

Hur blir jag den jag är?
Tvillingundersökningar kan
vara ett sätt att försöka bena ut
vad som är viktigast:

Arv eller miljö?

AV PAUL LICHTENSTEIN OCH NANCY PEDERSEN

Hur mycket betyder arv och miljö för mänskliga egenskaper – hur vi betar oss och hur vi blir sjuka? Under det senaste århundradet har genetiska och miljömässiga förklaringar getts olika stor betydelse under olika tidsperioder. Oftast har det dock inte funnits några vetenskapliga belägg för den ena eller andra åsikten.

Snarare har det varit politiska förhållanden eller olika vetenskapliga skolor som har styrt uppfattningarna. Så var t ex genetiska förklaringar populära i början av 1900-talet när Darwins teorier hade spritt sig och Mendels ärftlighetslagar återupptäckts. Pendeln svängde tillbaka till mer miljömässiga teorier efter 1930-40-talen, delvis på grund av att behaviorismen blev en ledande teori inom beteendevetenskapen och kanske framför allt beroende på de fruktansvärda följderna av nazismen och dess rasteorier i Tyskland och steriliseringslagar i bl a Sverige.

Under 1960- och 1970-talen var miljömässiga förklaringar mest populära. Mot slutet av 1970-talet startade två viktiga studier med säruppfosttrade tvillingar. För första gången kunde man då visa att genetiska fak-





1 Ett livslångt perspektiv - enäggstvillingarna Ruth och Annie Nyström deltar i undersökningen av hur arv och miljö påverkar det mänskliga åldrandet.

torer har betydelse för människors beteende.

Nu, under senare delen av vårt århundrade, har molekylärgenetiska tekniker utvecklats i snabb takt. Man har funnit gener som orsakar vissa sjukdomar, t ex cystisk fibros och Huntingtons sjukdom. Det har medfört att genetiska förklaringsmodeller återigen har blivit populära också för att förklara beteenden.

Nätverk av gener

En mängd studier pågår över hela världen för att hitta arvsanlag som är viktiga för olika sjukdomar och beteenden. Man börjar inse att de absolut flesta mänskliga egenskaper har sin grund i både många gener och många miljöfaktorer. Många gener tillsammans formar en egenskap i samspel med miljön. De olika generna bidrar mer eller mindre till egenskapen eller sjukdomen men bestämmer inte över den. Samspelet i denna mångfald av genetiska faktorer och miljöinfluenser är för det mesta oförutsägbart (se F&F 7/96).

Det är därför högst osannolikt att man hittar en enda gen som är nödvändig och tillräcklig för att förklara mer komplexa sjukdomar som hjärt-kärlsjukdom eller schizofreni. I stället är det flera gener som samverkar - allt från kombinationer av tre eller fem gener till så många som tjugo eller hundra. Läger man sedan till de miljöfaktorer som bidrar till variationen i dessa egenskaper, förstår man att beteenden och sjukdomar är komplexa och att en människa kan utvecklas åt många olika håll utifrån dessa förutsättningar.

Att bena upp arv och miljö

Faktum är att vi i dag vet ganska mycket om inflytandet från arv och miljö när det gäller både beteende och sjukdomar. Den kunskapen har hämtats från studier av framför allt tvillingar men också adopterade barn. Det finns i dag register över tvillingar i flera länder. Det största finns i Sverige och administreras av Karolinska institutet (se rutan till höger).

Ett av syftena med vår forskning är att försöka förklara varför människor är olika - och lika. Ta kroppslängd, t ex. Samla hundra slumpmässigt utvalda personer i ett rum och deras längd kommer att variera stort. Men samla medlemmar i samma familj. De kommer troligtvis att vara lika varandra. Långa föräldrar tenderar att få långa barn. Beror det på arvet (att medlemmar i samma familj har vissa gener gemensamma) eller på miljön (att familjemedlemmarna också har en hel del gemensamt i miljön, två syskon får t ex i viss utsträckning samma mat och

DET SVENSKA TVILLING-REGISTRET

Det svenska tvillingregistret förvaltas av Karolinska institutet vid Institutet för miljömedicin vid Enheten för genetisk epidemiologi i Solna. Registret är världens största i sitt slag.

