



The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Model kan yọ fere gbogbo ilànà ojọ-ogbó tí ñ tèsíwájú kúrò. Somatic mutations sì parí thought experiment náà

Model náà kò sọ pé ènìyàn lè gbé dé 194 ọdún. Ó di background mortality mó ipele ojọ-orí 30, ó yọ fere gbogbo progressive aging mechanism mǹràn kúrò, ó sì bèèrè ìgbà tí mutation-driven cell loss nínú modeled tissues mǹrín yòò fa failure. Àwọn nọmbà nílá rẹ jẹ conditional outputs, kì í ṣe reachable ages tàbí treatment forecasts.

Written by Laura Nesso · Cross-checked by Cinzia Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Somatic mutations impose an entropic upper bound on human lifespan*, Evgeniy Efimov, Vlad Fedotov, Leonid Malaev, Ekaterina E. Khrameeva & Dmitrii Kriukov, npj Aging (2026), article in press · DOI: 10.1038/s41514-026-00421-6

àwòṣe kan yọ fere gbogbo ilàṅà ọjọ-ogbó tí ń tẹsíwájú kúrò. Àwọn iyípadà jínì somatic sì parí ìdánwò inú-rònú nàà

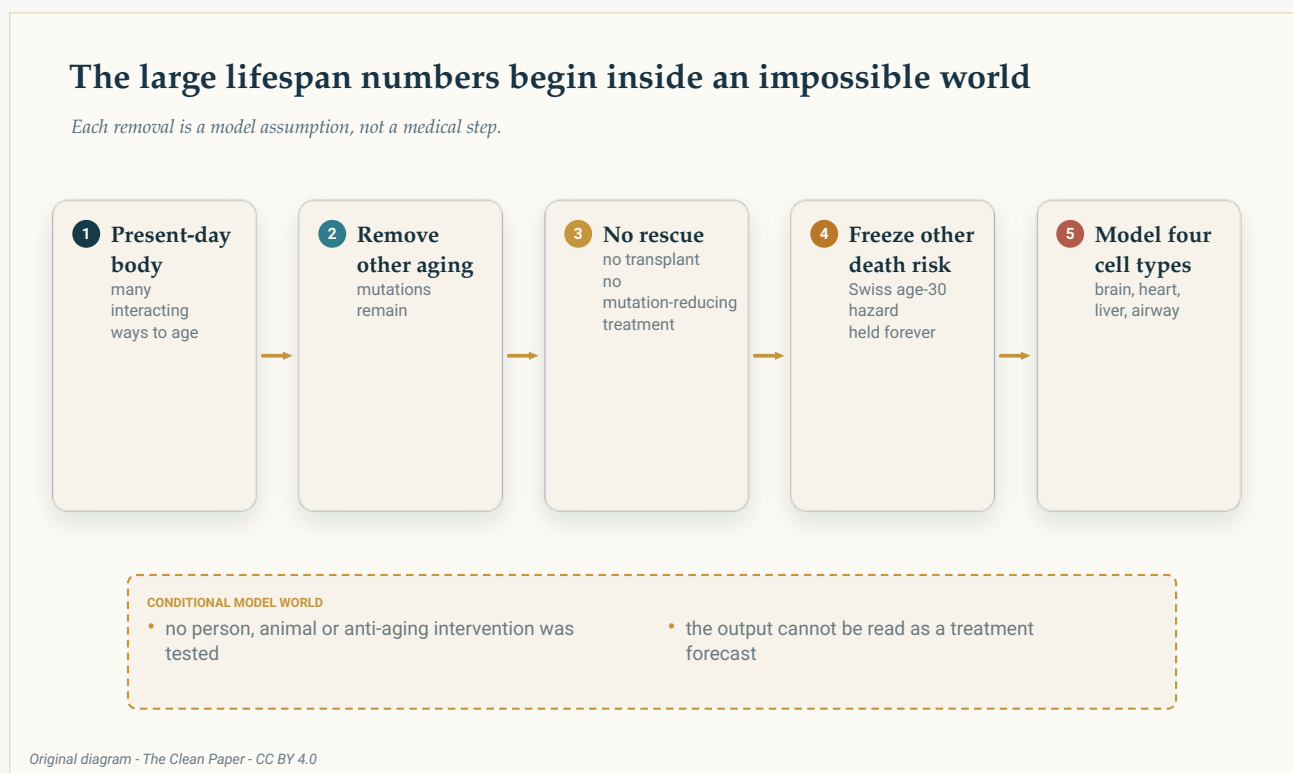
Foju inú wo ara ènìyàn kan níbi tí fere gbogbo ilàṅà ọjọ-ogbó tí a mò dáadáa ti dájọ́ dúró. Àwọn iṣan èjẹ kò ní bajé díẹ̀díẹ̀ mọ́. Àwọn prótínì kò ní pàdàṅù didára wọn lópòlópò. Ìredodo, jejeṛẹ àti àwọn ìkùṅà mǐràn tó ní í ṣe pèlú ọjọ-orí kò pọ̀ sí i bí ọjọ-orí ṣe ní pọ̀. Kò sí èyà ara tí a fi èyà tuntun rọ̀pò, kò sí sí ítóju tí ń fa ìkójọ̀pọ̀ iyípadà DNA nínú ṣẹ̀lì lọra.

