

Udhëtimi i qelizave HeLa në kërkimin shkencor dhe diskursin etik

Autorë: Atika Karaj¹, Lejla Karaj¹, Marina Xhelollari¹, Migena Kaceli¹, Paola Visari¹, Paula Ndou¹, Teona Bushati^{2,3,4}

Institucionet:

1. Fakulteti i Mjekësisë, Universiteti i Ballkanit Perëndimor, Tiranë
2. Departamenti i Anatomisë Patologjike dhe Mjekësisë Ligjore, Fakulteti i Mjekësisë, UMT
3. Departamenti i Patologjisë, Spitali Amerikan, Tiranë
4. BS dhe ADI, Fakulteti i Mjekësisë, Universiteti i Ballkanit Perëndimor, Tiranë

Abstrakt

Qelizat HeLa, të nxjerra nga indi i kancerit të qafës së mitrës të pacientes Henrietta Lacks në Spitalin John Hopkins në vitin 1951, që atëherë janë bërë një gur themeli në kërkimin biomjekësor. Ky punim do të ofrojë një kuptim gjithëpërfshirës të qelizave HeLa dhe do të diskutojë rëndësinë e natyrës së tyre të pavdekshme dhe kapacitetit të jashtëzakonshëm përhapës. Karakteristikat që kanë lejuar zbulime pioniere të ndodhin midis një sërë disiplinash shkencore, duke filluar nga biologjia e kancerit, virologjia, zhvillimi i barnave dhe vaksinave. Me kalimin e kohës, qelizat HeLa kanë fituar aftësi të reja dhe kanë evoluar. Megjithatë, kanë qenë të pranishme raste të kontaminimit të kryqëzuar. Më poshtë vijon një analizë kritike, duke vlerësuar përfitimet e këtyre qelizave në lehtësimin e zbulimeve të ndryshme, duke shqyrtuar gjithashtu disavantazhet e mundshme në lidhje me besueshmërinë e të dhënave dhe riprodhueshmërinë e studimeve shkencore. Do të thellohem në dilemën etike që rrethon qelizat Henrietta Lacks, duke diskutuar mungesën e pëlqimit për indin e marrë, si dhe mos dijeninë e familjes së saj për këtë përparim shkencor. Do të trajtohen çështje kritike, përkatësisht pëlqimi i informuar, autonomia e pacientit dhe etika mjekësore. Si përfundim, diskutohet ndikimi i thellë i qelizave HeLa në avancimin e të kuptuarit tonë të biologjisë qelizore. Përmes një shqyrtimi gjithëpërfshirës të literaturës, kemi shpjeguar natyrën e adaptueshme të këtyre qelizave në lehtësimin e zbulimeve dhe shërbimin si mjete thelbësore për studiuesit në të gjithë botën. Përfaqësohet një qasje e ekuilibruar që respekton si vlerën shkencore të qelizave HeLa ashtu edhe dilemën etike.

Fjalët kyçe: HeLa, qelizat HeLa, vaksinat, kontaminimi i kryqëzuar, pëlqimi i informuar, dilema etike.

Fjalë kyçe: HeLa, qeliza HeLa, vaksina, ndotje ndërqelizore, pëlqim i informuar, dilemë etike

Hyrje

Në rrjetin kompleks të përparimeve biomedikale, historia e qelizave HeLa spikat jo vetëm për rëndësinë e saj shkencore, por edhe për pyetjet e thella etike që ajo ngre. Të përfutuara nga indi i kancerit të qafës së mitrës i Henrietta Lacks, pa pëlqimin e saj, në Spitalin Johns Hopkins në vitin 1951, këto qeliza janë bërë një bazë themelore në fushën e kërkimit mjekësor, duke kontribuar në një numër të konsiderueshëm zbulimesh dhe inovacionesh shkencore. [3]