I registret finns i princip alla tvillingar födda i Sverige sedan 1886. För närvarande är det drygt 140 000 individer. Där samlas de svar som tvillingarna har gett i olika undersökningar. Just nu pågår ett trettiotal projekt som täcker ett brett fält av folkhälsofrågor, t ex om demenssjukdomar, allergier, cancer, hjärt-kärlsjukdomar och välmående.

I takt med att tvillingregistret blir alltmer komplett kommer forskningen att öka förståelsen för hur arv och miljö påverkar människor. Ambitionen är att samtliga tvillingar i Sverige ska kontaktas. För närvarande finns det pengar för forskning om dem som är 60 år och äldre, men förhoppningsvis blir det möjligt att också yngre tvillingar kommer med. ■

likartad uppfostran och uppväxt)?

Vi studerar individer som delar gener eller familjemiljöer i olika grad och jämför hur lika eller olika familjemedlemmarna är. Om adoptivsyskon som inte delar några gener alls är mer lika än sluppen måste det bero på någonting i den gemensamma familjemiljön.

Tvillingundersökningar vanligast

Vanligast är tvillingstudier. Vi jämför likheten hos enäggstvillingar (som delar 100 procent av sina gener) med tvåäggstvillingar (som delar 50 procent av sina gener, precis som vanliga syskon). Om enäggstvillingar är mer lika än tvåäggstvillingar tyder det på att arvet är viktigt för den egenskap vi studerar.

Utöver genetiska effekter kan vi beräkna två olika typer av miljöns påverkan: Den gemensamma miljön, dvs det som vi vanligen tänker oss handlar om uppfostran och uppväxtförhållanden, och den individuella som påverkar varje tvilling för sig och gör att tvillingar (såväl enäggs- som tvåäggstvillingar) blir olika varandra.

Genom att utnyttja matematiska modeller kan vi också få fram hur mycket av individuella skillnader i en egenskap som beror på arv, dvs det statistiska mått som kallas för heritabilitet (se rutan på sidan 50).

Ärvd eller utvecklade intelligens?

Orsaken till skillnader i intelligens mellan människor har varit en källa till mycken debatt utifrån olika åsikter om hur arv och miljö påverkar vårt beteende. Tidigare studier av barn och ungdomar har visat att arvets och miljöns inflytande förändras från barndagen till vuxenlivet. Det verkar som om genetiska faktorer är mindre betydelsefulla för de allra minsta, cirka 30 procent, men att de ökar i betydelse upp till vuxenlivet där de svarar för över 50 procent av variationen. På samma sätt minskar inflytandet av den gemensamma miljön - från 25 procent hos de allra yngsta till att inte ha någon betydelse alls bland vuxna.

Den vanligaste typen av intelligens som brukar studeras är allmän kognitiv förmåga. Den är ett mått på verbal förmåga, förmågan att lösa problem, mental snabbhet och minne. Av drygt tre hundra äldre tvillingpar (över 50 år) från det svenska tvillingregistret, där ungefär hälften hade växt upp i olika hem, visade det sig att enäggstvillingarna är mer lika än tvåäggstvillingarna. Ärftlig påverkan är alltså viktig.

Mellan säruppfostrade och samuppfostrade tvillingar finns inga skillnader i intelligens. Uppfostran och uppväxt har alltså inte särskilt stor betydelse. Däremot är samuppfostrade enäggstvillingar inte identiskt lika varandra, vilket pekar på att också den individuella miljön på-

verkar intelligensen.