Kí ni yóò kọ́kọ́ kuna léyìn nàà?

Ìwádìí àwòṣe kòṅpútà tuntun kan darapọ̀ àwọn ilà ìwàláàyè olùgbé tí a ṣe pèlú iṣirò pèlú àwọn àfowóṣe kòṅpútà tí ṣẹ̀lì loss tí mutation ń fa nínú àṣopọ̀ mǐràn. Ó fúnni ní ìdáhùn tó dá lórí àwọn ipo kan: pípàdàṅù ṣẹ̀lì díẹ̀díẹ̀ léyìn **somatic mutations** tó lèwu lè di kókó ìdènà nígbà kan, pàápàá nínú ọ̀pọ̀lọ̀ àti ọ̀kàn. Iyípadà jínì somatic jẹ iyípadà DNA tí ṣẹ̀lì kan nínú ara gba nígbà ìgbésí-ayé. A kò jogún un nípasẹ̀ ẹ̀yin tàbí sperm, ọ̀pọ̀lópọ̀ irú change bẹ̀ẹ̀ sì kì í pa ṣẹ̀lì tàbí fa àìsàn.

Abajade àwòṣe tó rọ̀rùn jù láti fa yọ ni médiàṅù ìgbà iye tí àwòṣe fún láàárín **146 sí 194 ọ̀dún**, da lori bí a ṣe gba ìkùṅà nínú àṣopọ̀ mǐràn laaye láti ní ìbáṣepọ̀ sí ara wọn. Sùgbón èyí kì í ṣe iṣirò àfójúsùn tí bí ènìyàn ṣe lè pẹ̀ tó lóníí. Kì í ṣe predicted èsì tí ítóju kan. Kò sí ènìyàn, ẹ̀ranko tàbí ítóju ìdènà ọjọ-ogbó tí a dán wò.

Nọmbà nàà jẹ́ ti ayé kan tí a mọ̀mọ̀ ṣe é láìṣeéṣe. Lílóye ayé yẹn gan-an ni abajade nàà.



àwòṣe nàà yọ fere gbogbo ilàṅà ọjọ-ogbó tí ń tẹsíwájú kúrò kí ó tó béèrè ohun tí mutation-driven ṣẹ̀lì loss yóò ṣe. Èyí jẹ́ tó dá lórí àwọn ipo àwòṣe world, kì í ṣe ítóju plan.

Kókó dá àwùjọ kan tí ó fẹrẹ má dàgbà

Àwọn onkòwé bèrẹ̀ pẹ̀lú ewu ikú dátà láti Switzerland. Wọn di annual ewu of death mó ipele tí a wọn ní ayika ọjó-orí 30, wọn sì jẹ́ kí ewu kékeré yẹn dúró bákannàa títí láálá. Nínú ìgbésí-ayé gidí, ewu ikú ní gòkè gan-an pẹ̀lú ọjó-orí. Nínú ìpele ìbèrẹ̀ yí, kò rí bèrẹ̀.

Paapaa àwùjọ tí a mú rọ̀rùn yí sì n pàdànu ènìyàn sí **abẹ̀lẹ̀ ewu ikú**: gbogbo ìdí ikú tó wà níta mutation ilàna tí àwòṣe nàa n ẹ̀. Ẹ̀gbọn nítorí ewu nàa kò pò sí i rárá, ẹ̀sírò nàa gùn dé àwọn àkókò tó ẹ̀jẹ̀jì. Médíànu àwòṣe remaining lifespan jẹ́ **1,759 ọ̀dún**. Àkókò tí ènìyàn kan soṣo yóò kù láàyè nínú gbogbo 100,000 ti àwùjọ ìbèrẹ̀ dé ní **29,221 ọ̀dún**.