Qelizat HeLa, të njohura për natyrën e tyre të pavdekshme dhe aftësinë e jashtëzakonshme për proliferim, kanë lejuar kryerjen e kërkimeve përtej kufijve tradicionalë, në fusha të tilla si biologjia e kancerit, virologjia dhe zhvillimi i barnave dhe vaksinave. Përshtatshmëria dhe qëndrueshmëria e tyre janë kanë kthyer në një burim të paçmuar për studiuesit, duke mundësuar përparime që dikur dukeshin të paarrtshme. Megjithatë, ndërsa thellohem në mrekullitë shkencore që janë arritur falë qelizave HeLa, përballë na dalin edhe sfida të rëndësishme, siç është ndotja ndërqelizore, e cila ka nxitur debat mbi besueshmërinë dhe riprodhueshmërinë e rezultateve kërkimore. [5]

Për më tepër, origjina e këtyre qelizave hedh një hije të gjatë mbi trashëgiminë e tyre shkencore, duke sjellë në vëmendje konsiderata etike me rëndësi themelore. Mungesa e pëlqimit të Henrietta Lacks dhe ndikimi i kësaj ngjarjeje te familja e saj kanë ngjallur diskutime të gjera rreth pëlqimit të informuar, autonomisë së pacientit dhe detyrimeve morale të komunitetit shkencor. [26] Këto janë shtylla të analizës sonë, teksa përpiqemi të kuptojmë ndikimin e gjerë të qelizave HeLa në praktikën etike të kërkimit mjekësor.

Rishikimi ynë i gjithanshëm shkon përtej arritjeve shkencore dhe sfidave praktike, për të eksploruar dilemën etike që mishërojnë qelizat HeLa. Duke ndërthurur kontekstin historik, përparimet shkencore dhe debatet etike, ky punim synon të paraqesë një qasje të balancuar që vlerëson kontributin e jashtëzakonshëm të qelizave HeLa në shkencë, ndërsa mbron integritetin etik dhe respektin për të drejtat individuale në kërkimin biomedikal. Përmes kësaj qasjeje të ndërgjegjshme, shpresojmë të nderojmë njëkohësisht trashëgiminë e Henrietta Lacks dhe punën e studiuesve të shumtë që falë qelizave HeLa kanë çuar më tej njohuritë mbi shëndetin dhe sëmundjet njerëzore.

Arritjet shkencore

Qelizat HeLa kanë dhënë një kontribut të jashtëzakonshëm në kërkimin biomedikal. Nëpër vite, shkencëtarët kanë mundur të bëjnë zbulime të rëndësishme që kanë ndikuar në kujdesin shëndetësor dhe kanë çuar në përparime të mëdha shkencore, falë këtyre qelizave të jashtëzakonshme. Disa nga arritjet më të rëndësishme përfshijnë: çrrënjosjen e poliomiellit, përmirësimin e teknikave të kultivimit qelizor, numërimin e kromozomeve, hartëzimin e gjenomit, zhvillimin e vaksinave kundër papillomavirusit njerëzor (HPV) dhe shumë të tjera.

Në fillim të shekullit të XX, poliomieliti ishte një nga sëmundjet më të frikshme, duke arritur kulmin në Shtetet e Bashkuara në vitin 1952. Megjithatë, falë qelizave HeLa, poliomieliti u çrrënjos me sukses. Qelizat HeLa rezultuan të ndjeshme ndaj virusit të poliomiellit dhe kishin aftësinë unike për t'u shumëzuar në masë, gjë që i bëri kandidatët idealë për testimin e një vaccine për çrrënjosjen e kësaj sëmundjeje. Ndryshe nga qelizat e tjera, HeLa lejonin studiuesit të analizojnë ndërveprimin e virusit me qelizat njerëzore pa i dëmtuar ato. [20]

Vaksina kundër poliomiellit nuk ishte e vetmja që u zhvillua me ndihmën e qelizave HeLa. Në vitet 1980 u zbulua se këto qeliza përmbanin kopje të shumta të virusit HPV-18, një nënloj që më vonë u identifikua si shkaktar i kancerit të qafës së mitrës. Ky zbulim thelbësor i mundësoi shkencëtarëve të lidhnin HPV-në me kancerin, duke hapur rrugën për krijimin e vaksinës kundër këtij virusi dhe për zhvillime të mëtejshme në studimet mbi kancerin e qafës së mitrës. [22]

Për më tepër, qelizat HeLa revolucionarizuan teknikat e kultivimit qelizor, falë pavarshmërisë së tyre. [28] Deri atëherë, studiuesit kishin vështirësi në mbajtjen e qelizave njerëzore në kulturë për periudha të gjata, por me zbulimin e qelizave HeLa, ata tashmë kishin një burim të vazhdueshëm qelizash që mund të rriteshin pafundësisht jashtë trupit të njeriut, duke lehtësuar dhe përshpejtuar procesin kërkimor.

Ndikimi i këtyre qelizave në botën shkencore ka qenë aq i thellë, sa që disa shkencëtarë kanë fituar çmime Nobel për zbulime që janë realizuar drejtpërdrejt ose tërthorazi falë qelizave HeLa. Ndër to përmendim:

- Studimi mbi telomeret nga Dr. Elizabeth Blackburn, Dr. Carol Greider dhe Dr. Jack Szostak (Çmimi Nobel në Mjekësi, 2009), ku u zbulua se në fund të çdo kromozomi gjendet një strukturë e quajtur telomer. [23]
- Dr. Harald zur Hausen për zbulimin se viruset mund të shkaktojnë kancer (Çmimi Nobel në Mjekësi, 2008), përmes kërkimeve me qeliza HeLa të infektuara me HPV. [24]

- Përparimet në mikroskopinë qelizore nga Dr. Eric Betzig, Dr. Stefan W. Hell dhe Dr. William E. Moerner (Çmimi Nobel në Kimi, 2014), duke përdorur qelizat HeLa për të vëzhguar rritjen qelizore në kohë reale. [25]

Kontaminimi

Pavarësisht të gjitha këtyre kontributeve dhe përparimeve të mëdha, gjatë gjithë historisë, ka pasur sfida me të cilat është përballur kultura e linjës qelizore HeLa, veçanërisht me kontaminimin. Ndërsa këto qeliza kanë kapacitet të madh përhapës dhe rritje të shpejtë të jashtëzakonshme, kjo ka rezultuar në tejkalimin e linjave të tjera qelizore. Aftësi të tilla i bëjnë ato të prirura për të kontaminuar linjat e tjera qelizore dhe kjo mund të ndodhë përmes grimcave ajrore ose transferimit aksidental gjatë trajtimit. [9] Pasi futen në një kulturë, qelizat HeLa riprodhohen shpejt dhe e dominojnë atë dhe zakonisht nuk vihen re, derisa eksperimentet të japin rezultate të papritura. Kontaminimi ka qenë problematik në kërkimin shkencor për arsye të ndryshme pasi mund të çojë në keqinterpretim të të dhënave eksperimentale. Studiuesit mund t'i atribuojnë pa dashje karakteristikat e studiuar në kulturat e kontaminuara qelizave origjinale që studiohen. Kjo çon në integritet eksperimental të kompromentuar pasi kontaminimi dëmton besueshmërinë dhe riprodhueshmërinë e gjetjeve të kërkimit. [4] Ndodhi të tilla kanë qenë të pranishme në historinë e kërkimit shkencor në qelizat HeLa. Në vitin 1966, gjenetisti Stanley Gartler dhe biologu i qelizave Walter Nelson-Rees zbuluan kontaminim të përhapur të linjave të shumta qelizore me qeliza HeLa. Ndërsa studiuesit donin të gjenin linja qelizore të ngjashme me Hela dhe me sa duket e bënë këtë, më vonë Gartler zbuloi se shumë nga ato linja qelizore ishin të kontaminuara nga Hela, që do të thotë se ato ishin thjesht më shumë qeliza HeLa. [3] Në një rast tjetër në vitet 1990, në kërkimin e virusit të papillomës njerëzore. Linjat qelizore në laboratorë supozohej se po studioheshin për papillomavirusin njerëzor, megjithatë, ADN-ja në këto linja qelizore tregoi modele hibridizimi karakteristike të ADN-së në linjën qelizore HeLa, duke sugjeruar që linjat qelizore ishin të kontaminuara me qeliza Hela. [1] Vështirësitë në kontrollin e kontaminimit janë të shumta. Natyra e vetë qelizave HeLa e vendos atë në një avantazh konkurrues ndaj linjave të tjera qelizore për shkak të qëndrueshmërisë së saj. Ato kanë një shkallë të shpejtë rritjeje krahasuar me çdo linjë tjetër qelizore, gjë që i bën ato të rriten më shpejt dhe të dominojnë çdo kulturë. Një karakteristikë tjetër që u jep atyre këto aftësi është përshtatshmëria e tyre ndaj një game të gjerë kushtesh kulture, duke përfshirë temperaturën, pH-in ose disponueshmërinë e lëndëve ushqyese. Këto qeliza ende mund të lulëzojnë në kushte shumë të ndryshme mjedisore dhe të përshtaten. Të gjithë këta faktorë forcojnë rezistencën e qelizave HeLa, duke i bërë ato edhe më të vështira për t'u zhdukur pasi të ndodhë kontaminimi. [2] Këto raste nxjerrin në pah natyrën gjithëpërfshirëse të qelizave Hela. Kontaminimi në kërkimin shkencor është një çështje që duhet të merret shumë seriozisht pasi dëmi që sjell nuk është i parëndësishëm. Zbatimi i masave rigoroze të kontrollit të cilësisë është thelbësor për të vërtetuar linjat qelizore dhe për të minimizuar problemet e kontaminimit të kryqëzuar. [7] Udhëtimi i kësaj linje qelizore ka qenë një udhëtim interesant në lidhje me një perspektivë shkencore. Ato kanë pësuar një evolucion të rëndësishëm gjenetik me

kalimin e kohës në përgjigje të shumë faktorëve, duke përfshirë procedurat e përzgjedhjes që hasen në kushtet e kulturës laboratorike. Ndryshime të tilla kanë qenë rezultat i kalimit të vazhdueshëm që potencialisht mund t'i dallojë ato nga linja qelizore origjinale. Mutacionet në gjenet rregullatore të ciklit qelizor dhe rrugët apoptotike janë ndryshime evolucionare që lejojnë qelizat HeLa të shumohen me shpejtësi, të rriten dhe të anashkalojnë pikat normale të kontrollit qelizor. [17] Mutacionet në gjenet rregullatore si TP53 dhe RB1, janë pjesë e aspektit evolucionar të këtyre qelizave. Ato gjithashtu mund të kenë pësuar anomali kromozomale dhe amplifikime të gjeneve që kontribuojnë në natyrën e tyre të pavdekshme dhe rritjen e shtuar. Për t'u përshtatur kushteve laboratorike, qelizat HeLa kanë marrë mutacione që optimizojnë mbijetesën e tyre in vitro. Për ta arritur këtë, kanë ndodhur ndryshime në rrugët metabolike për të përmbushur kërkesat për energji të shoqëruara me përhapjen e shpejtë, si dhe zhvillimin e rezistencës ndaj stimujve apoptotikë dhe stresorëve qelizorë. [19] Gjatë këtij udhëtimi tërheqës evolucionar, qelizat HeLa kanë fituar aftësi të reja që nuk i kanë pasur që nga fillimi. Ato kanë demonstruar aftësi të zgjeruara përhapëse, për shkak të mutacioneve në gjenet rregullatore të ciklit qelizor. Përveç kësaj, është treguar se ato formojnë tumore në modelet shtazore që shfaqin veti pushtuese që nuk janë të pranishme në linjën origjinale qelizore. Kjo aftësi nxjerr në pah potencialin tumorogjenik të HeLa pasi ato mund të përdoren si modele për të studiuar përparimin dhe metastazën e kancerit. Ato gjithashtu kanë zhvilluar rezistencë ndaj ilaçeve ndaj agjentëve kimioterapeutikë të përdorur zakonisht. [12] Kjo potencialisht ka ndodhur përmes mutacioneve në objektivat e ilaçeve ose blerjes së pompave të rrjedhjes së ilaçeve. Megjithatë, kjo aftësi paraqet sfida për përdorimin e qelizave HeLa në studimet e ilaçeve ose strategjitë e trajtimit të kancerit.

