Ricerche · Rapporto NR-01 · 13 settembre 2026

Un corpo da mantenere in vita: corpo interocettivo, arena e insula dell'organismo minimo

Come abbiamo dato a un organismo simulato un corpo regolato, un ambiente in cui le azioni hanno conseguenze e uno strumento per misurare quanto il corpo è prevedibile.

Gioele Chiarolanza Nadirion

Validato 3 banchi · criteri scritti prima · controlli causali per ablazione

9/10
criteri del corpo superati; l'unico fallimento è una previsione sbagliata, non corretta

7/7
criteri dell'arena: ogni conseguenza corporea avviene solo per l'azione giusta

7,9
volte: quanto il corpo è più prevedibile del mondo nell'arena a riposo

5/6
criteri dell'insula; le manopole di rumore non sono monotone

SOMMARIO

La Sintesi v2, la teoria che questi componenti servono a mettere alla prova, colloca l'àncora del sé nel corpo interocettivo: un segnale sempre presente, prevedibile e regolato attorno a valori di riferimento. Prima di questo lavoro il progetto non aveva un corpo. Abbiamo costruito tre componenti. Il primo è un modello fisiologico con baroriflesso, chemoriflesso, aritmia respiratoria, esercizio, glicemia, stomaco e ipotalamo, che calcola un **errore omeostatico h**. Il secondo è un'**arena** in cui mangiare, muoversi, riposare e incontrare una minaccia cambiano il corpo. Il terzo è un'**insula** con un predittore identico per corpo e mondo, che misura quanto ciascuno sia prevedibile. I tre banchi passano 9 criteri su 10, 7 su 7 e 5 su 6, e ogni riflesso ha un controllo causale per ablazione. Nell'arena a riposo il corpo risulta circa otto volte più prevedibile del mondo, come la teoria assume. Le manopole che dovranno rendere il corpo imprevedibile nei test successivi non sono ancora monotone.

1 La domanda

La Sintesi v2, la teoria di riferimento di Nadirion fino al 27 settembre 2026, parte da un principio (P1): il sé si àncora al corpo perché il corpo è una «costante interna» regolata e più prevedibile del mondo esterno. Il principio P3 definisce la valenza, cioè il buono e il cattivo per l'organismo, come la variazione attesa dell'errore omeostatico. Per mettere alla prova questi principi servono tre cose che il progetto non aveva:

1. un corpo che si regoli da solo e che possa entrare in crisi;
2. un ambiente in cui le azioni cambino il corpo, così che il corpo diventi conseguenza di ciò che l'organismo fa;
3. uno strumento che misuri quanto corpo e mondo siano prevedibili, con lo stesso metro per entrambi.

Questo rapporto descrive i tre componenti e i loro banchi di prova. Nessuno dei tre mette alla prova la teoria: preparano il terreno ai test F1–F4 (rapporto NR-04).

2 Il corpo interocettivo

Modello

Il corpo è un sistema di equazioni differenziali a parametri concentrati integrato ogni 10 ms. Contiene sei sottosistemi.

sottosistema	contenuto
cardiovascolare	baroriflesso (pressione → toni simpatico e vagale → frequenza, contrattilità, resistenze), reset del baroriflesso nell'esercizio, emorragia e trasfusione
respiratorio	chemoriflesso su CO_2 e desaturazione, ventilazione alveolare, curva di Severinghaus, aritmia sinusale respiratoria
esercizio	comando centrale in avanti
energia	glicemia con controregolazione e captazione insulino-dipendente, glicogeno epatico, svuotamento gastrico
ipotalamo	fame dalla riserva, sazietà dalla distensione gastrica e sazietà persistente (memoria del cibo ingerito)
cervello	autoregolazione cerebrale e apporto di ossigeno e glucosio al substrato metabolico

Lo stato regolato comprende sei grandezze: pressione arteriosa media, CO_2 arteriosa, saturazione di ossigeno, glicemia, volume di sangue e riserva energetica. Ciascuna ha un valore di riferimento (93 mmHg, 40 mmHg, 97%, 5 mM, 5 L, 0,8) e una tolleranza. L'errore omeostatico è la distanza pesata dai valori di riferimento: $\mathbf{h} = \|\mathbf{W}(\mathbf{b} - \mathbf{b}^*)\|$, con i pesi pari all'inverso delle tolleranze.

