, - . /0

+ , - . / 0 1 2 3 4 5 6

! " #

! " # $ % & ' ( ) * +

! " # $ % & ' ( ) * # + , Andrew Dillin - . / 0 12 3 4 5 6 7 8 9 : ; < = > ? @ A B C D E F G 12 H 24 I J K / L MN O P QA D E R S / 0 1 < T J U V M W X P Y Z [6 \ ] T ^ 1_ ` a b c ? @ d e ` f e g h 1i \ ] T j k 6 > l m n T ▢ p - \ q r s t u v > w x y 1 z ? @ { > | } 7 ~ A ! " # 6 $ 1% b & ' ( ) * + , - 6 . / 7 ~ A B f 1U V M 2 3 Y Z [6 0 / T 1 2 3 4 5 6 b > 6 7 a 8 1 % L 9 . / : ; < K = 6 > ? z 3 ` a ? @ d 6 = > f e A

$ % & ' ( ) *

https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.11.026

) * + , - . / ' 0 1 2 3 4 5 6 7 $

http://paper.sciencenet.cn/AInews/

22 1 2 3 4 5 6 7 8 9 : ; <= 9 : > ?, @ A /

Q = > ? 1 @ R

_ ^ 1 V] 5 / 1% W < u) 9@ b W s C1( ) $ H w 6 [W X I G [6 < 1Y F H + U M 9 R 6 {] + . 17 / } _ q 6 < < u X P@ Y] { C6 S S A

T ? 1N 6 < ? Q 6 Z [z ? 6 < ! w [u 1+ \ J 9 / 6 j k % K HC M / 0 6 h] + D _ b { u J 6 j k] K 3 9 6 < ! w [u 7 i K I 6 j] k] K 15 / ! A G '] / # 6 < : ? [u R | % H" 5 ! w 6 [R e | % Hm ^ g R ! w 6 < a < Hv) ! w 6 < [u _ c A

` a % & 1 / ! 6 h ' 2019 ! ' + b) c T k l y d 6 (1 ~ m ^ 1X 2 c t e S _ F S] W < S m ^ U w 51 A @N 6 < ? Qv 6 < m ^] 6 [R S ') ! w 6 [R e | % e I 1 ? f 1B x r Z % 5 S _ w C I [u CA

{ V 1N 6 < ? Qe 0 + , C j Q 8 j 9) . ` a T g 1e 0 " 5 Z [{ 6N 6 < ? Q6 J 8 1q \ 6 <] f : ; y d 2 p Z ? w C j 6 " ! 7 1R Z 9 6 [? h ? D 9 w C n 7 ? h ? D i + j - 1' M (^ k G H e U l o 1" 5 \ Q \ + i B C ? D e U 6 ' M < u A

@ M P p M 6 4 m 1 $ + .) W f H n N) M 6 A + , : 6 < R S 6 o H ` p [p 6 ! o] _ z . + G X 6 n N) M 6 1O V q r ? h = > 1i s T N p . b W e U 6 F t m m 1 J O (AC V] L 0 1w ? z u $ q > 1- 6 Z C z + 6 $ 9) Hn N v = 13 9 + , q ? h / 0) | A

! " # $ % & ' 2024 ( ) * + , -

! % ! " # $

n ! p < (_ $ k l = ` 6 q > D E & Q A 5 I 1i (_ ? @ / a 1 2024 ! d W w z ' D _ # A B m K C f 1 ' f D 6 12 L D E i q A

% & ' (5) * + , - . /

0 > R { \ R ~E ' 1 2 { 1F M 1 % G n 4 R 1x T 1> B J 1 2 3 ? H w R 6 q x m / I z 3 J M ' A 2%~3% 6 % G n 4 R DNA AG i 1j b d M D f 2 6 0 > R 6 K L 4 5 19 Z R % G n 4 R Z M 6 ! > 1X 2 N 8 | O P Ap < #] R Q (D E H D E R S F V ; R 1 S > T T U 6 0 > R Q q x m A % n q x m Z ' 7 L L f 1' A J 4.9 J ! V 4.2 J ! 2 > a J n ! W % X] Y * Z W 4 6 A % $ b L W w [\ C k 6 = E R] 1 ' A 5 J ! 2 ^ G] f / + E 1 E ' 1 2 { J k l Z 9 Q g M b A D E _ v 1q x m / 6 % G n 4 R DNA z ` a V l D H w 1 1 2 b R Q 6 K P Z M " y 1 % b " y ' A / > J 4.9 J ! V 4.5 J ! 2 15 | 2 _ v 6 c ! I A

