

Clone Robotics: Humanoidní robot s biomimetickými svaly a „srdcem“ poháněným vodou

1. Historie vývoje Clone Robotics

Projekt **Clone Robotics** začal formálně kolem roku 2021 v Polsku, ale jeho technické kořeny sahají hlouběji. Spoluzakladatel a CTO Lucas (Łukasz) Kozlik již od roku 2014 experimentoval se zlepšením umělých svalů typu McKibben a biomechanikou lidské kostry (Clone Robotics: A company that can produce bionic robots similar to ...). V roce 2021 byla firma oficiálně založena (původně pod názvem *Automaton Robotics*) a zaměřila se na konstrukci levných humanoidů s co nejvěrnější lidskou anatomií (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800) (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science). Prvním milníkem vývoje se stala robotická ruka „Clone Hand“, na níž tým pracoval osm let a která byla představena ve své 18. verzi počátkem roku 2023 (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800). Tato biomimetická ruka obsahuje umělé kosti, vazy a svaly a disponuje 27 stupni volnosti pohybu, čímž napodobuje složitost lidské ruky (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800).

Vývoj Clone Hand přilákal počáteční investice více než 640 000 USD (mimo jiné od Trevora Blackwella z Y Combinator) a zájem výzkumných laboratoří – 16 špičkových pracovišť si prototyp ruky předobjednalo už v roce 2023 (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800). Ve stejném roce firma spustila crowdfundingovou kampaň a zahájila práce na dalším tělesném segmentu – humanoidním **trupu** se 124 umělými svaly (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800). Koncem roku 2024 Clone Robotics předvedla funkční horní polovinu humanoida přezdívanou **Clone Torso**, zahrnující páteř, krk, dvě paže s rukama a „kůži“ bílé barvy (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science). Video ukazující tento hrudní segment, jak se trhavými pohyby probouzí k životu, vyvolalo velkou pozornost a přirovnání k seriálu *Westworld* (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science).

Na začátku roku 2025 firma představila celého prototypického humanoida **Protoclone** – bezhlavou postavu zavěšenou na rámu, která realisticky cuká končetinami díky více než 1000 umělým svalům (Humanoid ‘Protoclone’ robot twitches into action while hanging from ceiling in viral video | Live Science). Krátký klip zveřejněný na síti X (Twitter) se stal virálním (desítky milionů zhlédnutí) a vyvolal směr úžasu a zděšení z její „živosti“ (Humanoid ‘Protoclone’ robot twitches into action while hanging from ceiling in viral video | Live Science). Následně Clone Robotics oznámila limitovanou edici **Clone Alpha** – prvních 279 kusů komerčního humanoida, určených k rezervaci pro zájemce. Do této fáze však firma stále veřejně nepředvedla plně integrovaného robota při samostatné chůzi či komplexní činnosti a panuje určitá skepse, dokud neukáže schopnosti Alpha v reálném světě (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Syn-

thetic Organs and Artificial Muscles) (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles).

2. Technologie „svalů“ a „srdce“

Stěžejní inovací Clone Robotics je **biomimetický svalový systém** nazvaný *Myofiber*. Jde o umělé svaly inspirované pneumatickými svaly typu McKibben, které napodobují stavbu lidské svalové tkáně. Každý takový „sval“ má formu ohebné trubice (síťovitého pouzdra) s vnitřním elastickým vakem. **Princip funkce** je podobný biologickému svalů: když se do vnitřního vaku napumpuje tekutina (či plyn), vak se rozpíná do stran a díky obalu se sval po délce smrští – tedy vykoná stah podobně jako svalové vlákno. Tato konstrukce umožňuje dosáhnout výrazné síly kontrakce při relativně nízké hmotnosti svalového prvku. Clone Robotics uvádí, že jediný 3g umělý sval Myofiber dokáže vyvinout kontrakční sílu kolem 1 kg a zkrátit se o více než 30 % během pouhých 50 ms (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles), což jsou parametry srovnatelné či lepší než u skutečných kosterních svalů. Svaly jsou navíc vyrobeny monoliticky i s „šlachami“ (úchytnými konci), čímž se eliminují slabá místa a zvyšuje se jejich životnost. V testech prototypů vydržely tyto svaly zhruba **650 000 stahů** bez poškození (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800).