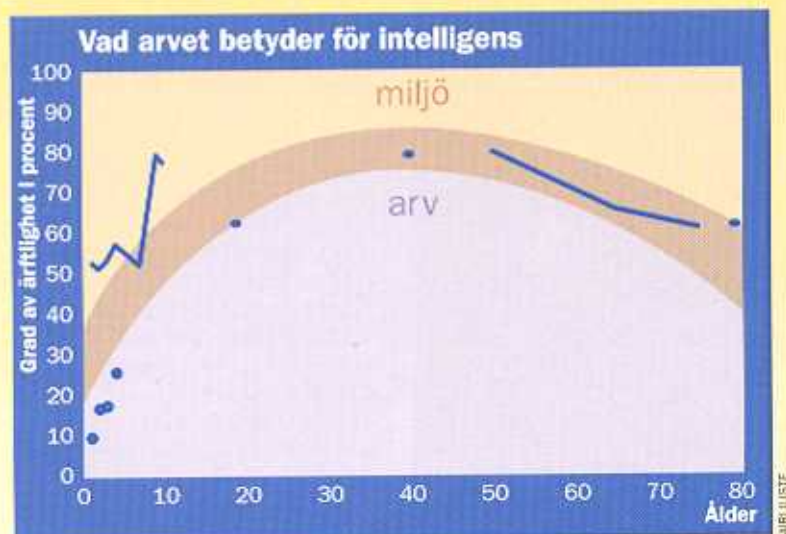
I den matematiska modellen uppskattas arvets betydelse i denna studie till cirka 80 procent.

Utrymme för påverkan

Genetiska faktorer är litet mindre viktiga för allmän intelligens för de allra äldsta, 80 år och äldre. Det ärftliga inflytandet är här högst 60 procent medan resten av variationen förklaras av individuella miljöfaktorer.

När vi undersökte olika aspekter av intelligensen fick vi delvis andra resultat. För verbal förmåga, förmågan att lösa problem och den mentala snabbheten är genetiska faktorer viktigast och förklarar omkring 60 procent av skillnaderna. Den gemen-

ÄRFTLIGHET OCH INTELLIGENS



2 Samlad bild av världens forskning på området arv och intelligens.

Den bruna kurvan i figuren sammanfattar publicerade forskningsresultat beträffande intelligens. De blå punkterna är resultaten från undersökningar av människor vid ett enda tillfälle, medan de blå linjerna är studier som följt en och samma grupp under längre

tid. Den bruna kurvan visar att det ärftliga inflytandet på intelligensen är omkring 30 procent hos små barn men ökar till cirka 60 procent under tonåren, når en topp på runt 80 procent under vuxenlivet men minskar igen hos de allra äldsta. ■

samma procent specifika minnet

The Bell

För ett boken T amerik Herrnst Charles prise In debatt c ligens o amerik F&F 2/97

Huvu tersom netiskt starkt s och utb ken till arbetsli I boken mellan mängd dom oc till stor tingade na deba ge och framfö tarklass ra är ut

Vi be finns n mang g rade tv annan flytand klass oc del av r är vikt se för s sar sig e de gene nomisk gens. A med är ra påve eller v faktore möjliga olika ta het), so sidor av

...ka modellen upp-
...else i denna stu-
...ent.

...an
...är litet mindre
...intelligens för de
...och äldre. Det ärft-
...här högst 60 pro-
...av variationen
...uella miljöfakto-
...e olika aspekter
...k vi delvis andra
...förmåga, förmå-
...a och den menta-
...netiska faktorer
...rar omkring 60
...erna. Den gemen-

ENS



...ens.
...n visar att det
...på intelligen-
...procent hos
...till cirka 60
...ren, när en
...ocent under
...kar igen hos

samma miljön förklarar upp till 20 procent av olikheterna, den individ-specifika miljön 25-50 procent. För minnet är miljöfaktorer viktigare.

The Bell Curve

För ett par år sedan utkom i USA boken *The Bell Curve* skriven av de amerikanska forskarna Richard Herrnstein, Harvard University, och Charles Murray, the American Enterprise Institute. Boken utlöste en het debatt om arvets betydelse för intelligens och för hur man lyckas i det amerikanska samhället (se också F&F 2/97).

Huvudpoängen i boken är att eftersom intelligens till stor del är genetiskt betingad och det finns ett starkt samband mellan intelligens och utbildning och yrke, så är orsaken till hur framgångsrik man är i arbetslivet till större delen genetisk. I boken diskuteras hur rasskillnader mellan svarta och vita, liksom en mängd sociala faktorer som fattigdom och utomäktenskapliga barn, till stor del beror på genetiskt betingade intelligensskillnader. Denna debatt har importerats till Sverige och liknande resonemang har framförts för att t ex hävda att arbetarklassens begåvningsreserv numera är uttömd.