Criteri e risultati

I criteri sono stati scritti prima di eseguire il banco. Ogni riflesso ha un **controllo causale**: si spegne il riflesso (guadagno zero) e la risposta deve cambiare.

criterio	cosa verifica	esito
B0 riposo	frequenza cardiaca 78 al minuto, respiro 14 al minuto, pressione 93 mmHg, saturazione 97%, CO_2 40 mmHg, glicemia 4,8 mM	superato
B1 baroriflesso	emorragia di 0,5 L: calo di pressione 4,0 mmHg col riflesso contro 18,8 senza	superato
B2 chemoriflesso	CO_2 al 5%: +6,9 contro +35,6 mmHg; ossigeno al 12%: saturazione 71,9% contro 54,2%	superato
B3 aritmia respiratoria	picco della frequenza cardiaca sulla frequenza del respiro; l'atropina lo azzera	superato
B4 bilancio energetico	digiuno di 4 ore con glicemia stabile; tre ablazioni causali	superato
B5 esercizio	frequenza +20,7 battiti, ventilazione 3,3 volte, CO_2 invariata	superato
B6 corpo → cervello	previsione sul calo di ATP cerebrale in ipossia senza chemoriflesso	**fallito**
B7 errore omeostatico	h a riposo 0,33; sale sotto 5 perturbazioni e rientra sotto 0,5 dopo tutte	superato
B8 audit dello strumento	tutti i 45 attributi usati; un attributo inutile iniettato viene rilevato	superato
B9 sazietà persistente	2 pasti in 4 ore contro 17 con la sazietà spenta	superato

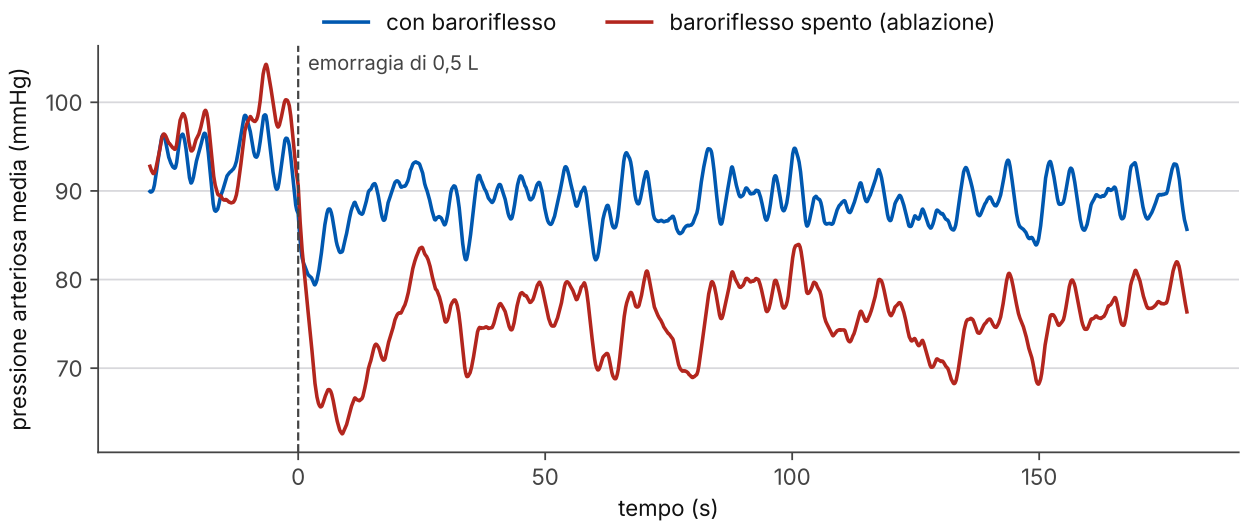

Figura 1. Pressione arteriosa media durante un'emorragia di 0,5 L, con il baroriflesso acceso e spento. Simulazione rieseguita il 28 settembre 2026 con il codice attuale del modello (seed 0, dopo 120 s di assestamento); le oscillazioni rapide vengono dal respiro. Con il riflesso la pressione torna vicino al valore di riferimento; senza, resta molto più bassa.

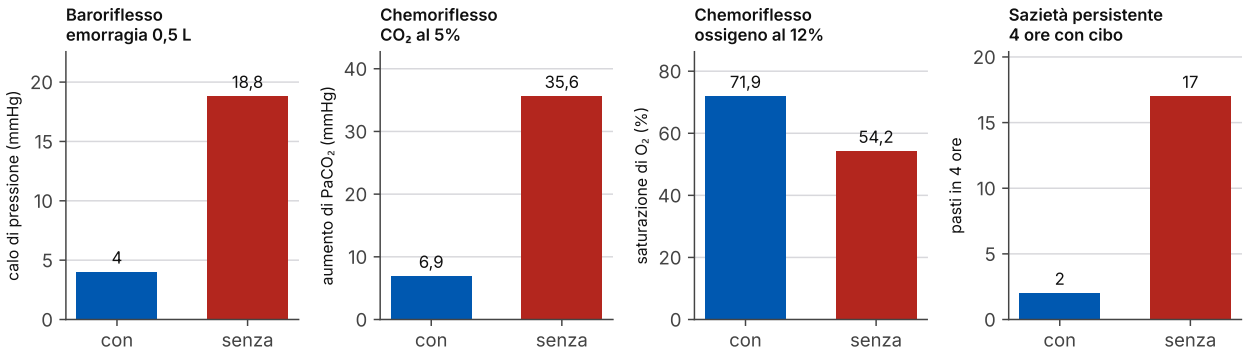

Figura 2. Controlli causali di B1, B2 e B9: la stessa perturbazione con il riflesso acceso e spento. Valori dal registro del banco V0-BODY.

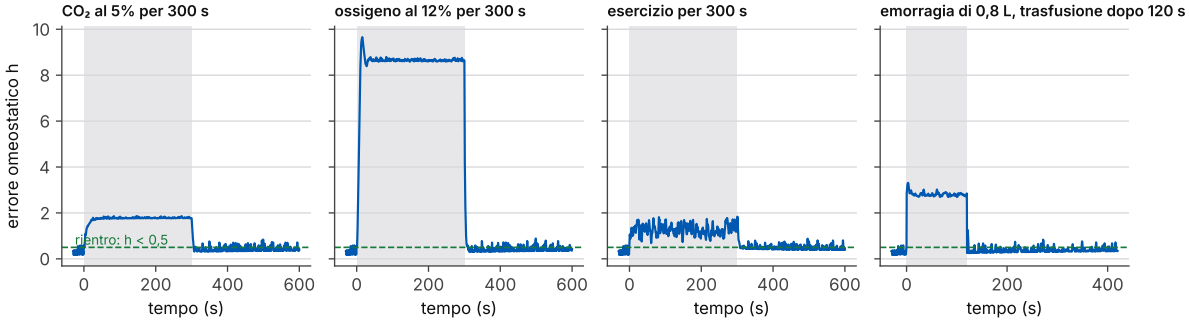

Figura 3. L'errore omeostatico h sotto quattro perturbazioni (area grigia) e dopo la loro rimozione. Simulazione rieseguita il 28 settembre 2026 con il codice attuale, che include la revisione della definizione di h del 14 settembre (vedi sotto). In tutti i casi h sale durante la perturbazione e rientra sotto 0,5 dopo.

Il fallimento, e perché non l'abbiamo corretto

Avevamo previsto che, senza chemoriflesso, l'ipossia facesse calare di più l'ATP cerebrale. È successo il contrario: 1,78% di calo senza riflesso contro 3,63% con il riflesso. La spiegazione è fisiologica: iperventilando si abbassa la CO_2 e i vasi cerebrali si restringono, e nell'uomo l'aumento del flusso compensa il minore contenuto di ossigeno (Hoiland e colleghi, 2016). Il collegamento causale corpo → cervello resta dimostrato (con il corpo scollegato il calo di ATP è 0,00%), ma la previsione era sbagliata. Il criterio non è stato riscritto e il banco resta a 9 su 10.

Due correzioni prima del risultato finale

Il primo run passava 5 criteri su 9: mancavano il reset del baroriflesso nell'esercizio e una captazione insulinica sufficiente (glicemia dopo il pasto 13,8 mM). Le correzioni vengono dalla letteratura (Raven, Fadel e Ogoh, 2006). Il secondo run passava 7 su 9: dopo il digiuno h restava a 0,82 perché il modello «pascolava», con 18 pasti in 4 ore. Abbiamo aggiunto la sazietà persistente, scrivendo **prima** il criterio B9 che doveva verificarla.

Il 14 settembre, preparando il critico della valenza (NR-03), una misura ha mostrato che **mangiare con fame alzava h** per dieci minuti: la glicemia dopo il pasto contava come errore. L'autore ha deciso due modifiche: la riserva energetica letta dall'ipotalamo include il segnale dello stomaco, e la tolleranza della glicemia è asimmetrica (1 mM sotto il riferimento, 3 mM sopra, come nel criterio clinico ADA). Tutti i banchi, rieseguiti a criteri invariati, hanno dato gli stessi verdetti.