Pohonným systémem těchto svalů je centrální čerpadlo – „umělé srdce“ robota. Clone Alpha využívá **500W elektrické čerpadlo**, které cykluje kapalinu (destilovanou vodu nebo hydraulickou kapalinu) uzavřeným „cévním“ okruhem robota. Čerpadlo dokáže dodat průtok kolem 40 litrů za minutu a tlak okolo 100 psi (0,7 MPa), což odpovídá potřebám pro synchronní pohyb všech hlavních svalových skupin. Toto kompaktní „srdce“ tak plní obdobnou úlohu jako lidské – zásobuje svaly „krví“ (v tomto případě tlakovou kapalinou) a umožňuje jim vykonávat práci. V těle robota rozvádí tekutinu síť hadiček (*cévy*), ventily regulují směr a tlak v jednotlivých svalových okruzích.

(Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science) **Obr. 1:** Horní polovina humanoida Clone Robotics s odhalenou strukturou žeber a svalových vláken. Bílé trubicovité útvary představují umělé svaly Myofiber, upevněné na kostře z polymerních „kostí“ (žebra, končetiny). Uprostřed hrudníku jsou patrné komponenty čerpacího a ventilového systému, které fungují jako „cévní“ a „oběhová“ soustava robota (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles) (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science). *Tento biomorfní design se výrazně liší od tradičních robotů s elektromotory a převody – místo nich používá měkké, kapalinou poháněné svaly, podobně jako živý organismus* (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles).

Celý hydraulický systém je navržen tak, aby byl **uzavřený a vodou chlazený**. Odpadní teplo z motoru čerpadla a tření svalů je odváděno cirkulující kapalinou. Firma dokonce zmiňuje, že robot využívá princip podobný pocení – při

zahřívání se uvolňuje voda k ochlazení systému, čímž stabilizuje vnitřní teplotu při dlouhodobém provozu (Synthetic Human Features 1,000 Artificial Muscles, Sweat-Like Cooling System). Hydraulický okruh je napájen buď z externího zdroje, nebo z vestavěné baterie. U dřívějšího Torso prototypu byl použit **bateriově napájený hydraulický systém s flexibilním rezervoárem vody**, který robot nosil uvnitř trupu (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science). To umožňuje provoz bez připojené hadice, i když zatím s omezenou výdrží (řádově jednotky hodin). Celkově tvoří svaly, čerpadlo, hadice a ventily integrální *syntetický muskuloskeletální a kardiovaskulární systém*, jenž je z hlediska koncepce velmi blízko biologickému tělu.

3. Výkonové parametry systému

Navzdory použití měkkých prvků dosahuje robot Clone působivých **výkonových parametrů** srovnatelných s člověkem. Každá ruka obsahuje 37 umělých svalů a dokáže vyvinout úchopovou sílu postačující k zvednutí zhruba **7kg břemene** (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800) (cca 15 liber). Již v roce 2021 demonstroval prototyp paže zvednutí 7kg činky pomocí vodou poháněných svalů (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles), což potvrdilo vysokou silovou hustotu Myofiber technologie. Celý humanoidní robot Protoclone je osazen více než **1000 svalovými vlákny**, což mu (po dokončení vývoje) teoreticky dává sílu a pohyblivost všech hlavních svalových skupin lidského těla. Klíčová metrika je poměr síly k hmotnosti – díky lehkým materiálům (uhlíková kostra, polymerové svaly) dosahuje robot vysoké **force-to-weight** účinnosti. Například soubor svalů v jednom prstu váží jen pár set gramů, ale unese řádově kilogramy zátěže.

Rychlost a odezva pohybu jsou také překvapivě dobré. Umělé svaly se umí stáhnout o desítky procent délky během ~50 milisekund (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles), což odpovídá rychlému reflexnímu pohybu. Clone uvádí, že prsty ruky mohou pohybovat až nadlidskou rychlostí (tzv. *superhuman speeds* v demonstracích). Výsledný pohyb končetin je plynulý, i když u raných prototypů byl zatím částečně trhavý vlivem nedokonalého řízení tlaku (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science). Přesnost a jemnost pohybu zajišťují senzory – každý sval má proprioceptivní čidla tlaku, takže robot cítí, jakou silou zabírá (Humanoid ‘Protoclone’ robot twitches into action while hanging from ceiling in viral video | Live Science). Kombinací 320 tlakových senzorů (ve svalech), 70 inerciálních jednotek (pro snímání polohy kloubů) a 4 depth kamer v hlavě získá systém **500+ senzorických vstupů**, které neustále informují o stavu těla a okolí (Humanoid ‘Protoclone’ robot twitches into action while hanging from ceiling in viral video | Live Science). Díky tomu lze dosáhnout precizní kontroly pohybu a interakce s prostředím v reálném čase.