0 1 2 3 4] 5 6 7 = 8 9 :

p < d m B e D E H 6 D E R S # J 6 M \ # 6 f 2 d 5 B e 7 O ' f [g @ h i {VLTI~1O P F V . j M k r k ? 6 l m n o A % p q v W O H G64 6 l m 6 M r f 1 m 1s E Q % f p 16 J t ! 1 $ U 8 T ' l m | b A . k ! Z 1B e (A b , : % p l m 7 u v 1m , M 0 J ^ " ! w W A W O H G64 6 M f { k r k F N 6 ' x y z m k / 1 U B { | M } ~ 6 2000 1! J " # Z ? $ 6 b f] r % A & ' % p J r Z 1000 ! > (/ 1F v f e m A G w W : 1W O H G64 ? $ f { ` b L@) C1% z 9 R (/ 2 6 * + z d T ~ B 0 r , / 0 6 - m l D w C A

; < = > ? [@ A B C D E F

. ^ _ 2 p / # . x J C 6 0 1] ~ 2 1 J N O] e f 6 b 3 r s / / 0 z + u J A . ^ _ 4 4 W X ' / % 2 p 5 6 W X " ! . x J A G i 1% n . x J C $ 7 8 ! f 9 1 5 6 { 1S > v : b , ; < k ! 6 ! = A p < 4 e R E F D E H 6 D E R S / 0 1 b 3 ? @ W X 6) w 5 6 { 9 Y h M > ? x 8 A J / X ` , ! = W X 6 . x J C / 1p w) M 16% $) w 5 6 { A @ + 1L ! A B , C - D 6 A

5 ! " #$ % & ' ( ) * + , - . (/ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 : ; < = ! " # $% & ' (

B { > { 1) w 5 6 { N B 0 M U / X . x J C 6 11% A D E E G L 9 1 . ^ _ (F w n > e w 6 l D A

4 G H I $ T J K L M ZN O P Q R (S E H I T

J n ! 1F ? G H@ I) e . CA I ! Z 1 X t ') 1 F ? G H J L a < (q G H % K : 1 m ' L J M k { G H F ? 6 R] b , N M + h x 8 A T 5 1n ! w C & Q y ' L 0 G '@ O P Q * Cj 7 5 8 1R S _ H w F ! R M k { ' < G H F ? 1 r 1 J > 2 u 9) L G H F ? A K T 1e U 6 k l $ 7 8 6 _ e } F ? G V 8 W . p < R Q /) D E H & & Q : X E Y H\ # HZ # H[W \ ] y] z & 5 L U ^ J@ O P Q * C5 8 6 ! A] Q g # N 1 D E 1 / 0 % b 5 8) _ 4 " F ? G H % 6] { A D E E G 5 / 1 [6 J F ? G H 7 U / 6 C F u J @ Q M _ # C z 9 _ w 2 A _ F S 6 ` a O V b c A

Y U V W X Y Z [\ ] ^ _ c

/ k d L d e f g j h $ x i T m u J w 2 6 b c j j k o 9 z 6 d l f e 1 f m 8 D 30% 1X 2 ; < w | 6 n o 5 ? A p < > T] (D E H 6 D E - . # J + e > T (< W ▢ \ i p ! ~ m (1 p Y q g [\ HAI r < + 3 H` t m w 6 Y q s t 3 9 f } u ` d ~ v B E [13 2 H r w 6 5 g ') D E 1(4 T 1 r < % c 2 A f e 6] w c p ! ~ w v 1 x M 1

JAK/STAT x y 2 - $ i y 3 6] + { x A n ! D E - . R / ! $ T z 6 ' (j b { 6 z 2 [u 1| J JAK } ' ~ n 1 7 q ! % 1% $ R Q O P n i 3 A % b (; N v Z 9 j j 3 6 n o 8 Z ; 0] H " 1 _ ^) 0 1 \ i p ! ~ m (J Q < z (# L 5 S 6 1 ' h b A