Kontradiktat etike

Ndërsa të gjitha këto përparime kanë qenë me rëndësi të madhe në fushën e kërkimit biomjekësor, është thelbësore të mos harrojmë historinë e Henrietta Lacks dhe se si këto kontradikta etike duhet të nxirren në pah dhe t'u jepet vëmendja e merituar. Gjatë gjithë kohës që Henrietta Lacks u diagnostikua me kancer të qafës së mitrës, ajo po merrte trajtim në Spitalin Universitar Johns Hopkins, ku mostrat e indeve të saj u morën nga mjekët pa lejen e saj për qëllime studimi. [27] Studiuesit kishin kohë që tentonin të rritnin qeliza njerëzore jashtë trupit dhe menjëherë u vërtetua se qelizat HeLa, të etiketuara kështu bazuar në inicialet e emrit dhe mbiemrit të saj, kishin potencialin e rritjes dhe ndarjes së vazhdueshme. Historia e Henrietta Lacks nxjerr në dritë një çështje thelbësore të autonomisë dhe pëlqimit të pacientit, veçanërisht kur bëhet fjalë për procedurat mjekësore. Pëlqimi i informuar shkon përtej të qenit një formalitet i thjeshtë ligjor; është një parim etik jetësor që mbështet autonominë e pacientit dhe nxit besimin në marrëdhënien profesionist të kujdesit shëndetësor-pacient. Ai nderon të drejtën e një individi për të marrë vendime të informuara në lidhje me trupin dhe kujdesin shëndetësor të tij, duke njohur autonominë e tij dhe duke vlerësuar kontributin e tij në vendimet mjekësore. Rasti i Henrietta Lacks ngre pyetje rreth asaj se kur pëlqimi i pacientit është i detyrueshëm në kërkim dhe roli i donatorëve të kontrollit në lidhje me informacionin e tyre gjenetik. Jeta e Henriettës dhe fëmijëve të saj është vazhdimisht

e ekspozuar ndaj publikut dhe përdoret për kërkime mjekësore pa pëlqimin e tyre. Kjo thekson rëndësinë e pëlqimit të informuar si pjesë e autonomisë së pacientit. [26] Një shqetësim tjetër etik që lind kur diskutohet udhëtimi i qelizave HeLa është ndikimi në familjen e Henrietta Lacks. Përveç faktit se atyre nuk iu kërkua miratimi, ata nuk morën asnjë përfitim financiar. Ndërsa kompanitë bioteknologjike kanë përfituar me bollëk nga shitja e qelizave HeLa, familja Lacks ka luftuar varfërinë dhe ka luftuar me shpenzimet e kujdesit shëndetësor. [29] Përveç kësaj, zbulimi i informacionit të tyre privat gjenetik dhe mjekësor ndaj grupeve të shumta kërkimore pa pëlqimin e tyre ka pasur një ndikim të drejtpërdrejtë në anëtarët e gjallë të familjes. Kjo çështje u bë edhe më e rëndësishme kur studiuesit zbuluan identitetin e fëmijëve të Lacks në gjetjet e tyre të publikuara. [27] Pa dyshim, qelizat HeLa revolucionarizuan kërkimin mjekësor dhe kanë qenë një mjet thelbësor në rritjen e kuptimit të shëndetit dhe sëmundjeve të njeriut. Ato ishin thelbësore dhe ofruan informacion thelbësor për zhvillimin e shumë vaksinave dhe trajtimeve në mjekësinë moderne. Megjithatë, procesi i marrjes së këtyre qelizave shkeli parimet etike të pëlqimit të informuar dhe autonomisë. Ndërsa vazhdojmë të përparojmë në mjekësi, duhet të mbështesim parimet e autonomisë së pacientit dhe transparencës në praktikën kërkimore. Duke mësuar nga gabimet e së kaluarës, mund të sigurohemi që përparimet e ardhshme mjekësore të arrihen në mënyrë etike dhe me respektin maksimal për të drejtat dhe dinjitetin individual.

