

CONTESTI CONFINATI E COMPORTAMENTO: IL CONTRIBUTO DELL'ETOLOGIA E DELLE NEUROSCIENZE

Giovanni Laviola, Augusto Vitale

*Centro di Riferimento per le Scienze comportamentali e la Salute mentale, Istituto Superiore di Sanità,
Roma*

Introduzione

Un principio ben delineato nella teoria dell'evoluzione, formulata da Charles Darwin nel 1959 nell' "Origine delle Specie", descrive la differenziazione e la continuità delle forme viventi, comunque sulla base di una origine comune, che prevede quindi la conservazione nel tempo di caratteristiche comuni a specie diverse. Questo principio è alla base del razionale che ci consente attualmente di studiare, mediante l'utilizzo di appropriati modelli animali, i meccanismi e i processi biologici che sottostanno alla fisiologia e al comportamento della nostra stessa specie. Dal momento della pubblicazione dell' "Origine delle specie", l'uomo è Homo sapiens, un animale tra le tante altre forme viventi del pianeta, un primate tra le scimmie a lui fileticamente più prossime, e che condivide con gli altri esseri viventi, specialmente i mammiferi tra i vertebrati, una serie di caratteristiche anatomiche, fisiologiche e comportamentali.

Sulla base di questo assunto, come già accennato, la ricerca di laboratorio utilizza e studia gli animali come modelli. Questi ultimi rappresentano condizioni sperimentali che utilizziamo come simulazione al fine di caratterizzare i processi biologici di base e i comportamenti. È possibile studiare in questo modo processi patologici spontanei o indotti sperimentalmente, tali da mimare e approssimare, per quanto possibile, i quadri patologici che colpiscono gli individui della nostra specie. L'idea è che, sfruttando le somiglianze evolutive tra l'essere umano e le altre specie, sia in ultima analisi possibile ottenere informazioni e conoscenze, da utilizzare per contribuire a un miglioramento della nostra salute. È importante menzionare qui che l'uso degli animali in sperimentazione è strettamente regolato da una Direttiva europea (1) e dal corrispondente decreto legislativo italiano (2).

In questo contributo offriremo alcune riflessioni derivanti dalla nostra esperienza nello studio del comportamento animale sia in condizioni naturali che nell'ambiente standardizzato e confinato del laboratorio. Un particolare riferimento verrà indirizzato agli studi in specie animali utilizzate nella ricerca etologica, biomedica e tossicologica. In una prospettiva evuzionistica, il nostro fine è quello di offrire un quadro di informazioni di riferimento e di possibile riflessione per coloro che per vari motivi si vengano ad occupare della gestione della qualità della vita in condizioni di ambiente confinato.

Necessità etologiche

Tutti gli animali, esseri umani compresi, presentano una serie di necessità che devono essere soddisfatte per permettere innanzitutto la sopravvivenza e garantire un livello di benessere adeguato. In generale, tutti gli esseri viventi devono procurarsi cibo, evitare i predatori e adattarsi alle variazioni ambientali. Si può parlare di "necessità etologiche" (l'etologia è la disciplina che

studia il comportamento animale) quando queste necessità vengono soddisfatte tramite la messa in atto di particolari comportamenti. Questi tratti comportamentali si sono selezionati per poter meglio rispondere alle sollecitazioni ambientali, attraverso l'evoluzione, quindi in un contesto di ambito naturale, sia a livello specie-specifico che a livello del singolo individuo. Inoltre, in parallelo con la diversificazione delle capacità cognitive, alcune particolari specie animali hanno sviluppato, nel corso dell'evoluzione, una capacità di affrontare le sfide ambientali in maniera più variegata e particolarmente plastica. Tale acquisizione di capacità si accompagna però con la necessità di interagire con un ambiente ricco di stimoli, per poter sostenere con l'esercizio la curiosità e porsi continuamente degli obiettivi da raggiungere (3). Questo è il caso, per esempio, dei primati, inclusa la specie umana, caratterizzati da sofisticate capacità cognitive e una estrema complessità del mondo sociale nel quale queste specie si sono evolute. Ciò implica la necessità di raggiungere e mantenere uno stato di benessere psicologico adeguato (al di là dei semplici bisogni fisiologici o delle necessità comportamentali più elementari) (4, 5).