3 L'arena minima

L'arena è un corridoio monodimensionale con un rifugio a sinistra, il cibo a destra e una zona di minaccia sovrapposta al cibo: per mangiare bisogna esporsi al pericolo. La minaccia è invisibile ed è annunciata da un segnale di avvertimento 3 secondi prima. Muoversi costa sforzo, restare sul cibo permette i pasti, la minaccia provoca un'emorragia e riposare nel rifugio reintegra il volume di sangue. Le azioni sono quattro: sinistra, destra, resta, riposa. Il mondo esterno e il corpo viaggiano su canali separati, come serve ai predittori dell'insula.

criterio	risultato
A0 riproducibilità	identica bit per bit; errore nella contabilità del volume 0,0 L
A1 cibo → corpo	135,2 g ingeriti sul cibo contro 0 g nel rifugio
A2 minaccia → corpo	0,300 L persi, pressione da 93,4 a 86,6, h 1,34; nessun danno nel rifugio
A3 il segnale predice la minaccia	129 minacce, tutte precedute dal segnale esattamente 3,0 s prima
A4 sforzo → corpo	frequenza +20,7 battiti, ventilazione 3,28 volte
A5 canali e operatore	5 canali; la pausa dell'operatore congela arena e corpo
A6 robustezza	valori finiti, nessuna morte su 6 seed con una politica casuale

Il primo run passava 6 criteri su 7: il controllo di A2 chiedeva h ≤ 0,6 nel rifugio, ma la variabilità naturale di h a riposo arriva a 0,71–0,92 in 180 secondi. Era un errore della soglia, non dell'arena; il secondo protocollo confronta il controllo con se stesso.

4 L'insula e la misura della prevedibilità

Strumento

L'insula rappresenta lo stato del corpo con 12 unità gaussiane per variabile e ricava stato e h **decodificando la popolazione**, non leggendo direttamente il corpo. Per misurare la prevedibilità, un predittore lineare ricorsivo (RLS con fattore di oblio 0,999) prevede il passo successivo di ogni canale a partire dal valore attuale, dal precedente e dall'azione. È **lo stesso predittore, con gli stessi parametri, per il corpo e per il mondo**: così la differenza fra i due errori viene dai segnali e non dallo strumento. Il rapporto ρ = errore del mondo / errore del corpo dice quanto il corpo è più prevedibile del mondo.

Risultati

criterio	esito
P0 strumenti identici per corpo e mondo	superato
P1 segnali noti	superato: sinusoide 0,0000; rumore bianco 1,039; processo AR(1) 0,209 contro 0,19 teorico
P2 ρ su miscele note	superato: con entrambi i segnali rumorosi ρ = 1,006
P3 manopole di rumore nell'arena	**fallito** sulla monotonia
P4 decodifica dell'insula	superato: errore 0,030 tolleranze; h dall'insula uguale a h del corpo
P5 nessuna informazione dal futuro	superato: predittore onesto 1,019 sul rumore; con una fuga deliberata 0,0000

Nell'arena a riposo, **ρ = 7,9**: il corpo è circa otto volte più prevedibile del mondo. La premessa della teoria è vera in questo organismo, almeno a riposo (il rapporto NR-03 mostra che la situazione cambia su finestre di 5 secondi e con corpi che cambiano davvero).