` a b c d J B C e 7 f g

' #] $ c w a / | % 1 < p V b _ w 2 $ c / w l O Y] { 5 P # i & ' | (b A G i 1X 2)) - * x s & ' Ap < > T N ' (D E H 6 b W D E + 0 1 ' #] $ c | i 6 z + , k AD E L 9 1' # | J - h > B u v 2 x 2 - N ' a - . / 0 6 a < A i 0 f 6 M = $ A + 11 2 + 3 4 p ! 1{ % 5 j $ w l $ c O Y > e 6 q ~ A G = 6 7 A M r a - . / 0 _ g h 8 t 9 Y] { 1 % $: ; R Q J > 6 4 I < T = $ / < = 6 O Y 6 A D E E G j + 1 v > T < p V b _ 4 " 7 ~ 6 z 9 d 1 _ ^ + 0 1 = > x ? l D 7 f @ A 6 B C & ' 1 v D h d $ 3 & 6 n o e I 1 e j j A

3 4 h i j 5 K k l m n o p q

5 70 ! Z / 9 6 & F R I w b L 6 _ 4 q ▢ | J / < & r < 1 R | J E F 6 R Q] < T B 5 1& P ; < > T & < d] G e d Ap < \ 9 k ! D E H] Z z H I k , J p < (2 6 _ ' / * O I d@ R < m U E F Ce I < b 6 & F K Ai k ! 5 m < & C (9 1O I B C 6 L 7 F R z L }] M c F < 1 (9 ' < G e) 8 N 6 Q O AP G % W [\ N) F ^ 1m r Z J Q d & F R n 7 W w e J h b A

r s t r u v w x y =

] R S T] U V | J 4 " 1 ; < / 6 W U] [T 1: ; < ; F X ' AG i 1p < > T Q %] (D E H - . / 0 % n W U] [T w } ' d % l Y 6 u J A W f i Z 1] R S T S [n > 6 - \ A U]] T J ' b / O F ^ _ ~ t 6 O = ` a p b P8 I J c Q 6 U | u T C j > e 1G i G ' b / d k C I $CO_2$1W w e k u J PU]] T N z 3 h , + j ' b / 6 I f A

z { [; | o } ~

v x ? v W r Z 9 : 3 ; < g j 6 5 g N Y 1p <] (9 { =] D E H Hn ! & h < O ' ( ] Z z H I k , J p < (2 6 D E R S e * b c 3 > T ~ B CO_2 > n S T 6 [F - K A J i u / 19 P J } k j f HO k ~ S [R < 2 / < & 6 l m d / J M 1 T n 5 8 A % c q v @ HyFiT C6 S T z d > T ~ > n 1J 1 n K y 6 c L > n] # J o / n > 6 CO_2 R m < v W b Z P AHyFiT S T N z 3 M ' 1Z p b 6 X [h M R p * 7 6@ f 7 Cq ` A

= ! = g " # $

< T 2 p j r u T # N ' M i T n o ; 4 j 1m | J > T a d T ~] < N p s e 6 t y 0 O : u Ap < < T N v D E H] v d % w & ! s ' (6 D E R S O P W < M x x] < n o s e 6 N v A b p y d H i z x x S + } s { 1G b c W w { D] | j } ~ 4 d 6 ! u T A " 6 # e 1 $ % { f B p & U = x * ' J s e A 1 T { N J $ % p 6 (#) * c L s e Ai u T W w + ~] j , V | 1(J L ! z (/ J M n o - y & y 3 A D E Q i 1R Q] x x 6 6 _ . v z 9 U B W w Q / 6 s e @ p N v A

% * & ' s ( ) * +

R Q 6 0 * F 1 } K L x 1 l D E 2 w I ' . 6 (A 0 J 9 : # J 0 > + e 5 ? + 3 0 * 3 $ R T 6 q x m F 1m ! * 6 8 z 4 5 . p < B 6 (D E H] 7 8 9 : ; < p < Z (D E H 6 D E R S + 3 1 = I > 6 DNA 1 / 0 9 J (. _ L 5 S 6 K L ? / B 0 h A% b / 0 @ Y 1 J q x + 3 [\ ' i L f $ S 6 S x d AP G % b [\ J r Z _ l ! C " ` x 1m D E E G L 9 1: ; A B [9 J > 6 R Q B C 4 5 1$ d q x H; < 9 Z B C 6 B C u J 7 M 6 A