Vi bestämde oss för att se om det finns något bevis för dessa resonemang genom att studera säruppfostade tvillingar. Våra analyser ger en annan bild. Visst har det ärftliga inflytandet betydelse för samhällsklass och socioekonomisk status. En del av de genetiska faktorerna som är viktiga för intelligens har betydelse för socioekonomisk status. Det visar sig dock att en ännu större del av de genetiska effekterna för socioekonomisk status inte beror på intelligens. Andra faktorer som också har med ärftliga förutsättningar att göra påverkar hur mycket utbildning eller vilket yrke vi får. Vilka dessa faktorer är vet vi i dag inte, men möjliga kandidater är exempelvis olika talanger (musikalitet, händighet), social kompetens eller andra sidor av personligheten.

HUR ARV OCH MILJÖ PÅVERKAR

	Arv	Gemensam miljö	Individuell miljö
Personlighet/ beteende vuxna	30-50%	5-10%	ca 50%
Personlighet/ beteende barn	30-60%	0-40%	15-30%
Prostatacancer	40%	0%	60%
Bröstcancer	30%	0-10%	60-70%
Migrän	40-80%	0%	20-60%
Magsår	60%	0%	40%
Depression	60%	0%	40%
Astma	70%	0%	30%
Allergier	30-70%	0-40%	20-30%
Kroppsbyggnad	70-75%	0%	25-30%
Blodtryck	40%	10%	50%
Alzheimer	75%	20%	5%

De senaste resultaten från svenska tvillingstudier.

Dessutom visar våra analyser att både uppfostran och uppväxtförhållanden samt den individuella miljön också styr utbildning och yrke i vuxen ålder. Sammanfattningsvis förklarar ärftlig påverkan när det gäller intelligens endast 12-25 procent av skillnaderna i socioekonomisk status och utbildningsnivå. Ganska långt alltså ifrån den slutsats som utgätt från *The Bell Curve*.

Intelligens kan alltid påverkas

Det finns ingen anledning att tro att egenskaper med en hög grad av ärftlighet inte går att förändra. Just intelligens är ett utmärkt exempel på miljöns betydelse. Trots att vi föds med alla våra gener för intelligens och alla andra egenskaper är graden av ärftlighet lägst i unga år och högst under vuxenlivet (se rutan på sidan 48).

En rimlig tolkning är att ju yngre man är desto mer påverkas intelligensen av förhållandena under uppväxten. Föräldrars påverkan på intellektuella aktiviteter, val av skola och bostadsort, t ex. Att det ärftliga inflytandet ökar samtidigt som den gemensamma miljöns inflytande försvinner i vuxenlivet kan på samma sätt tolkas som att vuxna människor har mer utrymme att uttrycka sin medfödda potential.

En annat bevis för att miljön är viktig är den s k Flynn-effekten. Medelvärdet för intelligenstester har ökat stadigt i hela den industrialiserade världen sedan man startade med testerna på 1930-talet. Den förändringen kan omöjligt förklaras med genetiska faktorer. Den starkaste kandidaten är att den visuella miljön som vi numera omger oss med spelar en avgörande roll. Andra

ATT MÄTA ÄRFTLIGHET

Ett mått på ärftlighet är heritabilitet. Det är ett statistiskt begrepp som mäter hur mycket av skillnaderna mellan människor som beror på genetiska olikheter. Det här är det viktigaste att komma ihåg om måttet:

1. Allt som är ärftligt har inte hög heritabilitet. För att en egenskap ska ha hög heritabilitet krävs att den varierar hos dem som studeras. Egenskapen att ha tio fingrar är mycket ärftligt t ex. Men den variation som finns beror på miljöfaktorer, t ex olyckor. Heritabiliteten är därför 0.

2. Heritabiliteten kan vara olika i olika grupper. När det gäller kroppslängd är den i dag relativt hög, cirka 80 procent. Men den genomsnittliga kroppslängden i Sverige har ökat med ungefär 10 centimeter de senaste hundra åren. Den förändringen kan inte förklaras av genetiska faktorer. Då, för hundra år sedan, var heritabiliteten säkert mycket lägre. En stor

del av variationen berodde antagligen på miljöfaktorer, t ex kosten.

3. Heritabiliteten säger ingenting om individen. Den är bara ett statistiskt mått på hur stor del av variationen i en undersökt grupp som beror på genetiska skillnader. Det handlar alltså inte om en enskild människa. Om heritabiliteten hos kroppslängd är 80 procent betyder det inte att 80 procent av kroppslängden hos en människa har styrts av hennes gener.