Kò sí ọ̀kan nínú àwọn nọmbà méjèjì tó jẹ́ ẹ̀sọ nípa ẹ̀dà alààyè. Wọn fi ohun tí ó ẹ̀lẹ̀ hàn nígbà tí low annual ewu tí ìbèrẹ̀ ìgbà àgbà bá jẹ́ extrapolated lálíní ọ̀pín.

ìwé ìwádíí nàa lo oríṣíṣí “clock” tí a kò gbọ̀dò darapọ̀:

- **Médíànu tí a ẹ̀kíyèsí** nínú Swiss reference àwùjọ rẹ̀ jẹ́ 79 ọ̀dún.
- Observed ènìyàn longevity àkọ̀sílẹ̀ tí ìwé ìwádíí nàa ló jẹ́ 122 ọ̀dún.
- **Médíànu àwòṣe** ni àkókò tí ìdajì àwùjọ àfowòṣe ti kú.
- **Maximum** tí ìwé ìwádíí nàa ẹ̀ àwòṣe kì í ẹ̀ni tó lè dàgbà jù lọ. Ó jẹ́ àkókò tí ìwàláàyè bá ẹ̀bú sí 0.001%, tàbí ẹ̀ni kan tó yè nínú gbogbo 100,000 tó bèrẹ̀.

Three clocks that must not be merged

Observed lifespan and modeled survival markers answer different questions.

OBSERVED MEDIAN

79 years half of the Swiss reference cohort had died

79

MODELED MEDIAN

156 years four tissues assumed mutually independent

156

MODELED TAIL MARKER

470 years survival falls to one person in 100,000

470

THE 470-YEAR VALUE IS NOT

- an observed record age
- a predicted oldest person
- a hard biological ceiling

Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

Observed lifespan, modeled median àti modeled one-in-100,000 ìwàláàyè marker n dáhùn ìbéèrè tó yàtò. Marker 470 ọ̀dún kì í ẹ̀ predicted àkọ̀sílẹ̀ age tàbí hard biological ceiling.

Kí ló dé tí a fi pe ẹni kan tó yè nínú 100,000 ní “maximum”?

Àfowòṣe kòhnpùtá pèlú ilà iwàláàyè tó dan lè má dé òdò gangan. Nítorí náà, àwọn onkòwé yan ìpín àwọn tó yè tó kéré gan-an, 0.001%, gégé bí ibi ìparí iṣẹ́. Ó jẹ́ kí a lè fi àwòṣe runs tó yàtò wé ara wọn ní ọ̀nà tó dúró ṣinṣin. Kò tùmò sí pé biology ní odi kan ní ọjọ-órí yẹn, kò sì mọ ẹni tó lè dàgbà jù lọ.

Àwọn seṣeli tí kò lè rọ̀pò ara wọn rọ̀rùn ni wọn kọ́kọ́ di kọ́kọ́ ìdènà

àwòṣe tó tẹ̀lẹ́ fi mutation-driven seṣeli loss kún un. A ka mutation sí lethal nìkan nígbà tí ó ba essential genetic ohun èlò tó tó láti mú seṣeli kan má ṣiṣẹ́ mọ́. Iṣeṣe tí èyí yóò seṣẹ́ kò dájú, àwòṣe ni wọn fi se e dípò kí a wọn fún gbogbo seṣeli.

Àwọn onkòwé kọ́kọ́ wo àwùjọ méjì ti **post-mitotic seṣeli**: mature seṣeli tí a kì í rọ̀pò déédéé nípasẹ́ pín-pín. Àpẹrẹ wọn ni cortical neurons àti cardiomyocytes, àwọn muscle seṣeli tí ní jẹ́ kí ọkàn contract.

Nígbà tí a fi neuron loss kún frozen abẹ̀lẹ́ ewu, modeled àwùjọ dé median **194 ọdún** àti one-in-100,000 marker ní **557 ọdún**. Pèlú cardiomyocyte loss, àwọn iye náà jẹ́ **208 ọdún** àti **868 ọdún**. Organ-only median ikùnà times, kí a tó fi abẹ̀lẹ́ ewu ikú kún un, jẹ́ nìkan bí 198 àti 212 ọdún.

Àwọn output wònyí kò fi hàn pé ọpọ̀lọ gidi tàbí ọkàn gidi ní aago kíkà sẹ́yìn kan. Wọn sọ pé nínú àwòṣe yìí, nígbà tí a bá ti yọ fere gbogbo progressive isòro mǹràn kúrò, pípádánù seṣeli nínú populations tí irọ̀pò wọn kéré déédéé ní di pàtàkì lọ̀pọ̀lọ̀pọ̀ sáájú constant abẹ̀lẹ́ ewu fúnra rẹ́.

Ìrọ̀pò yí ìṣirò padà

Àsopò tí seṣeli rẹ́ ní pín hùwà lónà tó yàtò nítorí a lè rọ̀pò seṣeli tí a pàdánù.

Fún liver seṣeli láísí se àtílẹ̀yìn fún láti progenitor àwùjọ, modeled median ikùnà èyà ara àkókò jẹ́ **37,664 ọdún**. Sùgbọ́n lẹ́yìn tí a fi frozen abẹ̀lẹ́ ewu kún un, àwùjọ median ṣubú padà sí **1,755 ọdún**, tó sún mọ́ non-aging ìpele ìbẹ̀rẹ́. Mutation-driven liver ikùnà seṣẹ́ pé tó bẹ̀ẹ́ tí abẹ̀lẹ́ ikú fi jẹ́ olórí kọ́kọ́.

Nígbà tí àwòṣe náà fún liver ní progenitor àwùjọ tó lè tún kún seṣeli, kò sí simulated liver kankan tó dé ikùnà threshold nínú **100,000-year window**. Èyí kì í se èdò aláìkú. Ó jẹ́ right-censored èsì: àkíyèsí parí kí modeled ikùnà tó seṣẹ́.

Respiratory basal seṣeli, tí ní ràn lówọ láti tún kún awo inú ọ̀nà afẹ́fẹ́, dé modeled ikùnà èyà ara median **4,359 ọdún** àti organ-only one-in-100,000 marker **7,617 ọdún**. Lẹ́yìn tí a fi abẹ̀lẹ́ ewu ikú kún un, median jẹ́ nìkan bí 1,755 ọdún, tail marker sì jẹ́ **7,132 ọdún**.

Àwọn eḡbẹ̀rún ọdún wònyí kì í se àsọtẹ̀lẹ́ nípa èdòfóro tàbí liver. Tissues gidi ní inflammation, fibrosis, vascular damage, jejeṣe, infection àti ibàṣepọ́ pèlú èyà ara mǹràn tí stripped-down àwòṣe yìí kò ní.

Replacement changes the model's failure time

Organ-only clocks are kept separate from population survival after background mortality.

LARGELY NON-DIVIDING CELLS

Cortical neurons
population median 194 years
tail marker 557 years
Heart muscle cells
population median 208 years
tail marker 868 years
lost mature cells are not routinely replaced

REPLENISHING CELL POPULATIONS

Liver without progenitor support
organ-only median 37,664 years
Airway basal cells
organ-only median 4,359 years
replacement and replicative capacity delay failure

SIMULATION-WINDOW BOUNDARY

- With progenitor support, no modeled liver failed within 100,000 years: right-censored, not immortal.

Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

Àwọn seṣeli tí kò fi bèṣe divide àti replenishing àsopò dáhùn sí modeled seṣeli loss lónà tó yàtò. Organ-only ikùnà times wà lètò sí àwùjò iwàláàyè lẹyin tí a fi abẹlẹ ewu ikú kún un.

The Clean Paper CC BY 4.0

Àwọn modeled àsopò méréńń fúnń ní 156 ọdún nìkan lábé òmìnira

Àwọn onkòwé lẹyin nàà darapò neurons, cardiomyocytes, hepatocytes àti respiratory basal seṣeli. A se aṣojú ara gégé bí **reliability ètò**: bí apá kan tí a nílò bá kuna, modeled ẹ́dà nàà kuna. Frozen age-30 abẹlẹ ewu sì wà níbè.