Si è maturata nel corso degli ultimi decenni una consapevolezza nel mondo della ricerca più prettamente etologica riguardo al caso degli animali utilizzati in sperimentazione, in particolare, per quanto riguarda le condizioni ambientali in laboratorio. Mentre queste da un lato rispondono alla necessità di un controllo stretto anche ai fini di ottimizzare e mantenere i costi ridotti, dall'altro possono risultare in quanto altamente standardizzati, lontano da un contesto di natura. È importante ricordare, che gli organismi animali attualmente presenti sono il risultato di un dialogo continuo, cioè uno scambio di informazioni e selezione, tra la genetica e l'ambiente naturale. Se quindi le condizioni di allevamento diventano molto standardizzate, in quanto a dimensioni e organizzazione spaziale e funzionale delle strutture, con ritmi di illuminazione o di buio, qualità e quantità del cibo mantenuti strettamente regolati e costanti, allora la possibilità di accedere ad attività motorie o sociali che rispettino la storia evolutiva della specie, appare di conseguenza strettamente limitata. In queste condizioni quindi il livello di benessere può risultare notevolmente compromesso.

Benessere e cattività: gli arricchimenti ambientali e l'approccio etologico

Un interessante punto di vista sull'importanza di garantire un adeguato livello di benessere psico-fisico agli animali in cattività verte su come interpretare il concetto di benessere. Nella letteratura recente su questo tema, sempre più si intende benessere non più solo come un'assenza di malessere, ma come la possibilità di intervenire attivamente per migliorare lo stato di benessere di un individuo.

In generale, specialmente per quanto riguarda i mammiferi e i primati in particolare, un ambiente di cattività adeguato dovrebbe presentare una serie di caratteristiche, tra le quali: la possibilità di sentirsi sicuri e protetti; una appropriata complessità fisico-spaziale; la possibilità di avere un buon grado di controllo sull'ambiente; la possibilità di poter perseguire degli obiettivi e infine di raggiungere dei risultati, e un appropriato contesto sociale (6). Uno dei modi per venire incontro a queste necessità è l'uso degli arricchimenti ambientali, mediante per esempio l'introduzione di oggetti manipolabili o l'accesso a partner sociali. Lo scopo di tali arricchimenti è quello di stimolare la manifestazione di comportamenti che sono invece fortemente limitati e penalizzati dalla vita in cattività, in modo da avvicinarsi il più possibile a un repertorio di comportamenti che è il risultato dell'evoluzione per quella specie.

In una situazione cosiddetta di natura, un individuo è quindi generalmente in grado di soddisfare le proprie "necessità etologiche" e ciò, in generale, corrisponde a un buon stato di

benessere. Per esempio in natura, i macachi trascorrono molto del loro tempo a cercare, manipolare e consumare il cibo. In condizioni di cattività (anche se ora le condizioni sono molto migliorate), in genere il cibo arriva sempre alla stessa ora, già tagliato e preparato per essere consumato. Quindi ne segue che il tempo dedicato alle attività naturali di foraggiamento è notevolmente penalizzato e viene data meno, o preclusa del tutto, la possibilità per l'individuo di mettere in atto comportamenti "naturali". È stato dimostrato che, qualora venga data la possibilità di scelta, i macachi preferiscono lavorare per ottenere cibo (es. cercare il cibo scavando tra la segatura) che invece nutrirsi semplicemente e senza sforzo direttamente dai distributori di cibo (7).

Quindi, in condizioni di arricchimento, l'ambiente fisico offre maggiori possibilità di manipolazione e controllo da parte del soggetto sperimentale e in quanto tale, risulta probabilmente più vicino alle condizioni naturali. In tale modo, viene favorita quindi anche una espressione più ricca (meno stereotipata) delle differenti componenti del repertorio comportamentale tipico della specie. A questo proposito, uno studio condotto su cavie di laboratorio allevate in ambiente arricchito, ha mostrato come comportamenti ritenuti indici di stati ansiosi, che vengono normalmente esibiti se in presenza di un predatore (in questo caso il collare impregnato dell'odore di un gatto) vengano espressi a livelli significativamente ridotti da parte di questi soggetti, rispetto alla condizione cosiddetta di controllo. Tale studio dimostra che il profilo emozionale e la reattività a stimoli potenzialmente avversi e ansiogeni sono, negli animali da esperimento, ampiamente modulabili mediante modifiche anche semplici nelle caratteristiche dell'ambiente di vita quotidiana (8).