4. Hög heritabilitet hos en egenskap betyder inte att det är omöjligt att förändra den. Även om en egenskap i hög grad är beroende av genetiska faktorer, t ex fetma, kan den mycket väl förändras med miljömässiga åtgärder.

5. Heritabiliteten kan förändras. Även om vissa gener är viktiga för en egenskap vid ett tillfälle behöver det inte betyda att dessa gener alltid är viktiga, gener för hårfärg, t ex. ■

förklaringar är bättre utbildning, kost och barnuppfostran.

Den enda säkra slutsats man kan dra är att miljön är betydelsefull, och att det inte finns något fog för genetiskt deterministiska tankegångar av typen "det finns inget jag kan göra, jag är född men mina gener" eller att "arbetarklassens begåvningsreserv är uttömd".

Så påverkas andra egenskaper

En mängd studier har utgått från tvillingregistret som har undersökt hur arv och miljö påverkar också andra egenskaper (se rutan på sidan 49). Liksom på andra håll i världen finner man att graden av ärftlighet för personlighet eller beteende är ungefär 30-60 procent hos både barn och vuxna. Precis som med intelligens är det dock viktigt att veta vilken typ av personlighet man talar

om. Hos vissa personlighetsdrag hittar man mycket mindre eller till och med ingen genetisk effekt alls. Hos vuxna förklarar uppfostran och uppväxt 5-10 procent av olikheterna i personlighet, medan de kan förklara upp till 40 procent av vissa typer av beteenden hos barn.

Vad arv och miljö betyder för risken att drabbas av vissa sjukdomar har också undersökts. Hos prostatacancer är det ärftliga inflytandet ungefär 40 procent och bröstcancer 30 procent. Den gemensamma miljön verkar vara av liten eller ingen betydelse för de flesta sjukdomar, medan andra individuella miljöfaktorer sannolikt är avgörande, som rökning, matvanor och livsstil.

En annan egenskap som har diskuterats mycket på senare tid är kroppbyggnad och övervikt. Det ärftliga inflytandet för kroppbygg-

naden är 70-75 procent. Orsaken till att folk är olika tjocka beror således till stor del på genetiska skillnader mellan dem. Men som redan nämnts är det viktigt att förstå att även om arvet betyder mycket, så går det att påverka (se rutan på sidan 49).

Miljön bästa behandling

Den snabba utvecklingen inom molekylärgenetiken gör att man kommer att finna gener som styr variationer i beteenden och sjukdomar. Men även om man kan identifiera och förstå varför och hur gener bidrar till sjukdomar är det mycket långt kvar innan forskningen kommer fram till genterapier (som direkt förändrar vår arvs massa) på de områden där de eventuellt blir möjliga. Inom en förutsägbart framtid förblir miljön viktigast för att förebygga och behandla sjukdomar.

Tvillingstudier är också en av de bästa metoderna för att studera miljöfaktorer. I och med att vissa sjukdomar delvis har en genetisk bakgrund är det viktigt att kontrollera de ärftliga faktorerna. Just nu pågår ett antal studier på tvillingregistret där miljöfaktorer för hjärt-kärlsjukdom och cancer undersöks och där man använder enäggstvillingar för att ta hänsyn till ärftliga förhållanden.

Den genetiska forskningen kommer under de närmaste åren att fortsätta att öka vår förståelse av varför människor är olika i beteende och sjuklighet. Men livet kommer även i fortsättningen att vara en blandning av arv och miljö. ■

PAUL LICHTENSTEIN

ÄR DOCENT I GENETISK EPIDEMIOLOGI OCH

NANCY PEDERSEN

PROFESSOR I BETEENDEGENETIK,
INSTITUTIONEN FÖR MILJÖMEDICIN,
KAROLINSKA INSTITUTET I SOLNA,
DERAS FORSKNING FINANSIERAS AV BL A
MEDICINSKA FORSKNINGSRÅDET,
FORSKNINGSRÅDSNÄMNDEN,
SOCIALVETENSKAPLIGA FORSKNINGSRÅDET
OCH NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH.