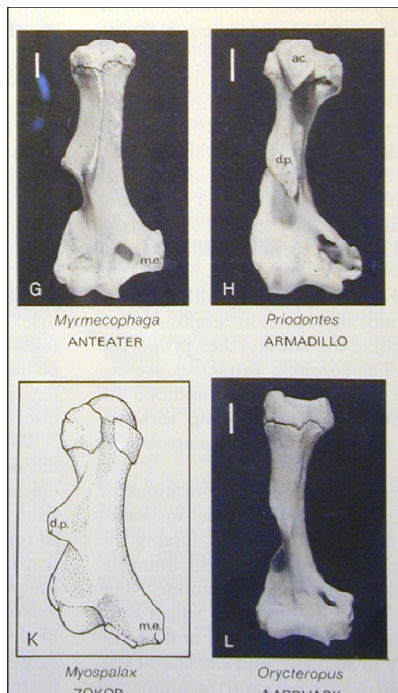
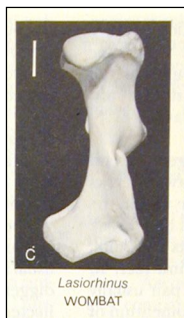




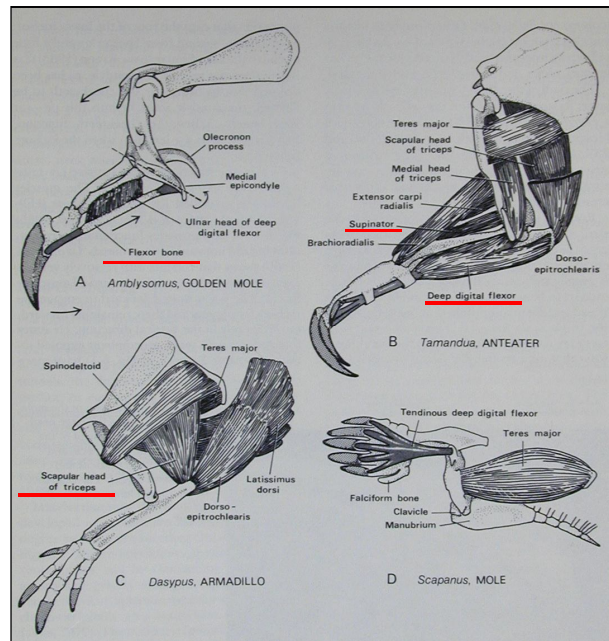
Omero di Talpa
Nelle diverse viste



Negli scratch diggers
la diafisi rimane
allungata.



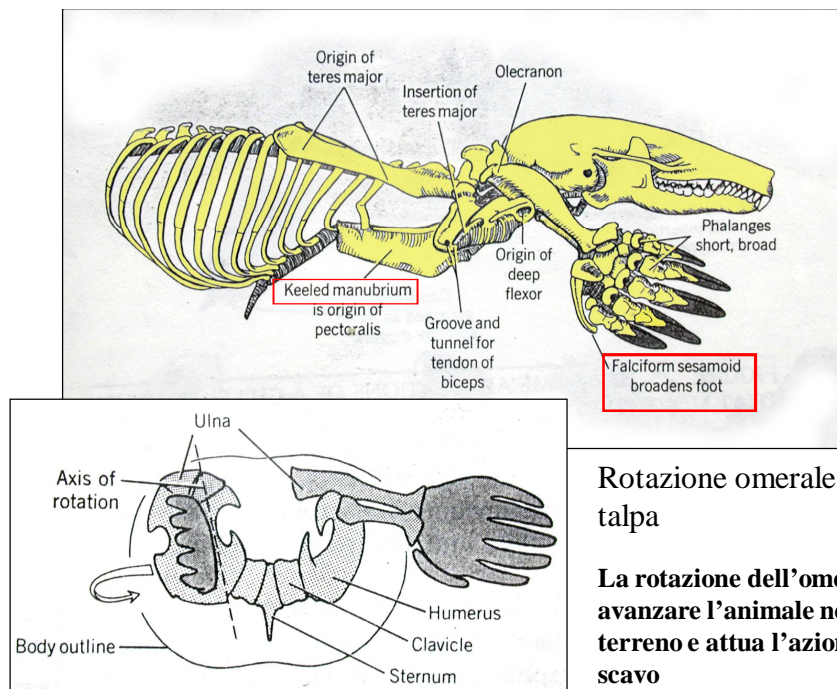
Sia che scavino
per rotazione
omerale o che
siano scratch
diggers, la
muscolatura degli
arti anteriori è
davvero possente