Përfundime

Historia e qelizave HeLa përbën një mozaik kompleks përparimesh shkencore, zbulimesh të jashtëzakonshme dhe dilemash etike të thella. Përdorimi i gjerë i këtyre qelizave, falë përshtatshmërisë dhe kapacitetit të tyre për proliferim, ka revolucionarizuar kuptimin tonë mbi proceset themelore biologjike dhe ka mundësuar arritje të nivelit të lartë në mjekësi.

Duke u nisur nga kontributi i pavetëdijshëm i Henrietta Lacks, HeLa është bërë një nga linjat qelizore më të përdorura dhe me ndikim në kërkimin biomjekësor. Përshtatshmëria dhe qëndrueshmëria e linjës qelizore HeLa kanë mundësuar zbulime të shumta inovative nga zhdukja e poliomelitit, përmirësimi i praktikave të kulturës qelizore, numërimi i kromosomeve, hartëzimi i gjenomit, vaksinat kundër papillomavirusit njerëzor (HPV) deri te kërkimi kundër kancerit dhe shumë më tepër.

Me kalimin e kohës, qelizat HeLa kanë evoluuar gjenetakisht në përgjigje të kushteve të laboratorit, duke u larguar potencialisht nga linja origjinale, me mutacione që lejojnë rritje të shpejtë dhe anashkalimin e kontroleve normale qelizore. Është gjithashtu e rëndësishme të theksohet se pavarësisht kontributeve dhe përparimeve të saj, linja qelizore HeLa është përballur me sfida, veçanërisht kontaminim, për shkak të rritjes së saj të shpejtë dhe aftësisë për të tejkaluar linjat e tjera qelizore, shpesh pa u vënë re derisa eksperimentet të japin rezultate të papritura, duke kompromentuar integritetin eksperimental dhe besueshmërinë e kërkimit. Megjithatë, krahas rëndësisë së tyre shkencore, historia e qelizave HeLa nxjerr në pah edhe konsiderata të rëndësishme etike, të tilla si autonomia dhe pëlqimi i pacientit, veçanërisht në procedurat mjekësore. Jeta e

pavdekshme e Henrietta Lacks qëndron si një simbol i pamohueshëm i shfrytëzimit në historinë e mjekësisë dhe një dëshmi e rëndësisë dhe domosdoshmërisë së udhëzimeve dhe rregulloreve etike në këtë fushë.

References

1. Ogura, H. Et al. (1997) "Detection of Hela cell contamination--presence of human papillomavirus 18 DNA as Hela marker in JTC-3, OG and OE cell lines" PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9556756/>
2. Lucey, PB. Et al. (2009) "Henrietta Lacks, Hela cells, and cell culture contamination" PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19722756/>
3. Nott, R. (2020) "Hela Cell Line" Embryo Project Encyclopedia <https://embryo.asu.edu/pages/Hela-cell-line>
4. Horbach, SPJM & Halffman W. (2017) "The ghosts of Hela: How cell line misidentification contaminates the scientific literature" PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5638414/>
5. Nott, R. (2021) "Hela Cells 50 Years On: The Good, The Bad, and The Ugly" (2002), by John R. Masters" Embryo Project Encyclopedia <https://embryo.asu.edu/pages/Hela-cells-50-years-good-bad-and-ugly-2002-john-r-masters>
6. Gartler, SM. (1968) "Apparent Hela cell contamination of human heteroploid cell lines." Nature <https://www.nature.com/articles/217750a0>
7. Masters, J. (2012) "End the scandal of false cell lines." Nature <https://www.nature.com/articles/492186a>
8. American Type Culture Collection Standards Development Organization Workgroup. (2012) "Cell line misidentification: the beginning of the end." Nature <https://www.nature.com/articles/nrc2852#citeas>
9. Stacey, G.N. (2011) "Cell Culture Contamination" PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21516399/>
10. Frattini, A. (2015) "High variability of genomic instability and gene expression profiling in different Hela clones" PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4613361/>
11. Robey, RW. Et al. (2018) "Revisiting the role of ABC transporters in multidrug-resistant cancer." PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6622180/>