Cattività e comportamento

Durante il corso dello sviluppo ontogenetico, il cervello dei mammiferi assume man mano la sua struttura e funzione attraverso il susseguirsi di una serie di programmi complessi iscritti nei geni. Questi ultimi assicurano che le diverse tipologie di cellule e le numerose aree nervose trovino il proprio posto e connessioni finali, per la maggior parte, già al momento della nascita. È la interazione continua tra il programma genetico e l'ambiente ad assicurare che gli stimoli derivanti da quest'ultimo (sensoriali, motori, cognitivi, ecc.) possano esercitare un ruolo chiave nel rifinire i circuiti nervosi, al livello più sottile.

Sappiamo ormai molto su come i fattori genetici, e eventualmente l'azione di specifici agenti biochimici e farmacologici, siano capaci di modulare finemente la funzione cerebrale. Mentre invece, non è stata posta altrettanta attenzione al ruolo dell'ambiente, in questo senso. Le indagini epidemiologiche condotte ad esempio in ambito clinico neurologico e psichiatrico ci hanno consentito notevoli avanzamenti nelle conoscenze riguardo il contributo, anche congiunto, operato dalle variabili genetiche e ambientali. Questi studi tuttavia, dovendo considerare un numero molto elevato di fattori ambientali, riconoscono una certa limitazione nella capacità di identificare, soprattutto nel campo dei disordini neurologici e mentali, il ruolo di singoli fattori eziologici. A questo proposito invece, la disponibilità di appropriati e validati modelli animali, che permettono di tenere sotto stretto controllo la maggior parte delle variabili coinvolte, è risultata cruciale: i) nell'identificazione dei processi fisiologici e i meccanismi molecolari coinvolti, e ii) il ruolo delle modulazioni ad opera dell'ambiente.

Il sistema nervoso, in quanto intrinsecamente caratterizzato da una elevata plasticità, risulta di conseguenza anche particolarmente vulnerabile ai cambiamenti dell'ambiente esterno all'organismo. Osservazioni condotte su modelli animali suggeriscono, con una certa consistenza, come determinati eventi ambientali, quali condizioni di forte stress psicosociale possano indurre deviazioni significative nel comportamento di un individuo, interferendo con le componenti

emozionali e attenzionali alla base ad. es. dei processi cognitivi. Le evidenze acquisite grazie agli studi delle neuroscienze indicano come un monitoraggio regolare delle caratteristiche dell'ambiente di vita di un individuo e dello stato di benessere psicofisico di quest'ultimo, possano aprire la strada a possibilità di intervento, di supporto e di stimolo, facendo leva ad esempio sul potenziale di riserva fisiologico (incluso quello di recupero) di ciascun individuo.

Rientra nell'ambito di questi studi l'attenzione a introdurre modifiche delle condizioni dell'ambiente di vita quotidiana, al fine di cercare di alleviare o contrastare eventuali condizioni patologiche, di origine sia genetica o ambientale. Una letteratura internazionale ormai consolidata indica come un'adeguata stimolazione sensori-motoria e sociale, sia in grado di esercitare un'influenza positiva importante, tale da poter rappresentare un'utile strategia terapeutica nel caso di animali sperimentali con deficit cognitivo-comportamentali e con disturbi neurologico-funzionali. Adeguati arricchimenti ambientali possono costituire fonte di tale stimolazione (9).

Un altro esempio interessante è quello dei comportamenti stereotipati. Infatti, il manifestarsi di comportamenti stereotipati è un indice validato di una situazione ambientale problematica per lo stato di benessere di un particolare individuo. La stereotipia comportamentale può essere intesa come una sequenza comportamentale ripetitiva e invariata, che non sembra avere alcuno scopo o funzione apparente (10). Tale fenomeno comportamentale si osserva quando una qualche caratteristica ambientale previene il manifestarsi di un comportamento tipicamente specie-specifico. Negli zoo si può osservare ad esempio il classico andirivieni di mammiferi predatori lungo un percorso che viene ripetuto senza sosta. La ragione di questa stereotipia è da individuarsi nel fatto che a questi animali non viene permesso percorrere lunghe distanze con la necessaria libertà di movimento, una esigenza etologica tipica dello stile di caccia di tali specie. Quindi, essenzialmente, l'animale viene privato della possibilità di manifestare un comportamento che è nella sua natura, cioè frutto di un lungo processo evolutivo.