Dato che i muscoli sono sempre prossimali rispetto a ciò che muovono, la muscolatura dorsale deve essere altrettanto sviluppata (es.: i muscoli che muovono la mano sono sull'avambraccio, quelli che muovono l'avambraccio sono sul braccio, quelli che muovono il braccio sono sul tronco)

Spalace

Scava con i denti, oltre che con le zampe, per cui la muscolatura delle mascelle è estremamente sviluppata



Rotazione omerale: la talpa

La rotazione dell'omero fa avanzare l'animale nel terreno e attua l'azione di scavo

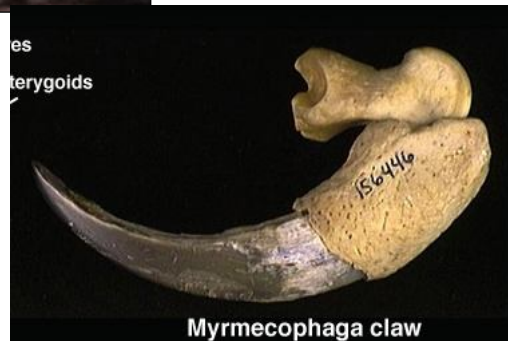
L'Echidna è un Monotremo, come l'ornitorinco, quindi lontanissimo filogeneticamente dalla Talpa, che è un Placentato, tuttavia gli strettissimi vincoli biomeccanici posti dal modo di vita fanno sì che la struttura generale sia sorprendentemente simile

L'armadillo è tecnicamente uno scratch digger, ma conduce un modo di vita intermedio,

gli scratch diggers spesso necessitano di opporsi alla reazione di trazione esercitata dai movimenti di scavo, quindi anche la parte posteriore del tronco, gli arti posteriori ed il cinto pelvico sono molto robusti



Scratch diggers

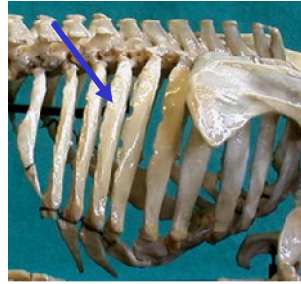


Tutti gli animali fossori sono in grado di esercitare grande forza, ma le modificazioni scheletriche che ciò comporta li rende lenti; per difendersi devono cercare rifugio nei cunicoli o sviluppare protezioni

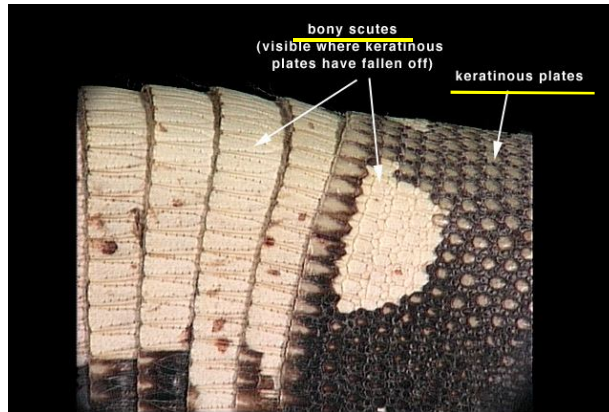
Il Pangolino, come l'armadillo, è corazzato e capace di arrotolarsi a palla

La corazza dell'armadillo è multistrato come quella delle tartarughe

1. Coste espanse
2. Scudi ossei
3. Piastre cornee.



I “formichieri” s.
l. non sono
corazzati, ma si
affidano ad una
difesa attiva



I bradipi giganti
estinti
avevano una
copertura dermica,
oltre che gli artigli



L'equivalente africano del formichiere:
l'oritteropo



Irrobustimento delle articolazioni

Sia negli animali fossori che negli scratch diggers, l'azione di scavo sottopone le ossa e le articolazioni a stress notevoli, con rischio di dislocazioni o deformazioni.