Kinematika a rozsah pohybu: Clone Alpha má kompletní anatomickou kostru se všemi odpovídajícími klouby. Plánovaný počet stupňů volnosti (*DoF*)

je přes **200 DoF** pro celé tělo. Jen horní polovina těla (torzo, paže, krk, prsty) zahrnuje 164 artikulovaných spojů (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles). Každá paže s rukou má kolem 26 stupňů volnosti (rameno 3, loket 1, zápěstí ~2, prsty celkem 20+) (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles), takže může provádět prakticky všechny pohyby jako lidská končetina – rotace ramen, ohyb loktů, úchopy rukou atd. Klouby byly navrženy tak, aby měly obdobný rozsah jako lidské (např. loket ~150°, koleno ~130°, rotace hlavy ~180° apod.), přičemž nechybí ani pohyblivá páteř a ohebné kotníky pro přirozenou chůzi. Při plném osazení by tedy robot měl disponovat obdobnou pohyblivostí jako člověk (uvádí se 206 kostí a jen méně nezbytných srůstů).

Energie a výdrž: Velkou otázkou je výdrž baterií při tak výkonném hydraulickém pohonu. Clone Alpha integruje poměrně silné čerpadlo (500 W) a stovky ventilů, což znamená značnou spotřebu energie. Konkurenti uvádějí u podobně velkých humanoidů zatím spíše hodinové jednotky provozu – např. čínský robot SE01 má baterii zhruba na **2 hodiny provozu** (China's humanoid robot stuns Nvidia and SenseTime with human-like walk). Lze očekávat, že první verze Clonu zvládnou fungovat samostatně **1–2 hodiny na jedno nabití**, v závislosti na zátěži. Při méně náročných činnostech (stání, pomalá chůze) může výdrž stoupnout, zatímco intenzivní činnost (zdvihání těžkých předmětů, rychlý běh) baterii vybije rychleji. Robot je koncipován tak, že se sám dojede dobít do dokovací stanice, když energie klesne. Zatímco laboratorní demonstrace probíhaly často s připojeným napájením či hadicí, finální produkt by měl být zcela bezdrátový – nosit baterie a zásobník kapaliny v trupu (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science). Pro dlouhodobý provoz (např. celodenní práce) by však bylo nutné buď podstatně zlepšit kapacitu baterií, nebo umožnit výměnu akumulátorů během dne.

4. Unikátnost konceptu Clone Robotics

Na trhu humanoidních robotů se objevuje řada nových projektů (Tesla **Optimus**, Figure **01**, Apptronik **Apollo**, Agility **Digit** aj.), ale přístup Clone Robotics je v mnoha ohledech **jedinečný**. Většina konkurentů spoléhá na tradiční pohony – elektromotory v kloubech, servopohony a pevné mechanické převody. Naproti tomu Clone vsadil na **syntetické „orgány“**: vytvořil umělé svaly, šlachy a kosti a spojil je do funkčního celku poháněného kapalinou (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles). Tento biomorfní design vychází z předpokladu, že k dosažení lidské obratnosti a adaptabilní motoriky je nejlepší napodobit samotnou lidskou anatomii. Clone Alpha má proto namísto převodovek měkké svaly a namísto centrálního motoru síť drobných aktorů po těle. Takový systém je **poddajný (compliant)** – má přirozenou pružnost, tlumí nárazy a interakce podobně jako živé svaly. To mu dává potenciální výhodu v bezpečné spolupráci s lidmi a ve využití existujících nástrojů určených pro lidskou ruku.