L'uso di arricchimenti ambientali è forse il modo più diffuso per affrontare una stereotipia comportamentale. L'importante è fornire al soggetto animale l'opportunità di mettere in atto un comportamento preferito e alternativo rispetto alla stereotipia, ridurre la motivazione che porta alla stereotipia e aumentare la possibilità di controllo dell'animale sull'ambiente (es. consentendo di non essere sempre in vista a conspecifici, personale tecnico o visitatori). Ciò che è importante è offrire all'animale nuove e diversificate opportunità comportamentali (10). Bisogna anche considerare che per alcuni casi o individui l'introduzione di un arricchimento potrebbe rappresentare invece un elemento di imprevedibilità, con conseguente aumento di stress e disagio psicologico (11).

Nel caso poi di animali che presentino profili severi di comportamento anormale, l'introduzione di arricchimento deve essere accompagnata da una particolare attenzione. Per esempio, macachi adulti che siano stati tenuti per anni in isolamento, possono apparire particolarmente suscettibili a sviluppare anomalie comportamentali, quali il cingersi con le proprie braccia ("huddling"), l'oscillare ritmicamente il corpo ("rocking") e afferrarsi gli arti con veemenza ("self-clasping"). In questi casi, l'introduzione nella stesso alloggiamento, di individui più giovani può rivelarsi particolarmente efficace. La caratteristica dei giovani è di esprimersi in genere con una maggiore "leggerezza, goffaggine e novità" dei comportamenti, che si associano generalmente alla assenza di esibizioni di minaccia e messa in discussione di eventuali stati di dominanza. Questo consente di inibire attivamente eventuali atti aggressivi e evitare i conflitti che si avrebbero invece tra due soggetti adulti. Tale strategia può avere come conseguenza la riduzione significativa dei comportamenti anormali, anche se tale approccio necessita di cautele particolari e di tempi spesso molto lunghi (12, 13). La lunghezza, apparentemente notevole e eccessiva, di tale "trattamento" in alcuni casi è legata al fatto che alcune stereotipie comportamentali sono il risultato di adattamenti biologici a livello del sistema nervoso centrale, che come tali sono complessi da modificare. Questa è la ragione per cui una stereotipia

comportamentale deve essere affrontata il prima possibile, senza che si arrivi a un punto di difficile ritorno.

Nel caso dei carnivori, è stato visto come l'introduzione di una fossa piena di sabbia che copriva pezzi di carne nascosti impedendone l'accesso immediato, aveva l'effetto di aumentare la diversità dei comportamenti espressi e diminuire l'espressione di stereotipie in un gruppo di licaoni (*Lycaon pictus*) ospitati in uno zoo (14). In effetti, in presenza di questo arricchimento gli animali mostravano una serie di comportamenti di ricerca del cibo tipici di una situazione naturale, e che un ambiente povero di complessità e quindi di stimoli aveva invece penalizzato. Lo stesso risultato è ottenuto introducendo arricchimenti che stimolano la ricerca di cibo in un gruppo di volpi (*Vulpes vulpes*) in cattività (15).

Punto di vista delle neuroscienze

Modifiche in parametri biochimici, fisiologici e comportamentali rappresentano adattamenti, spesso conseguenza dell'ambiente di vita di un individuo. Le caratteristiche dell'ambiente consistono di una componente fisica (es. le dimensioni della struttura di alloggiamento e gli eventuali oggetti in esso presenti), della componente sensoriale e di quella legata a disponibilità e caratteristiche del nutrimento, della componente psicologica (es. la possibilità di un certo tipo di controllo sugli eventi e la loro predicibilità), e una componente sociale (es. interazione con altri individui della stessa o di una specie differente, es. lo sperimentatore; la presenza di una struttura gerarchica, e lo stato sociale). Tutti questi fattori possono essere suscettibili di controllo e modulazione quantitativa e qualitativa (16).