A questo scopo le falangi e il carpo si riducono in lunghezza ed aumentano in spessore e si sviluppano sistemi di blocco nelle ossa lunghe per evitare dislocazioni.

Questo irrigidimento, non interessa solo gli arti, ma si estende a tutto il corpo (Xenartri)

Strumenti per scavare: Testa, naso, piedi ecc.

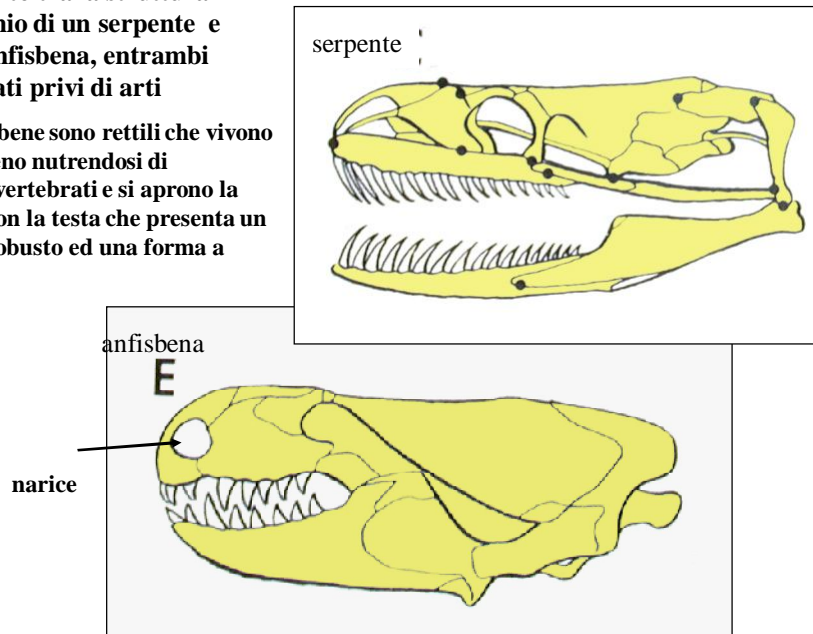
Alcuni animali fossori usano l'intera testa come "vanga" per aprirsi la strada nel terreno; si tratta per lo più di anfibi e rettili privi di arti o con arti molto ridotti (cecilie, anfibene, scinchi, orbettino qualche serpente).

Tutti i serpenti, che non hanno occhi ridotti, posseggono una palpebra fissa e trasparente copre in permanenza l'occhio. Nelle forme fossorie serve a proteggerlo dalle particelle di terra.

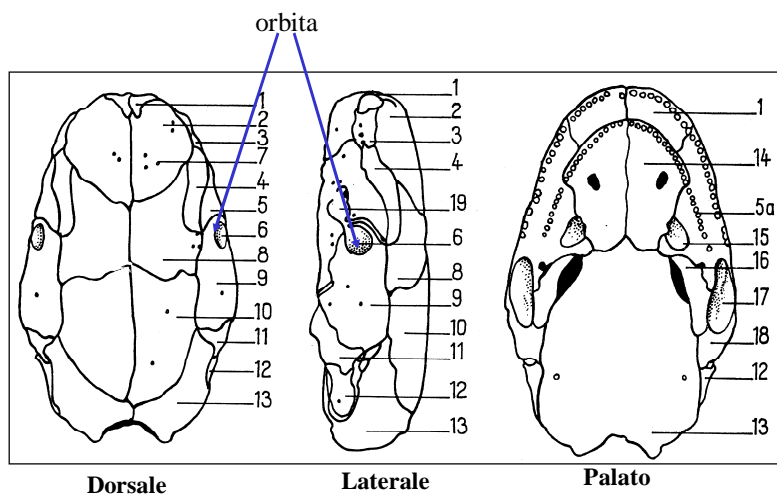
Nelle forme che scavano con la testa, il cranio è compatto e robusto, con ossa spesse ed articolazioni saldate (serpenti esclusi).

Confronto tra la struttura del cranio di un serpente e di un'anfisbena, entrambi Squamati privi di arti

Le anfisbene sono rettili che vivono nel terreno nutrendosi di microinvertebrati e si aprono la strada con la testa che presenta un cranio robusto ed una forma a vanga



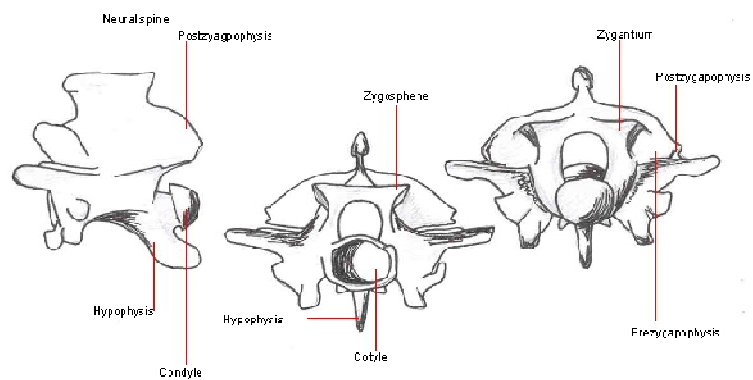
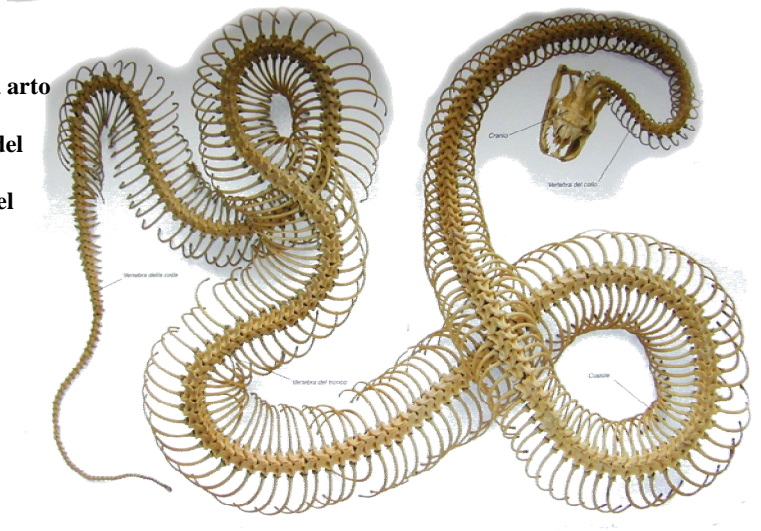
**Cranio di cecilia
Robusto e compatto come quello delle anfisbene**



Locomozione terrestre senza arti

Serpenti

- Assenza cinto ed arto anteriore
- A volte vestigia del cinto pelvico
- Allungamento del tronco
- Articolazioni accessorie fra le vertebre



Locomozione terrestre senza arti

Evolutasi forse come adattamento fossorio o locomotorio
in/su substrato in consolidato o “molle”,
ma l’ondulazione laterale dei serpenti ricorda anche il nuoto

Anfibi (cecilie)

Squamati scinchi ecc.

orbettino

più specializzati

anfibiene

serpenti

Metodi: ondulazione laterale
 progressione rettilinea
 fisarmonica
 sidewinding (solo i serpenti)

Ondulazione laterale

L’animale forma onde “serpentine” a destra ed a sinistra

Fa perno su punti di appoggio su cui preme *lateralmente* in
direzione *obliqua* rispetto alla direzione del movimento

La spira rimane dov’è mentre il corpo avanza.

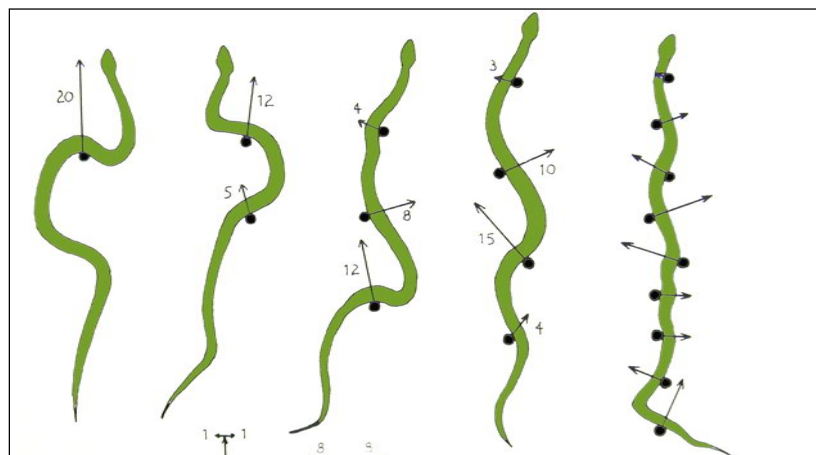
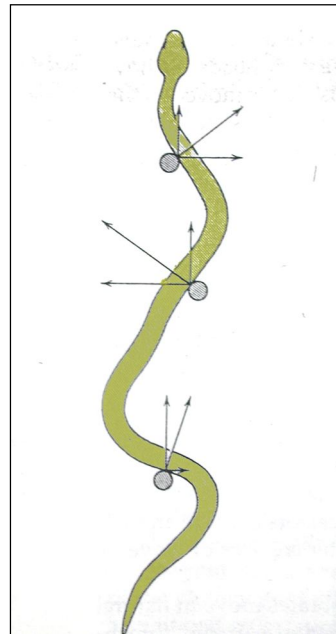
Il serpente preme contro l’oggetto che ha sua volta produce
una reazione opposta ed uguale. Essendo entrambe laterali, un
solo oggetto non è sufficiente per fare avanzare il serpente

Occorrono almeno tre oggetti non dallo stesso lato, in modo che le componenti laterali si annullino e quelle dirette in avanti si sommino.

La massima efficienza si ha con 3-5 "punti di appoggio".

L'attrito in questo caso è una componente sfavorevole.

L'ondulazione laterale non funziona in cunicoli, solchi molto stretti e superfici completamente lisce.

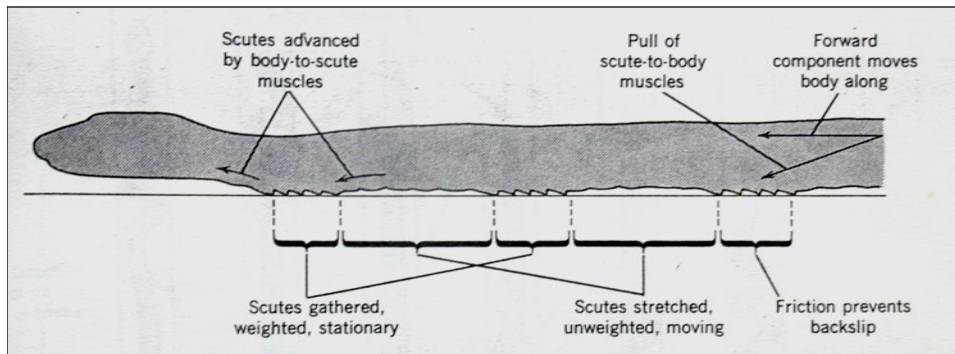
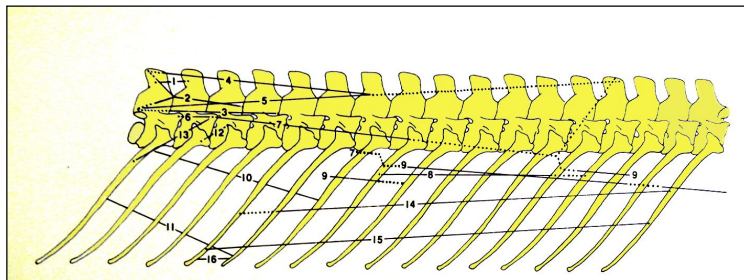


Locomozione rettilinea

La pelle del ventre è piuttosto lassa e molto distensibile

La muscolatura obliqua delle coste può arricciare (contrarre) la pelle del ventre in alcune zone e distenderla in altre

Le grosse squame (scudi) ventrali si sovrappongono nelle zone contratte e si allontanano fra loro in quelle distese.