Dalším unikátem je **snaha o plnou antropomorfii** – Clone má všech 206

analogů lidských kostí a zhruba 200 stupňů volnosti, tedy i mnohem jemnější pohyby než běžní humanoidi. Například lidská ruka je extrémně složitá a jen málokterý robot ji dokáže napodobit – londýnská firma Shadow Robot sice vyvinula vysoce sofistikovanou robotickou ruku, ale ta stojí přes 116 000 USD a využívá konvenční servomotory. Clone Hand oproti tomu dosahuje podobné obratnosti s hydraulickými svaly a materiálové náklady jsou pod 3 000 USD (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800). **Dostupnost vs. výkon** je tedy zásadní odlišností – Clone se zaměřil na cenově dostupnou konstrukci ze snadno zpracovatelných materiálů (uhlíkový kompozit, silikon, umělá vlákna), což by mu mohlo v budoucnu umožnit vyrábět humanoidy výrazně levněji než konkurence (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800).

Koncept Clone Robotics je v současnosti ojedinělý. Historicky se *umělé svaly* zkoumají dlouho – od gumových „Rubbertuatorů“ japonské firmy Bridgestone v 80. letech po různé měkké roboty v akademické sféře – ale žádná jiná společnost zatím nepostavila kompletního humanoida, který by na těchto principech fungoval. Nejblíže má patrně výzkum v Japonsku a USA v oblasti *soft robotics*, nicméně většina komerčních humanoidů (Tesla, Figure, Agility, Honda Asimo dříve) zůstává u pevné mechaniky. Clone tak vytvořil první **bipedální muskuloskeletální android** na světě. Firma sama to marketingově přirovnává k projektu *Westworld* (realizace fikce) a média zmiňují „démony spánkové paralýzy“ či „strašidelnost“ tohoto přístupu. Odlišnost od ostatních je tedy i v tom, jak věrně (a pro někoho děsivě) robot připomíná skutečné lidské tělo.

Z pohledu konkurence se Clone také liší **cílovým zaměřením**. Například Tesla Optimus je prezentován jako jednoduchý robot pro rutinní úkoly a Elon Musk míří na cenu kolem 20 000 USD za kus, přičemž nepotřebuje plnou lidskou pohyblivost. Boston Dynamics **Atlas** je zase dynamicky vyvážený humanoid s hydraulickými pohony, který ale nemá ruce a slouží hlavně jako výzkumná platforma pro pohyb v terénu. Clone naproti tomu cílí na **univerzálního asistenta** s lidskou zručností – chce jedním designem pokrýt široké spektrum úkolů, které dnes zvládá člověk. To je nesmírně náročná meta, ale pokud by se jí podařilo dosáhnout, mohl by takový robot převzít jakoukoli práci, **kteřou lidé nechtějí dělat** (což je ostatně motto zakladatelů) (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800). V tom spočívá unikátnost Clone Robotics – podstoupili riziko složitého řešení s vírou, že výsledek (tj. skutečně lidsky schopný stroj za nízkou cenu) přinese revoluci v robotice.

5. Tržní postavení a dopad na robotiku

Clone Robotics vstupuje na trh humanoidních robotů ve specifické pozici novátora s vysokým potenciálním dopadem. Pokud se podaří jejich koncept dotáhnout, mohl by významně **ovlivnit způsob využití robotů** v průmyslu i domácnostech. Firma prezentuje své humanoidy jako AI-enabled učící se zařízení, která pomohou v domácnosti. Robot Clone Alpha je koncipován jako „domácí společník“ a **pomocník** pro jednotlivce i firmy. V propagačních

materiálech se uvádí, že by zvládl podávat a ukládat předměty, následovat uživatele po bytě, podávat ruku hostům, nalévat nápoje, dělat sendviče, uklízet prádlo, vysávat podlahy či manipulovat s nádobím. Taková všestrannost by z něj učinila skutečného „**robotického sluhu**“ pro běžné domácí práce. Pokud by Clone fungoval spolehlivě, mohl by proměnit péči o domácnost podobně, jako to kdysi udělala pračka nebo myčka – robot by převzal nudné a namáhavé činnosti, zatímco lidem by zbyl čas na kvalifikovanější práci či odpočinek.