È utile notare come in alcuni paradigmi sperimentali, tramite l'induzione di strategie di stimolazione sensori-motoria mediate dall'uso di arricchimenti ambientali venga favorita la plasticità di diversi sistemi fisiologici, inclusi quelli di compensazione e di recupero funzionale a livello del sistema nervoso centrale (9). Tali condizioni stimolerebbero la plasticità neuro-comportamentale mediante anche l'instaurarsi di un più elevato stato di vigilanza e di reattività agli stimoli. Come già detto, questa capacità fa capo alle connaturate motivazione e curiosità dei mammiferi verso gli stimoli presenti nell'ambiente. In studi di neuroscienze, cavie da laboratorio che presentano specifici deficit funzionali a livello cerebrale, esibiscono gradi importanti di recupero, con un certo ripristino della ricchezza del repertorio comportamentale proprio della specie, qualora vengano alloggiate per un periodo consistente in condizioni di ambiente arricchito. Il ruolo (e le eventuali interazioni) tra i diversi fattori coinvolti è tuttora oggetto di analisi (17). Risulta evidente quindi che un certo grado di stimolazione sensori-motoria, viene garantita al soggetto sperimentale, semplicemente rispettando (o meglio "ripristinando") alcune basilari necessità etologiche e fisiologiche. Ad esempio, la sola presenza di una partizione nella sede di alloggiamento può contribuire, incrementando la complessità dell'ambiente fisico-spaziale, anche all'instaurarsi di relazioni sociali più complesse (e verosimilmente più vicine a quelle specie-specifiche). In tali condizioni, viene consentito al soggetto sperimentale di operare o meno una scelta nel grado di vicinanza fisica e di controllo visivo con gli altri individui presenti.

Ulteriori evidenze sperimentali ormai consolidate nella letteratura, indicano che la crescita in un ambiente cosiddetto arricchito si associa a modifiche e adattamenti morfo-funzionali importanti a livello cerebrale. Sono questi parametri neurobiologici, indice di una piena efficienza del sistema nervoso, che è associata a un aumento nella espressione di alcuni geni. Più in particolare, sono coinvolti i geni responsabili della codifica dei recettori per i glucocorticoidi (il sistema fisiologico della reattività all'ambiente e allo stress) e dei fattori di crescita dei neuroni, quali *Nerve Growth Factor* (NGF) e *Brain-Derived Neurotrophic Factor* (BDNF), nell'ippocampo. Quest'ultima è un'area cerebrale nota per il suo specifico coinvolgimento in

funzioni cognitive e di memoria. Più in generale, è stato riportato un incremento significativo dei processi di neurogenesi, cioè il processo di genesi, proliferazione, maturazione e consolidamento di nuove cellule a livello del sistema nervoso centrale. La neurogenesi, fino a un certo numero di anni fa, si riteneva limitata solamente allo stadio pre-e-post-natale precoce, cioè alle fasi di elevata plasticità. Evidenze sperimentali più recenti, ma ormai consolidate, hanno dimostrato la presenza di processi di neurogenesi nell'ippocampo, anche in soggetti ormai adulti. Questo processo è principalmente legato ai normali fenomeni di plasticità e rimodellamento delle sottili connessioni cerebrali, responsabili dei processi di apprendimento e memoria (18).

L'accentuata plasticità del sistema nervoso in risposta alla stimolazione ambientale si conserva in età avanzata. È possibile quindi intervenire anche mediante metodiche non farmacologiche, volte alla stimolazione dei naturali meccanismi di reazione e recupero dell'organismo al fine ad esempio di rallentare deficit comportamentali e cognitivi eventualmente legati a fenomeni neurodegenerativi, normalmente associati al processo di invecchiamento.

Cosa rivelano gli studi sull'arricchimento ambientale?

Gli effetti degli stimoli associati a un ambiente arricchito sono come abbiamo visto, generalmente di natura benefica, protettiva o in ogni caso hanno una connotazione positiva. C'è tuttavia da considerare anche la cosiddetta, "altra faccia della medaglia". Infatti, almeno per gli studi sui modelli animali, più che rappresentare un vero arricchimento, la messa a disposizione, di partner sociali e di oggetti di vario tipo e funzione (es. separatori, cassette, tunnel, palle e ruote per favorire l'esercizio motorio, ecc.), rappresenta una condizione che può apparire semplicemente "in aggiunta". Dovremmo invece riflettere sul fatto che questa strategia ha la funzione, in estrema analisi, di mimare (pur con le dovute limitazioni) la condizione normale di un organismo animale nel suo ambiente di natura (19, 20). È utile menzionare qui, per onore di verità, che la presenza di tali arricchimenti di base è ormai una pratica diffusa e risponde attualmente a precisi principi etici e normative internazionali che regolano l'utilizzo degli animali nella sperimentazione (Direttiva europea).