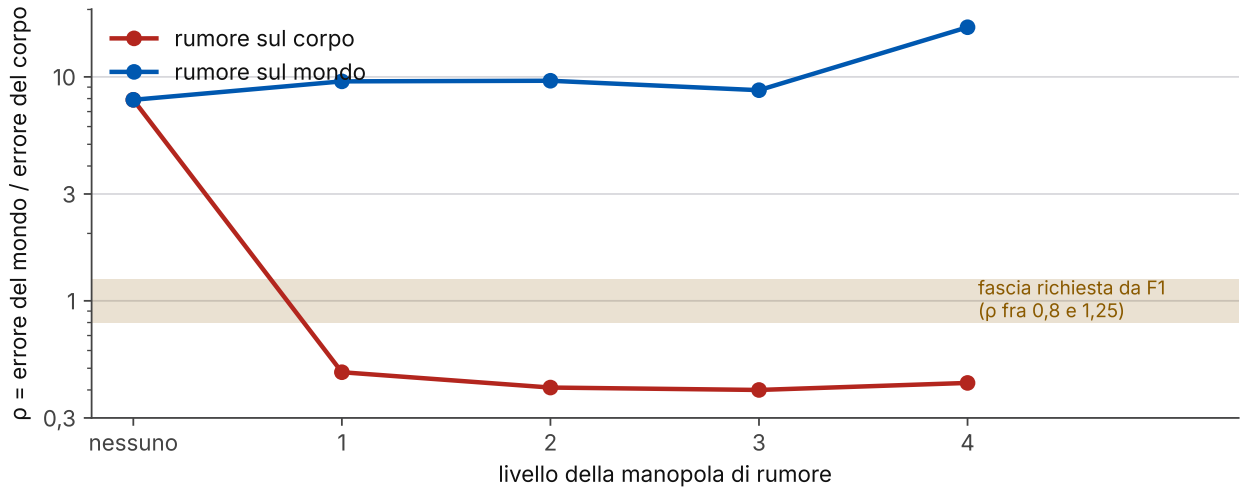

Figura 4. Il rapporto ρ al crescere del rumore aggiunto al corpo o al mondo (media di 3 seed, registro del banco V4-INSULA run 3). Il rumore sul corpo fa crollare ρ di circa sedici volte già al primo livello e poi risale leggermente; il rumore sul mondo lo fa salire ma non in modo monotono. La fascia arancione è quella che il test F1 richiede di raggiungere.

Il criterio P3 fallisce perché le curve non sono monotone oltre la tolleranza del 5%, anche se i rapporti estremi vanno nel verso giusto (0,05 per il corpo, 2,11 per il mondo). La conseguenza pratica è che prima di F1 le manopole andavano ritarate con livelli più fitti: lo abbiamo fatto nella fase di preparazione dei test (NR-04).

Tre run per uno strumento affidabile

Il primo run (4 su 6) usava un predittore a gradiente con passo 0,5, che sul rumore bianco sbagliava circa il 50% più dell'ottimo (1,55 contro 1,02). Il secondo (4 su 6), con un passo più piccolo, non inseguiva più la sinusoide. Il predittore ricorsivo RLS del terzo run risolve il compromesso fra inseguimento e rumore. Tutte le diagnosi del secondo run sono state fatte su segnali diversi da quelli del criterio P1, per non tarare lo strumento sul test.

5 Cosa dimostra e cosa no

Dimostra che l'organismo ha una costante interna regolata con un errore omeostatico che si comporta come la teoria richiede, un collegamento causale fra corpo e metabolismo cerebrale, un ambiente in cui ogni conseguenza corporea avviene solo per l'azione corrispondente, e uno strumento di prevedibilità che riproduce gli errori teorici senza usare informazioni dal futuro.

Non dimostra che il corpo sia l'àncora del sé: è la domanda dei test F1 e F2. Non dimostra che regolare il corpo equivalga a sentirlo. E il valore di ρ dipende dal predittore scelto: un predittore lineare sottostima la prevedibilità di dinamiche non lineari.

Limiti. Il glicogeno si esaurisce circa tre volte più in fretta che nell'uomo; l'aritmia respiratoria non cresce con il respiro lento; mancano temperatura, sete e reni (il reintegro nel rifugio li sostituisce). Le costanti sono tarate sulla forma delle risposte, non su dati individuali. L'arena è un corridoio a una dimensione.

Riferimenti

- Guyton, A. C. e Hall, J. E. *Textbook of Medical Physiology*.
- Severinghaus, J. W. (1979). Simple, accurate equations for human blood O_2 dissociation computations. *J. Appl. Physiol.* 46, 599.
- Raven, P. B., Fadel, P. J. e Ogoh, S. (2006). Arterial baroreflex resetting during exercise. *Exp. Physiol.* 91, 37.
- Hoiland, R. L. e colleghi (2016). Hypoxemia, oxygen content, and the regulation of cerebral blood flow. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 310, R398.
- Craig, A. D. (2009). How do you feel — now? The anterior insula and human awareness. *Nat. Rev. Neurosci.* 10, 59.
- American Diabetes Association. Criteri diagnostici della tolleranza al glucosio.
- Documenti interni: whitepaper WP-01, WP-07, WP-08; schede `interoceptive_body`, `minimal_arena`, `insula_predictors`.

Come citare

Chiarolanza, G. (2026). Un corpo da mantenere in vita: corpo interocettivo, arena e insula dell'organismo minimo. Nadirion, rapporto di ricerca NR-01, 13 settembre 2026. https://nadirion.eu/ricerche/organismo-minimo/

Rapporto tecnico di Nadirion, non sottoposto a revisione paritaria. I criteri di ogni test sono stati scritti prima di eseguirlo; i risultati negativi sono riportati come quelli positivi. I test misurano ruoli funzionali.