12. Wang, H. Et al. (2019) “Establishment of a drug-resistant human cervical cancer cell line and research on its drug-resistance.” PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31898651/>
13. Yang, Z. Et al. (2023) “Design and Synthesis of Novel α -Methylchalcone Derivatives, Anti-Cervical Cancer Activity, and Reversal of Drug Resistance in HeLa/DDP Cells.” PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38067428/>
14. Haldavnekar, R. Et al. (2022) “Tracking the Evolution of Metastasis with Self-Functionalized 3D Nanoprobes.” PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35316034/>
15. Hossain, S. et al. (2018) “The RASSF6 Tumor Suppressor Protein Regulates Apoptosis and Cell Cycle Progression via Retinoblastoma Protein.” PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29891515/>
16. Zhang, P. Et al. (2017) “Leukemia-associated gene MLAA-34 reduces arsenic trioxide-induced apoptosis in Hela cells via activation of the Wnt/ β -catenin signaling pathway.” PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5653344/>
17. Ivanković, M. Et al. (2007) “Telomerase activity in Hela cervical carcinoma cell line proliferation. Biogerontology.” PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16955216/>
18. Hayashi, S. Et al. (2021) “Transcription Factor Homeobox D9 Drives the Malignant Phenotype of HPV18-Positive Cervical Cancer Cells via Binding to the Viral Early Promoter” PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34572841/>
19. Landry, J.J.M. Et al. (2013) “The genomic and transcriptomic landscape of a Hela cell line.” PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23550136/>
20. Turner, T. (2012) “Development of the polio vaccine: a historical perspective of Tuskegee University's role in mass production and distribution of Hela cells.” PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4458465/>
21. Harris, H. Et al. (1965) “Mitosis in Hybrid Cells Derived from Mouse and Man” Nature <https://nature.com/articles/207606a0>
22. Xiao, C.Y. Et al. (2015) “Observations on the expression of human papillomavirus major capsid protein in Hela cells.” PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4461987/>
23. Press release. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2024. Sun. 14 Apr 2024. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2009/press-release/>
24. Harald zur Hausen – Facts. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2024. Sun. 14 Apr 2024. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2008/hausen/facts/>
25. The Nobel Prize in Chemistry 2014. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2024. Sun. 14 Apr 2024. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2014/summary/>

26. GLP Digital (2013) "Your DNA in death: Reflections on the Henrietta Lacks bioethics controversy" Genetic Literacy Project <https://geneticliteracyproject.org/2013/04/01/your-dna-in-death-reflections-on-the-henrietta-lacks-bioethics-controversy/>
27. Caulfield, T. & McGuire, A.L. (2013) "Policy uncertainty, sequencing, and cell lines." PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737160/#bib14>
28. Svalastog, A.L. & Martinelli, L. (2013) "Representing life as opposed to being: The bio-objectification process of the HeLa cells and its relation to personalized medicine" PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3763245/>
29. Beskow, LM. (2016) "Lessons from HeLa Cells: The Ethics and Policy of Biospecimens." PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5072843/>
30. Szego, M.J. Et al. (2013) "Building trust in 21st century genomics." PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737161/>