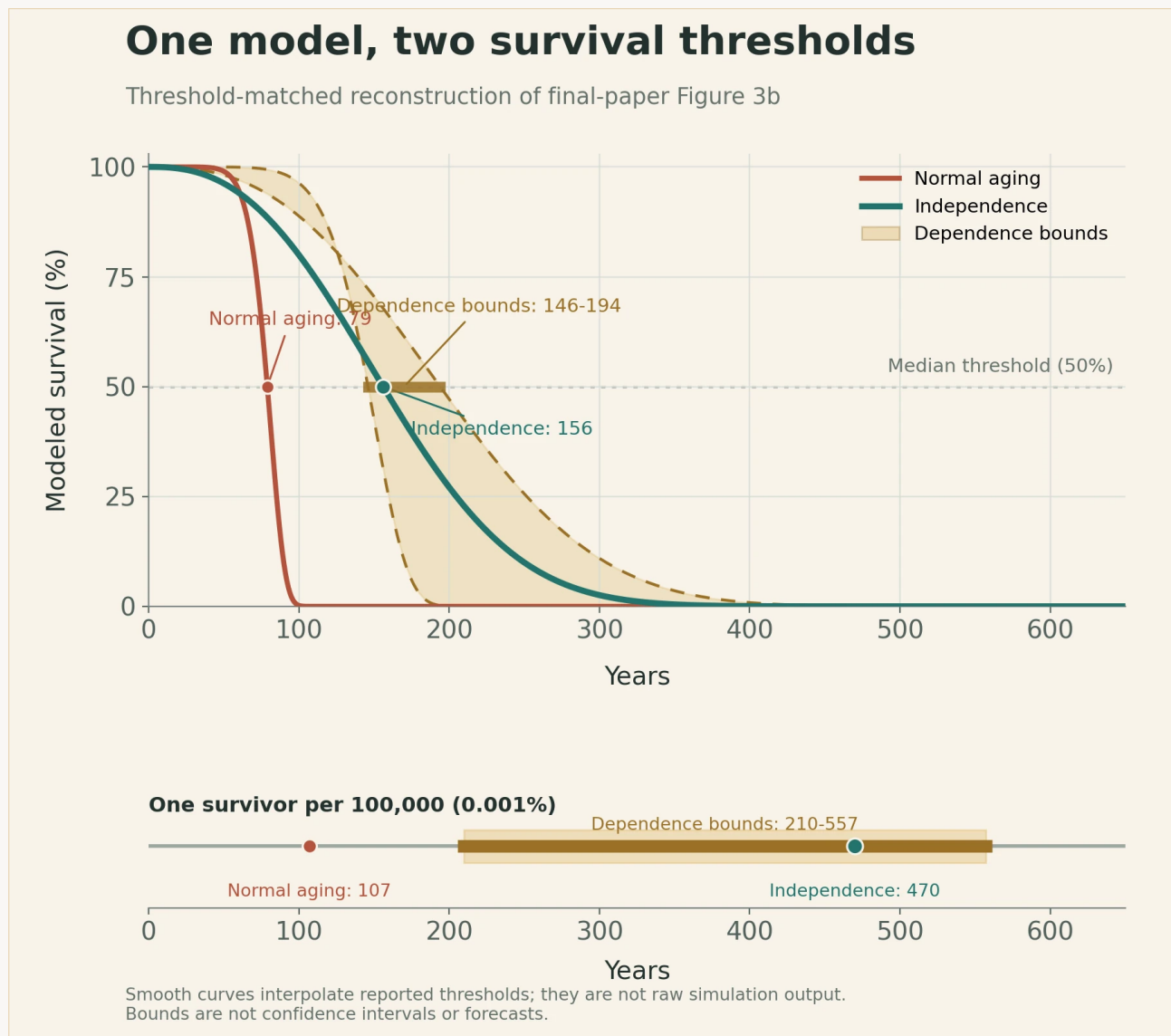
Láti darapò àsopò àwòṣe méréńń nàà, àwọn onkòwé se body nàà gégé bí series ètò: modeled ẹ́dà yè níwọn igbà tí gbogbo àsopò apá tí a nílò sì ń ṣiṣẹ́. Lábé **mutual òmìnira**, mímò igbà tí àsopò kan kuna kò ní yí ikùnà iṣeese ti omiran padà, nítorí nàà a lè multiply iwàláàyè probabilities méréńń nàà. Pẹlú assumption yí, médiánù igbà iyè tí àwòṣe fún jẹ **156 ọdún**. One-in-100,000 marker jẹ **470 ọdún**.

Independence rọrùn fún iṣirò, sùgbón ẹyà ara kì í se machines tí kò ní ibáṣepò. Wọn pín ipèsè ẹjẹ, inflammation, homonu, iṣan ara àti wahala gbogbo ara. Failure nínú ọkan lè yí ipo nínú omiran padà.