V průmyslovém sektoru vidí Clone Robotics uplatnění svých humanoidů jako **flexibilních pracovníků** na výrobních linkách a v logistice. Díky humanoidní formě by mohli obsluhovat stávající stroje a používat nástroje navržené pro lidské ruce (Hand – Clone), bez nutnosti draze přestavovat infrastrukturu. Spoluzakladatel Dhanush R. zmiňuje, že roboti Clone by mohli zastoupit lidské ruce při montáži, balení nebo přesunech objektů v továrnách (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science). Tím, že mají podobnou velikost a sílu jako člověk, zapadnou do existujících provozů – vejdou se do dveří, dosáhnou na police, unesou bedny. V prostředí s nedostatkem pracovní síly (např. noční směny, nepopulární manuální práce) by takový **androidní dělník** mohl být velmi žádaný. Firma vysloveně uvádí, že chce humanoidy nasadit všude tam, kde jsou potřeba lidské ruce, ale lidí není dost (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science).

Další oblastí je **služby a péče**. Humanoid, který je schopen interakce s lidmi, by mohl pracovat jako recepční, nosič zavazadel v hotelu, asistent v obchodě nebo pečovatel. Clone díky jemné motorice dokáže manipulovat s drobnými předměty, otevřít dveře, uvařit jednoduché jídlo či podat léky. V kombinaci s AI pro rozpoznávání řeči a obličejů by mohl komunikovat se zákazníky či pacienty přirozeným způsobem. Zmíněn byl i potenciál v **medicínském reha-bilitaci** formou teleoperace – pacient by ovládal robota na dálku a procvičoval tím své svaly, což by umožnilo rehabilitaci bez rizika poranění pacienta (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science). Také nebezpečné úkoly jako dekontaminace v chemických provozech, manipulace s odpady nebo zásahy u požárů by mohli převzít humanoidi, čímž by se chránily lidské životy. Například výzkumníci z NVIDIA naznačili využití humanoidů při hašení kalifornských požárů v těžkém terénu.

Z hlediska **tržního postavení** je však nutno říci, že Clone Robotics je zatím ve fázi prototypů a omezené série. Konkurence nespí – Tesla intenzivně vyvíjí svého Optimuse (má již funkční prototypy) a další startupy jako **Figure AI** či **Engineered Arts** také představily humanoidní roboty. Clone se od nich odlišuje technologií, ale bude muset prokázat spolehlivost a bezpečnost svého řešení, aby si získal důvěru trhu. Pokud uspěje, **mohl by změnit paradigma**: ukázat, že humanoid může být skutečně užitečný a ekonomicky provozovatelný. To by mohlo odstartovat **novou éru robotiky**, kde se místo specializovaných strojů (ramena ve fabrikách, servisní robůtci na kolečkách) prosadí univerzální humanoidi schopní učit se a přizpůsobit různým úkolům. Taková změna by mohla být podobně převratná jako nástup osobních počítačů – roboti by pronikli

do mnoha odvětví a domácností, což by zvýšilo produktivitu, ale také vyvolalo společenské otázky ohledně zaměstnanosti a etiky. Zatím je Clone Alpha prezentován jako *domácí pomocník*, ale v dlouhodobé vizi zakladatelů představuje první krok k „světu Klonů“, kde inteligentní androidi řeší běžné problémy denního života.

6. Konkurence v Číně

Čína patří k lídrům ve vývoji robotiky, a tak není překvapivé, že se tam rodí i projekty podobné Clone Robotics. Přímo identický koncept biomimetických svalů sice zatím čínská firma veřejně nepředstavila, ale v jiných aspektech drží čínští vývojáři krok či náskok. Pozornost nedávno vzbudila společnost **Engineered AI (EngineAI)** se sídlem v Shenzhen. Ta v říjnu 2024 odhalila humanoidního robota **SE01**, který zaujal plynulou, přirozenou **chůzí po ulici** – natolik realistickou, že ji někteří na sociálních sítích považovali za CGI trik. SE01 je velký zhruba jako dospělý člověk (170 cm, 55 kg) a je určen pro průmyslové i domácí aplikace. Pohání ho ovšem tradiční elektromechanické aktuátory (klasické motory v kloubech) a řídí ho pokročilý algoritmus natrénovaný pomocí **reinforcement learning** v simulaci. Jeho chůze tedy není výsledkem umělých svalů, ale špičkového řízení motorů a vyvažování – přesto vynesla SE01 přívlastko „nejlidsky chodící robot“ na čínském internetu. EngineAI se navíc opírá o silné investory (SenseTime a další) a deklaruje důraz na **nízkonákladové masové řešení** pro čínský trh. Některé parametry SE01 jsou podobné Clone Alpha: uvádí se 32 stupňů volnosti (méně než Clone, což značí jednodušší ruce), životnost přes 10 let a baterie s výdrží kolem **2 hodin** provozu (China’s humanoid robot stuns Nvidia and SenseTime with human-like walk). SE01 tedy představuje v Číně významnou konkurenci v oblasti humanoidů, byť technicky jde jinou cestou.