I risultati degli studi sugli effetti dei cosiddetti arricchimenti rappresentano una preziosa fonte di informazioni e conoscenze sulle capacità, intrinseche degli organismi animali, di rispondere e adattarsi alle condizioni dell'ambiente. Un grado elevato di plasticità del sistema nervoso centrale, una capacità di neurogenesi continua ed efficiente appaiono processi normalmente presenti e connaturati a un organismo che sia ben integrato nel suo ambiente. Tale evidenza ci viene indirettamente suggerita dagli studi delle neuroscienze ricordati recentemente. L'utilizzo di ambienti arricchiti rappresenta una metodica sperimentale molto potente che ci ha permesso di far emergere il potenziale di capacità adattative, e di compensazione, degli organismi animali. In qualche modo e con la dovuta cautela, questa strategia di intervento "ambientale" è stata ricondotta da alcuni agli effetti riportati nella clinica tramite l'adozione di stili di vita salutari, con specifica attenzione alla dieta e all'esercizio fisico, fino all'utilizzo delle terapie cognitivo-comportamentali e la psicoterapia. Questi studi nel loro complesso ci informano sulle conseguenze fisiologiche, e i meccanismi biologici che sostengono il ripristino di una condizione di vita "più ricca", e approssimabile per quanto possibile, a quella di natura, in organismi animali altrimenti alloggiati in condizioni standardizzate. Quest'ultime risultano per forza di cose in un ambiente comparabilmente impoverito (19). Indirettamente, questi studi suggeriscono inoltre che condizioni ambientali altamente standardizzate possono dare luogo a profili di scarso benessere, e all'emergere di conseguenti sintomi disfunzionali e maladattativi (20).

Conclusioni

Il concetto di salute è oggi riferito non più alla semplice assenza di malattia ma a una visione “olistica” della interazione funzionale tra componenti fisiologiche, psicologiche e sociali. L’enfasi si sta spostando dal trattamento alla prevenzione, ovvero agli effetti di promozione e di mantenimento della salute. La psicologia della salute studia i cosiddetti “health behaviours”, lo stile di vita, i comportamenti a rischio e le strategie di “coping”. Cioè quelle strategie di tipo cognitivo-comportamentali che l’organismo adotta al fine di esercitare un certo grado di controllo sugli eventi della vita e la propria reazione a questi. È stato inoltre dimostrato che queste strategie intervengono nel mediare in modo rilevante l’impatto degli eventi e condizioni di stress nei riguardi della salute fisiologica e psicologica.

Da un punto di vista olistico, appare evidente l’interazione tra aspetti biologici, fisiologici, comportamentali e psicosociali. Un insieme di valutazioni e un approccio integrato, visti nell’ambito di un paradigma bio-psico-sociale, possono dar conto dell’impatto di fattori specifici sulla condizione di salute di un individuo. Tale approccio si basa sui contributi teorici e metodologici che derivano da aree differenti di ricerca, quali l’etologia, la psicologia, la psico-neuro-immunologia, le neuroscienze (21).

Per quanto riguarda il comportamento, cercare di riprodurre una replica il più possibile perfetta dell’ambiente naturale è senza alcun dubbio molto difficoltoso. Infatti, l’ambiente di cattività consente in generale un’espressione abbastanza limitata del variegato e ricco repertorio comportamentale tipico di una determinata specie. Inoltre, l’assenza apparente di anomalie comportamentali osservabili non rappresenta di per sé un indice di equilibrio fisiologico e psicologico.

La ormai consolidata letteratura scientifica sul benessere animale sembra trovare una valida controparte nella crescente letteratura sulla promozione della salute umana. In quest’ultima infatti lo stile di vita, i comportamenti salutari, e la disponibilità di un supporto sociale ed emotivo sono posti crescentemente in relazione con le regolazioni neuroendocrine e immunitarie dell’individuo e il suo stato di salute. Appare emergere una base comune negli studi che coinvolgono la nostra specie e gli altri animali. Si sono individuati alcuni importanti criteri: i) il grado di controllo esercitato sull’ambiente e ii) il ruolo supportivo di un ambiente strutturalmente complesso e arricchito e di positive interazioni sociali (21). Oltre al campo della salute umana, questo approccio si rivela prezioso per l’etica della sperimentazione animale e per la qualità dei risultati ottenuti tramite essa. Infine, studi e ricerche condotti in ambiti emersi su fronti culturali apparentemente distanti e non direttamente collegati quali quello del benessere animale e il campo della promozione della salute umana, possono convergere in un unico approccio di riflessione teorica e metodologica, con forte potenzialità di stimolo e arricchimento reciproco.