Láti fi ipa tí ibáṣepò tí a kò mò lè ní hàn, àwọn onkòwé se iṣirò **Frechet bounds**: mathematical outer ààlà lóri combined iwàláàyè curve nígbà tí a mò iwàláàyè curve fún apá kòòkan sùgbón a kò mò ibáṣepò wọn. Median ààlà tí ó jáde jẹ **146 sí 194 ọdún**. One-in-100,000 ààlà jẹ **210 sí 557 ọdún**.

Àwọn ààlà wònyí kì í se igbékẹlẹ intervals yí àṣotẹlẹ kan ká. Upper value nàà bá perfectly aligned ikùnà times mu. Pẹlú apá tó ju méjì ló, lower Frechet bound lè má bá joint àpẹrẹ kankan tó seé dé mu rára. Àwọn bounds nàà fi

iyé tí answer lè yí padà hàn nígbà tí àwòṣe mọ àwọn parts sùgbọ́n kò mọ bí ikùná wọn ẹ ní bá ara wọn lọ.



Teal curve ni four-àsopọ èsì lábẹ òmìnira. Amber envelope so threshold-matched reconstructions ti mathematical ibáṣepọ bounds pọ, nígbà tí rust curve fúnni ní normal-aging reference iwé iwádii náà. Nítorí final orísun curve dátà kò tii tẹ jáde, smooth lines náà interpolate reported 50% àti 0.001% crossings; wọn kì í ẹ rerun simulation náà. Àwọn bounds jẹ mathematical ààlà, kì í ẹ igbékẹlé intervals tàbí forecasts.

Original chart - The Clean Paper; thresholds from Efimov et al., npj Aging (2026), Figure 3b CC BY 4.0

One reference case, two different uncertainties

Dependence and parameter sensitivity are not the same calculation.

INDEPENDENCE

four organ-failure times assumed mutually independent
median 156 years
tail marker 470 years

DEPENDENCE BOUNDS

same component curves; unknown joint failure pattern
median 146-194 years
tail marker 210-557 years

PARAMETER SENSITIVITY

300 sampled parameter sets; uncertain chance that one mutation kills a cell
some organ clocks can shift by one or two orders of magnitude

WHAT THESE RANGES ARE NOT

- Frechet bounds are mathematical outer limits, not confidence intervals
- none of the values is a forecast of reachable human lifespan

Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

Independence èsì jẹ reference ọràn kan. Dependence bounds jẹ mathematical outer ààlà, 300 àkójọpọ paramita sì fi uncertainty miiran hàn nínú bí a ẹ̀rò pé mutation máa ń pa ẹ̀ṣẹlì lẹ̀kọ̀ọkan tó.

The Clean Paper CC BY 4.0

Kí ni dependence bound?

Ká sọ pé apá méréin kọ̀ọkan ní یشههه tí a mọ pé ó ẹ̀ ní یشههه ní àkókò kan, sùgbón a kò mọ bóyá wọn máa ń kuna pọ. Frechet bounds ní fúnni ní widest mathematically allowed ààlà fún combined èsì láìyan ìbásepọ àpẹẹẹ kan pátó. Wọn jẹ guardrails yí missing information ká, kì í ẹ̀ یشههه bars láti repeated ènìyàn observations.

یشههه tí mutation kan yóò pa ẹ̀ṣẹlì jẹ uncertainty nílá

àwòṣe ohun ìwọ̀lé kan nira gan-an: یشههه tí mutation tuntun kan yóò jẹ lethal sí ẹ̀ṣẹlì.

Supplement nàà tún itupalẹ ẹ̀ kojá **300 àkójọpọ paramita**. Fún single-letter mutations àti short insertions tàbí deletions méjèèjì, assumed یشههه pé mutation kan yóò pa ẹ̀ṣẹlì ní common lower bound **1.94×10^{-7}** . Cell-specific ààlà òkè jẹ **2.25×10^{-4}** fún neurons, **1.08×10^{-4}** fún cardiomyocytes, **1.02×10^{-4}** fún hepatocytes, **1.60×10^{-4}** fún liver progenitor ẹ̀ṣẹlì àti **1.77×10^{-4}** fún airway basal ẹ̀ṣẹlì. A àpẹẹẹ àwọn values nàà ní ominira lóri logarithmic scale, nítorí nàà wọn lè yà sí ara wọn ní orders of magnitude dípò ogorun kékeré kan.