, - . / 0 h | 1 2 w 3

J R e D c U E] 6 t y 6 1 : [6 C k 6 ' i V C z + Ap < R e ! % (D E H HX E Y a F G X H # X ' ( ] 7 8 X I X 4 J ' (6 _ ') 1 b W D E 1 ' i 1 d % R Q [6 C k 6 K l AD E L 9 1- ` L R R [6 6 ! E L s " ' 1 R P 6 A _ @ M) N _ l = 1 i N _ @ l U CAJ) O 6 p Z 1b L R 6 [6 R] ' % p 5 P 35% 3 A A R T _ ^ 1A _ E Q Y _ / > l] A _ P H6 b P] Q P 6] { p R * 6 g A 1950 ! 1 b L 65 S 6 T U 8 x w 41 L J k 6 [6 1i M 2095 ! 1_ E U d 8 x p w 25 L J k 6 [6 A

Q y c 4 5 $| 6 / ' 7 8 9 : I ; a | < R

T U V W X Y Z[T \ ] ^ _ Z

! ` a b c d e e

9@ A B C6 D E F < G & @ I J K CL M N O R & 1z@ P Q C6 R S T & HV B U V T W 1X Y Z [ ] H\ 9] H] ^] 6 150 _ ` a < b U V S c & H d e b > b f g h i T & H @ Power 5 j k l Cm < n W o o

% p $ q r \ 9 s t u v w x y z { 3 6 | } q r \ 9 ~25 ! " # $ d % & ' ( ) * 6 + + n , A- - . B 1q r \ 9 / d %) 0 1 2 3 6 4 e n , H d 5 6 6 j 7 5 8 3 9 \ :] 6 ' ; < = 1 ! > ? @ A B C D 8 E F A

G H I 50 J F K L M F v ! w] s t ' ; N O PG Q R = S M T U V W 6 0 >] < O X P G X b 6 U V Y b V Z & M < g s t H4 c s t H[\ s t] ' O ^ _ ` PG a b c d e f b g M h * ! i Hj / k l o o 4 e m n o 1p q F 1 r Z A F s 25 ! Z 1q r \ 9 t u@ v w g 4 e C/) q x 1J b y y e J M ! > ? z ' < g 6 4 e n ,) 0 1 @ q r b { C1| * 1 } ~ { /) 6@ q r ! CA

①

③

> ? @ A B C 25 D ! E F G H I J K L M N 3 O P Q R = " @ A B C 5G B C S T = \ ] w k

u v w k x y z k Y { | } ~

K L M N O > 6 > P 1} - ' Q) ^ R 0) _ l S 1\ W] T b U O V A % L W m E X Y 6 _ 1 Z) $ q r \ 9 5G \ 9 T & [g M N O / 6 b \ A

% I 5G \ 9 T & z J M N O [g N '] g h '] N '] c ^ s K N V g 6 1 e J 5G+ [g M N > N H_ # } = d M 6 H'] T & [\ 1= `) 0 [g a i H' < M 6 HS b D c H[g d Hm e f g & V 9 1_ ^ 9 # N I & h _] '] u O AZ / 1I W C F G < [\ v k l O 4 A

i U t p $ q r \ 9 3 Z [ ] H \ 9] H] ^] v] E 5 / 1n j C F G < [\ E D r 6 b L k l A

Z [ ] H\ 9] H] ^] $ e ~ > n b 6 z + m F + + A u v /) e ~ > n b 6 n N % 1q r \ 9 + o p ` s t ' ; O [ \ R n O 2 3 1q '@ v w g 4 e Cp w 1r s \ 9 ' ; = E t ` 1 E C e 9 [H \ 9] & C F [\ R G < u + y @ v w e C[\ 1D ' 1 b d W w ! w n v x 8 6 }) s t 1m n N O } ~ { /) A

q r \ 9 m 9 B p y T e % & 1y z d S Q N Z [/) p w 1Q < e 9 [[\ H5G [g M N [\ & D / e J 14 g g m < R S T & & k l m <] n , - z 6 K Pf { }) < g s t > n d p g \ 9] HN O e ~ 4 |] r s = E * . 1T F n , ' <] > n K R] ^] W i 1! w } ~ x] k !] W i t N k ! U # P u J " # A