Bibliografia

1. Europa. Direttiva 2010/63/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 settembre 2010, sulla protezione degli animali utilizzati a fini scientifici Testo rilevante ai fini del SEE. *Gazzetta Ufficiale dell’Unione europea* L 276/33 del 20/10/2010
2. Italia. Attuazione della direttiva 2010/63/UE sulla protezione degli animali utilizzati a fini scientifici. DL 4 marzo 2014, n. 26. *Gazzetta Ufficiale* n. 61 del 14.3.2014.
3. Poole TB. The nature and evolution of behavioural needs in mammals. *Animal Welfare* 1992;3:203-20.
4. Novak MA, Suomi SJ. Psychological well-being of primates in captivity. *Am Psychol* 1988;43:765-73.

5. Savage-Rumbaugh S, Wamba K, Wamba P, Wamba N. Welfare of apes in captive environments: comments on, and by, a specific group of apes. *J Appl Anim Welfare Sci* 2007;10:7-19.
6. Bassett L, Buchanan-Smith HM. Effects of predictability on the welfare of captive animals. *Appl Anim Behav Sci* 2007;102:223-45.
7. Reinhardt V. Caged rhesus macaques voluntary work for ordinary food. *Primates* 1994;35:95-8.
8. Laviola G, Rea M, Morley-Fletcher S, Di Carlo S, Bacosi A, De Simone R, Bertini M, Pacifici R. Beneficial effects of enriched environment on adolescent rats from stressed pregnancies. *Eur J Neurosci* 2004;20:1655-64.
9. Rosenzweig MR, EL Bennett. Psychobiology of plasticity: Effects of training and experience on brain and behavior. *Behav Brain Res* 1996;78:57-65.
10. Mason G, Clubb R, Latham N, Vickery S. Why and how should we use environmental enrichment to tackle stereotypic behaviour? *Appl Anim Behav Sci* 2007;102:163-88.
11. Young RJ. *Environmental enrichment for captive animals*. Oxford: Blackwell Science; 2003.
12. Reinhardt V. Preliminary comments on pairing unfamiliar adult male rhesus monkeys for the purpose of environmental enrichment. *Lab Primate Newslt* 1988;27:1-4.
13. Reinhardt V. Pair-housing rather than single-housing for laboratory rhesus macaques. *J Med Primatol* 1994b;23:426-31.
14. Price LJ. A preliminary study of the effects of environmental enrichment on the behaviour of captive African wild dogs (*Lycaon pictus*). *Biosci Horizons* 2010;3:132-40.
15. Kistler C, Heggin D, Wurbel H, König B. Feeding enrichment in an opportunistic carnivore: The red fox. *Appl Anim Behav Sci* 2009;116:260-5.
16. Hannan AJ. Review: Environmental enrichment and brain repair: Harnessing the therapeutic effects of cognitive stimulation and physical activity to enhance experience-dependent plasticity. *Neuropathol Appl Neurobiol* 2014;40:13-25.
17. Morley-Fletcher S, Rea M, Adriani W, Laviola G. L'influenza dei fattori socio-ambientali sui processi fisiologici di recupero dal danno cerebrale: Il contributo dei modelli animali. *Ann Ist Super Sanità* 2001;37:567-72.
18. Nithianantharajah J, Hannan A. Enriched environments, experience-dependent plasticity and disorders of the nervous system. *Nature Rev Neurosci* 2006;7:697-09.
19. Laviola G, Hannan AJ, Macrì S, Solinas M, Jaber M. Effects of enriched environment on animal models of neurodegenerative diseases and psychiatric disorders. *Neurobiol Disease* 2008;3:159-68.
20. Wurbel H. Ideal homes? Housing effects on rodent brain and behaviour. *Trends in Neurosci* 2001;24:207-11.
21. Terranova ML, Laviola G. Health-promoting factors and animal welfare. *Ann Ist Super Sanità* 2004;40:187-93.