Yíyí àwọn uncertain inputs wònyí padà mú díẹ lára àsopọ-failure ages yí padà ní factor nńkan bí 10 sí 100. Síbẹ, gbogbo parameter set tí a dán wò pa broad ordering kan nàà mọ: non-dividing àsopọ di mutation-limited sáájú replenishing àsopọ. Ordering tó dúró ẹ̀ṣẹlì yí ẹ̀ atilẹyin fún ifiwéra láàárín àsopọ types, sùgbón kò sọ lifespan یشههه àfojúsùn wo gan-an ni ó tọ.

Sensitivity itupalẹ ní dáhùn pé, “Sé conclusion náà sì dúró nígbà tí uncertain inputs bá yí?” Kò sí ohun iwólé value wo ni ó jẹ òtítọ hàn.

àwòṣe náà yọ biology tí yóò sáà dé kókó kúrò

Scenario náà ní ṣẹ̀lì populations m̀́rín nìkan. Ó ka lethal mutations sí independent cell-level iṣẹ̀lẹ̀, ó sì ṣe aṣojú organ ikùnà pèlú àwùjọ thresholds tí a yan. Ó yọ sublethal dysfunction kúrò, níbi tí ṣẹ̀lì kan ti yè sùgbón kò ṣiṣẹ́ dáadáa. Ó yọ expansion ti damaged clones tí n̄ ṣẹgun healthy ṣẹ̀lì kúrò. Ó mú ìbáṣepọ̀ láàárín èyà ara rọ̀rùn ju ti gidi lọ.

Cancer náà ni a fi sí ègbẹ. àwòṣe náà rò pé immune surveillance ní yọ malignant transformations kúrò, nítorí náà jejeje kò pọ̀ sí i pèlú ojọ-orí. Progressive inflammatory, endocrine, vascular àti neural feedbacks kò sí.

Ìṣòro counterfactual tó jinlẹ̀ sí i tún wà. A iṣíró àfojúsùn mutation rates láti gidi àṣopọ̀ nínú gidi aging bodies. Sùgbón àwòṣe náà léyìn náà fi rates wònyí sínú ara kan níbi tí oxidative stress àti progressive aging ilàna m̀́ràn ti yọ kúrò. Kò sí àwùjọ kankan níbi tí a ti lè validate combined premise yẹn taara.

Fífi àwọn omitted ways to fail kún un lè mú proposed upper bound dé sáájú nìkan. Kò ní jẹ́ kí reported ages rọ̀rùn sí i láti dé.

Ohun tí àwọn nọmbà nílá náà jẹ́ fún ní tòótọ̀

Tí a bá kà á lọ síwájú, iwé iwádíí náà dà bí ẹ̀ni pé ó n̄ lọ láti 1,759 ọ̀dún sí 156. Tí a bá kà á sẹ́yìn, ète rẹ̀ mọ̀ sí i.

Baseline 1,759-year náà jẹ́ absurd ní ìmọ̀mọ̀. Ó dá ayé kan sílẹ̀ níbi tí ojọ-orí kò ti n̄ pọ̀ sí ọ̀pọ̀ ewu mọ̀. Mutation-driven loss nínú modeled ọ̀pọ̀lọ̀ àti heart léyìn náà fa ayé yẹn padà sí ààlà kan tí ó sì kọ́já observed ènìyàn iwàlààyè sùgbón tó kéré gan-an ju artificial ìpele ìbèrẹ̀ lọ.

Gap yẹn ṣe atilẹyin fún idea tó dín: somatic mutation accumulation lè sì jẹ́ meaningful constraint paapaa bí ọ̀pọ̀ progressive aging ilàna m̀́ràn bá parẹ̀. Kò fídí rẹ̀ múlẹ̀ pé mutations ni single cause of aging. Kò sọ pé pípa mutations run yóò mú reported ages wá. Iwádíí náà kò àwòṣe intervention kan, bẹ̀ẹ̀ ni kò àwòṣe harms àti tradeoffs ti yíyí mutation rates padà.

Iye exercise yí k̄ i ṣe ilérí ìgbésí-ayé tó gùn jù. Ó jẹ́ ọ̀nà láti béèrè iru ikùnà wo ni ó sì kù léyìn tí a bá yọ àwọn tó hàn kedere kúrò.