Le squame ravvicinate toccano il terreno e spingono verso il basso ed indietro

Le squame distese sono staccate dal terreno

Progressivamente si aggiungono (una alla volta) squame nella estremità posteriore della zona contratta e si distendono in quella anteriore, così che l'animale è sospinto in avanti, come un bruco che usa i parapodi

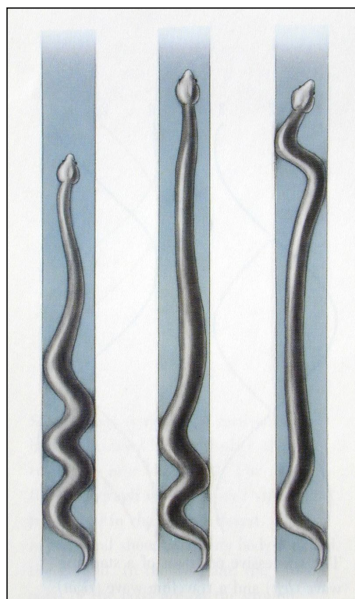
L'attrito è una componente favorevole.

Il corpo è tenuto in linea retta nella direzione del moto

Il punto di appoggio non cambia ed è il corpo ad essere sospinto in avanti dalle onde di contrazione-distensione.

Il movimento rettilineo è lento

Viene usato nei cunicoli, o in superficie per l'avvicinamento durante un agguato.



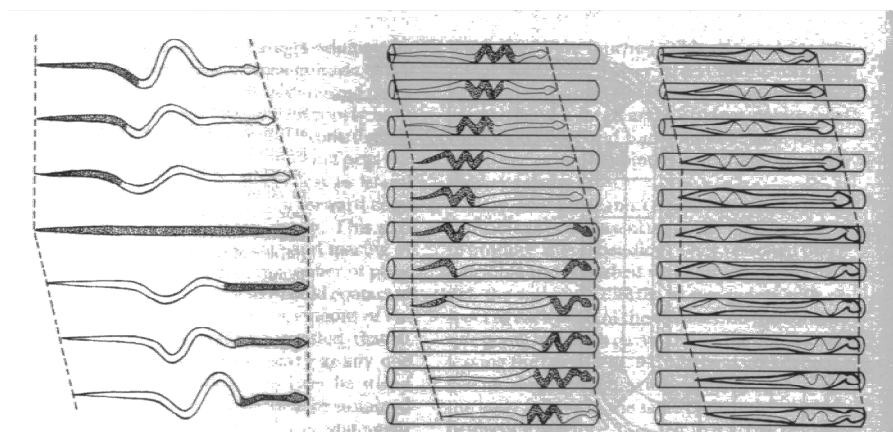
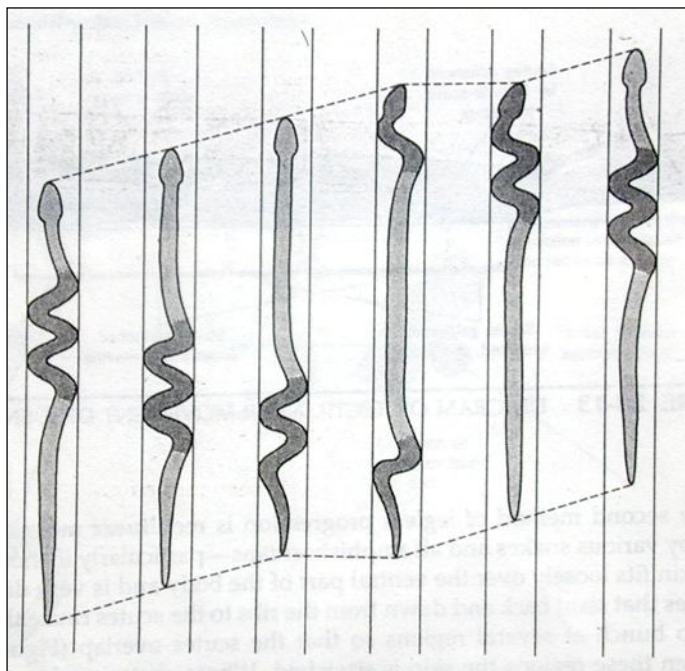
Movimento a fisarmonica

L'animale forma delle spire ad "S" nella parte posteriore del corpo e solleva la parte anteriore.

Le spire spingono in basso ed indietro verso il substrato e per reazione si ha una contropinta in avanti.

L'attrito è una componente favorevole in quanto evita di scivolare all'indietro anziché avanzare.

Prima di perdere
l'equilibrio
l'animale tocca
terra con la parte
anteriore e forma
delle spire ad S
mentre stacca la
parte posteriore
dal terreno ed il
ciclo ricomincia



L'ampiezza delle spire è variabile ed il movimento può essere veloce

Può essere utile in cunicoli e può essere effettuato anche "internamente" per esercitare pressione lungo le pareti.