X 2 1 q r \ 9 U : $ g > 400 V 7 C z H } 9 i U t 6 9 [4 i) 0 1) ^ > N H ! % + 3]] ^] t p P U T U 10 V K \ 9] > n K 1: > n p g # N z ?] t p 1R S G & (A 53% 1_ ' # J 8 e t 0.9% P(T \ 9] x d) * s K 1+ { * s K > n | 8 e } 35% 1(9 30% 3 A PT F S c & < n] ^ , > - - > n K 1> n (. d 75 + / k - v 24 + / 1> n | 8 e } 212% A

] T Y 0 12020 ! 3 Z 1 q r \ 9 D / 5 J 8 0 ! 4 e 11 ! D / 5 J 3 5 4% 2 3 P4 % 5 6 7 # 900 I y H / 9 7 # 280 V y 15 140 I 4 e E n , F V 6 K 1 J m <] H \ 9] H(9 [\ & 5 S)] { ! (; A

S / r Z 1q r \ 9 p d S 8 j 9) 7 5 8 9 : ; < z + : ; = > 1 3 '] 4 e v m n 13 Z [ ] H\ 9] H] ^] v] E 5 / 1z q ; j b d N O@ v w e C< = 1)] e t ' ; O N O G < E F b 1n ; }) s t ' ; O 4 e /) 6 q r \ 9 Z _ A

T U V W X Y Zf g h i j k

q r \ 9 J 25 ! 6 " # $ % 9 1p + & 4 e H9 4 e 11 9 ' B (Q 1) 0 = * g /) A

1999 ! 1 q r \ 9 4 + R , - . J / d 0 1 (2{ 0 / d ' (~3 4 A J & 5 4 (6 D n 7 8 h 15 ! 6 9 1: M ; I 6 D F G < 3 =] v > n b 1 O ? @ ^ ! A B C D _ /) 1E F G@ 6 H C1J e f W f I 4 J 1 q r \ 9 A

K L ! > 1M ! 6 < g & 5 N O J ? O , P 6 Q R / S < K L A , - . - . T 2 U F V D ' ZYJ k l U V Y b V Z & 1M ! B C W X Y * + % Z 6 n , A [\ ] ^ _ 1` 1 , - . 4 J N O 6 a b A

V Z c d e } f 20% 1g h 9 i 30% 1j a k l 3 m n Z o < p g / q r s B H t u v w 6 x y o o q r \ 9 z H U V Y b V Z & % I { + 4 e n , K A 1 | { } F V ' / * 180 _ Y b V Z & 1~ ! > ^ _ \ ! 1(" ! ! A 6 [# L $ % & $ 1 ' T J ! > (V) * A

+ , # b L 9 , 4 e /) | - . q r \ 9 J ' { / D { / 0 10 ^ / ! 6 S c & ^ _ h b 1 ' 1i ^ _ A ! HI 2 & ! 6 n , 3 1 90% 3 A v C AJ 0 A 1B 4 $ 5 6 7 S c & / < 8 b 7 / ! , P 6 S c & A9 : 6 0) ` / 1 q r \ 9 @ ; * / ! R ' ; 6 S c & , P C 6 7 < A

②

0 ^ 1q r \ 9 = S w x 1p 9 G = E S c & P > A? @ 1 @ A2001 ! 1F s B C 6 q r \ 9 D M Q / S c & / K E C 1* @ 1 F w G H HF w [\ I J H= S K y | L & b k l M < 1N J 4 L H 11 O P Q * R ! w - S 6 = E U V S c & 1n ; * ! > T U 6 V W] ' ; 6 S c & X Y Z 1 g h S c & U V [' ; i \ 1J N O > 8 v T s K '] H^ t 6 S c & D / H' ;] G H f k A

_ - ` 1 q r \ 9 n , 8 v 3 ' w , P H '] 8 a n b c & d { * e f / D Q g A 2007 ! 1q r \ 9 h d k l n , i B j % k l m n !@ o p) C1q k l 7 } M / ! , P 6 b { A r = E S c & Hs t s u & ? 1T m R " X 6 1 $ q r \ 9 '] 4 e D / (d % O Q 6 e E v w & ▢ S c s u & A

x w O > b y R z ? 1+ G 0 B q r \ 9 F { = E S c & 1/ ! S c & 6 ! n] # g z 9 _ | }] ! AN / ! S c & n O ~ k ! Qb % Z ! o q r \ 9 @ m n / ! S c & # $, P 6 v w % A C