Àkótán tó mọ̀

Ìwádíí yí lo demographic àti àṣopọ̀-reliability àwòṣe láti béèrè bí mutation-driven ṣẹ̀lì loss ṣe lè fi ààlà sí lifespan nínú counterfactual world kan níbi tí a ti yọ fere gbogbo progressive aging ilàna m̀́ràn kúrò. Background ewu ikú ni a dí mọ̀ contemporary Swiss age-30 ìpele títi lááláé. Àwọn modeled ṣẹ̀lì populations m̀́rín nìkan ni a darapọ̀,

kò sì sí transplantation tàbí mutation-reducing intervention tí a gba laaye. Lábé òmìnira assumption, àwòṣe náà fúnni ní median lifespan 156 ọdún àti one-in-100,000 ìwàláàyè marker 470 ọdún. Nígba tí àwọn onkòwé gba gbogbo mathematically ṣeé ṣe relationship láàárín àsopò ìkùná laaye, outer ààlà gbòòrò àwọn iye náà sí 146-194 àti 210-557 ọdún. Neurons àti heart-muscle ṣẹ̀lì di bottlenecks ṣáájú modeled liver àti airway populations. Wònyí jẹ́ tó dá lórí àwọn ipo simulation outputs, kì í ṣe observed ènìyàn ààlà, ìtoju forecasts tàbí ẹ̀rì pé ènìyàn lè gbé dé ojò-orí wònyí.

Àyèwò No-BS

Ohun tí iwé iwádìí fi hàn: Nínú àwòṣe tí a mọ̀mọ̀ yọ ọ̀pọ̀ biology kúrò, mutation-driven loss nínú largely non-dividing ṣẹ̀lì di kókó ìdènà pàtàkì ṣáájú frozen low background-death ewu. Exact outputs da lori organ àwòṣe, ìbáṣepọ̀ assumptions àti lethal-mutation parameters.

Ohun tí ó wúlò ṣùgbọ̀n tó dá lórí àwọn ipo: Integrated median jẹ́ 156 ọdún lábẹ̀ mutual òmìnira. Pèlú apá curves kan náà ṣùgbọ̀n ìbáṣepọ̀ tí a kò mọ̀, mathematical outer bounds fúnni ní 146-194 ọdún. One-in-100,000 marker àwòṣe náà jẹ́ 470 ọdún lábẹ̀ òmìnira àti 210-557 kojá àwọn bounds.

Ohun tí kò fi hàn: Pé ènìyàn lè gbé dé 194 tàbí 557 ọdún; pé àwọn ojò-orí yẹn jẹ́ hard biological ààlà; pé somatic mutations ni nìkan cause of aging; pé ìtoju kan lè yọ gbogbo aging ìlànà mǐràn kúrò; tàbí pé dídín mutations kù yóò mú modeled èsì náà ṣẹ̀lẹ̀.

Àwọn ààlà pàtàkì: Cell populations mǐràn dúró fún gbogbo ara; abẹ̀lẹ̀ ewu ikú di mó ojò-orí 30 títí láéláé; jejere àti progressive aging ọ̀nà iṣẹ́ mǐràn ni a yọ kúrò nípasẹ̀ assumption; organ ìbáṣepọ̀ jẹ́ simplified; mutation rates wá láti gidi aging àsopò; ìkùná thresholds àti lethal probabilities púpọ̀ jẹ́ àwòṣe choices; central counterfactual náà kò sì ṣeé dán wò nínú equivalent ènìyàn àwùjọ.

Ìgbọ̀kànlẹ̀ mélòó ni olùkà gbogbogbò yẹ kí ó ní? Ìgbọ̀kànlẹ̀ gígá pé reported numbers tẹ̀lẹ̀ stated àwòṣe àti parameter choices. Ìgbọ̀kànlẹ̀ áárín nínú qualitative contrast láàárín non-dividing àti replenishing àsopò lábẹ̀ assumptions wònyí. Ìgbọ̀kànlẹ̀ kékeré gan-an pé àkólé age kankan ní sọ reachable ènìyàn lifespan tẹ̀lẹ̀.

Àwọn orísun

Efimov et al., Somatic mutations impose an entropic upper bound on human lifespan, npj Aging (2026), article in press

<https://doi.org/10.1038/s41514-026-00421-6>

Computational Aging Lab, model and analysis code

<https://github.com/ComputationalAgingLab/somatic-mutations-simulation>