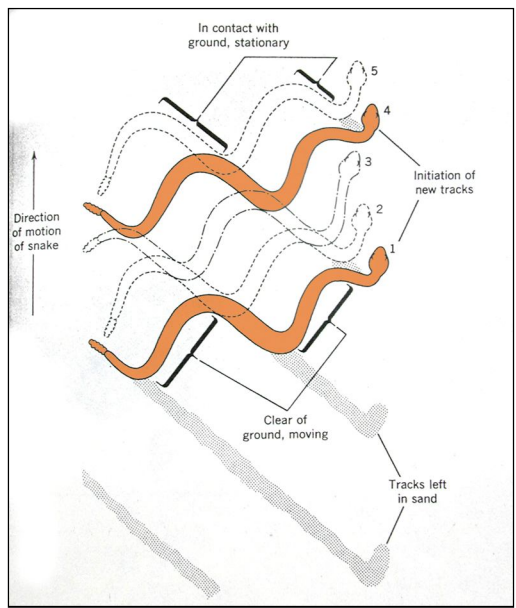
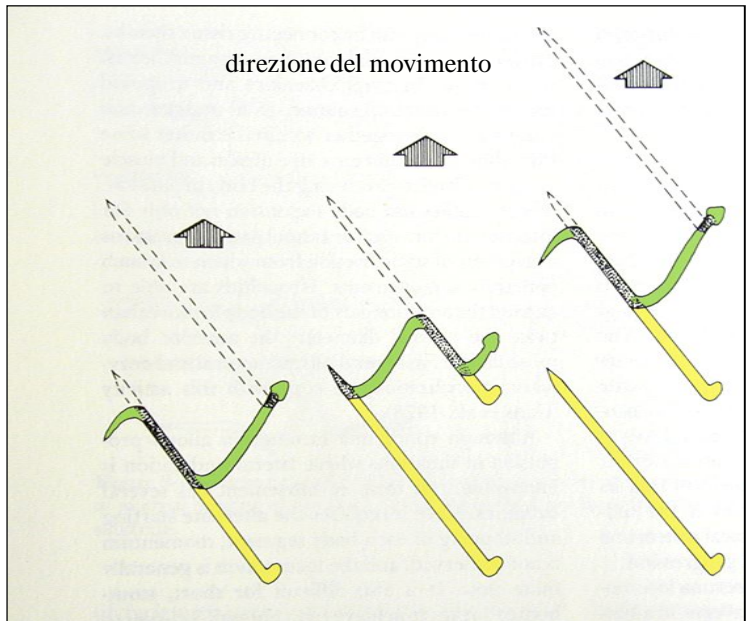
Ondulazione laterale o Sidewinding

Movimento sofisticato di cui sono capaci solo i serpenti

Tipicamente usata su suolo inconsolidato, sabbioso ecc., è molto rapida

Il serpente crea onde di contrazione che scorrono lungo il corpo e lasciano sul terreno delle serie di tracce parallele a forma di “J”

- 1) Il serpente solleva la porzione anteriore.
- 2) Testa e “collo” toccano il terreno, la testa è orientata nella direzione del movimento. Il collo si piega nettamente, formando il “gancio” dell’impronta a “J”
- 3) La curvatura viene fatta scorrere all’indietro.
- 4) Una nuova J si inizia a formare prima che finisca l’altra, quindi il serpente tiene sempre due parti del corpo a contatto con il substrato e due sollevate
- 5) Quando una spira ha raggiunto la coda, la parte anteriore ne ha già formata un’altra



I sidewinders usano accorgimenti per aumentare l'attrito

Formano accumuli laterali di particelle
Hanno squame ventrali carenate

Nel caso il sidewinder incontrasse uno specchio d'acqua, il passaggio dal sidewinding al nuoto e viceversa è impercettibile (non si hanno stop o modificazioni del movimento)

Il sidewinding non ha un'origine chiara: viene considerato una specializzazione dell'ondulazione (transizione ininterrotta con il nuoto)

Oppure una specializzazione del movimento a fisarmonica (presenza di fasi sospese e sfruttamento dell'attrito)