& k ' % # 1& 4 e % 5 1& k ' 4 e % (A) * 25 ! 6 4 e /) | - 1$@ v w g 4 e Cm n q r \ 9) 0 1 } ~ { /) A

, v@ v w g 4 e C. , - . x j + ? 1N O n , [\ 6 /) + v ^ _ , - g] ^ _ v w g 12 % $, ` ^ _ * . h 1{ % / $ J ^ _ 0 O 1 c [\ n , ^ 1N O 2 p / D + 3 1 e 2 ') D E (' / B C [\ n , 1 G i m n ^ _ 4 5 1q r \ 9 6 /) 6 M { % A

2020 ! 9 H 17 I 1 7 5 8 9 : Z M q r \ 9 ; < 1 : q r \ 9 6 4 e = > L 0 ? @ A 7 5 8 9 : 5 / 1'] 4 e $ N O 6 > A 1$ N O B C p D H/) V ' 6 E 2 AC F G < [\ H I J J K L J ' ; > M A + D M) t N ' ; O]) f B C { 5 { O { ' AM P 5 / Q T e /) R S 1) $ C K i Z T T U 1i $ + U V W ' ' X A

T l m n o Zp q r q s Y t !

z H@ v w g 4 e Cp w 1q r \ 9 6 \ 9 S c & HY m Z [< b S c & HU V Z [< b S c & & \ g S c & B U A ^ A

J S c & D / H ' ; n 7)] F ^ 6 _ ^ 1q r \ 9 } ` a Q ' (1 e@ b c C▢ 4 c s t] 2 J [\ s t A0 ^ [\ /) d e f] w 1N O g R * + ' { h P 1< d ' HF 2 } 1- ^ i > < j k l A

@ m % n n 7 $! A /) o v * + 6 A C , - . L 0 A q M T 1q r \ 9 J k . ! 2 1 p@ b q] K C[b q v s t ' ; 1] K v < g s t H4 c s t] [\ s t ~u v r s 3 ^ Q # A

I ! { 6 2020 ! 9 H 1 c d F v d ! j b L d 7 h \ \ 7 t p k ' u q v) w v Aw > ? ^ _ : 2 J [\ U t 6 * . x * 0 y z g 4 e A q r \ 9 z H J ! > D E F < G & n 7 { ! 6 b k l O 4 d F G 1| Z } ~ 6 ^ _ 2 A

q r \ 9 ! " e # / $ % & 1b - h Z 1 q r \ 9 D '@ v w g 4 e C1" 5 n , D / 1 (* })] H\ 9] HZ [ ] 1' _ 6 PDP < ? m i g Y b V Z & H* y H t W u T & W H d % T } Z + HT e n S c & & b d@ O 4 n , @ d % | T n , CG q r < O X h / k l 1 , b * / 2 c H- & . } c H/ / 0 - H1 2 3 > 0 - & 4 I ! > ? f ` < g T U A

5 + 1q r \ 9 '] D ' 1 = H/ H' E 6 10 L E y 6 SW C H k l d U V 7 8 Z + 1 M 2021 ! O 4 c & D 62 9 6 k l T } d U V 7 8 Z + 1X 2 U d { * e : ! 1; j 1 : ! 0 > 9 + ' < & H ? z q < g Z q o < < = A > ! 1 d U V 7 8 Z + U U V Y b V Z & HR S T & | { 1? P " !@ ! A ' ; O X W @ A CA

X 2 1q r \ 9 U J Q 6 < g s t Hd k l S c & H0 > B C U t H4 c s t H0 q s t H } \ & 5] 2 J [\ s t & 10 I L n 7 1F V D / 400 I L D R E y HW w '] 8 a n b] G < E F b 6 }) s t n , 1 n ; 1 b G A B P Q H H q = H 6 @ & I 0 A C1 F v ! > Q 6 < g s t) + N O H d % < g & 5 ' ; J 50 5 A