Kromě EngineAI existují v Číně i další humanoidní projekty. Například robot **STAR1** od firmy **Robot Era** dosáhl titulku jako „nejrychlejší humanoid světa“ – s pomocí tenisek uběhl v testu rychlost ~8 mph (13 km/h) v Gobi poušti (Chinese scientists build fastest humanoid robot in the world — it can run at 8 mph | Live Science). Zde šlo opět o klasický motorický pohon, cílící na rychlost a outdoor odolnost spíše než biomimetiku. Známý je též model **Walker X** od firmy UBTECH a experimentální **CyberOne** od Xiaomi – oba jsou duhou servo-humanoidů pro chůzi a interakci, prezentované v letech 2021–2022. Tyto projekty však zatím nepřekročily fázi exhibičních prototypů a výkonově se neodlišují od západních konkurentů.

Zajímavé je, že **čínské vědci intenzivně zkoumají i samotné umělé svaly**. V listopadu 2024 ohlásil tým z Čínské akademie věd (CAS) průlom v oblasti **uhlíkových umělých svalů**. Vyvinuli sval z tenkého filmu zvaného *hydrogenated graphdiyne*, inspirovaný spirálovou strukturou motýlí sosáku. Tento sval se dokáže reverzibilně a rychle deformovat při změně konfigurace uhlíkových vazeb, a unese až 11-násobek své vlastní váhy. Navíc funguje i při teplotách kolem -25 °C. Ačkoliv jde zatím o laboratorní prototyp pro mikrorobotiku, ukazuje to

směr, kterým se Čína ubírá – hledání nových materiálů pro **výkonné a odolné umělé svaly**. Lze tedy očekávat, že v budoucnu by se mohly objevit i čínští humanoidi s biomimetickými svaly, využívající například elektroaktivní polymery nebo uhlíkové kompozity pro kontrakci.

Celkově se dá říci, že **Clone Robotics nemá v Číně přímou kopii**, ale čelí tam nepřímé konkurenci na více frontách: pokročilé servo-humanoidy (EngineAI, Xiaomi), extrémně rychlí běžci (Robot Era) a špičkový výzkum umělých svalů (CAS). Čínský trh s humanoidy je také velmi konkurenční a nové domácí projekty mívají podporu velkých investorů a vlády. Clone bude muset pro udržení náskoku využít svého unikátního know-how s měkkými svaly a případně hledat spolupráci či trhy i v Asii. Není vyloučeno, že pokud se Clone Alpha osvědčí, projeví o licenci technologie zájem i čínské firmy, které by ji dokázaly vyrábět ve velkém – to by mohlo urychlit rozšíření biomimetických robotů globálně.

7. Motorika vs. AI: mechanika a inteligence

Projekt Clone Robotics je často prezentován skrze svou výjimečnou mechaniku (svaly, klouby, kostru), ale neméně důležitou součástí je **umělá inteligence a řídicí systém**. Cílem totiž není vytvořit pouze pohybující se loutku, nýbrž **autonomního robota**, který se umí rozhodovat a učit. Clone Alpha má již od počátku integrován výkonný počítač (tzv. *edge GPU* – pravděpodobně NVIDIA modul) a software přezdívaný *Cybernet*, což je interně vyvíjený visuomotorický model pro řízení pohybu (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles). Cybernet lze chápat jako mozek robota – stará se o zpracování senzorických dat (kamery, senzory v svaích) a generování motorických povelů pro svaly. Podle vyjádření firmy jde o *foundation model* pro vizuálně-motorické úlohy (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles), což naznačuje využití moderních AI technik (hluboké učení, neurální sítě) trénovaných na velkém množství dat pohybu. Je tedy pravděpodobné, že Clone využívá **strojové učení** k naučení robotů základním dovednostem – podobně jako se trénují AI modely pro robotiku u Boston Dynamics či u čínského EngineAI (tam konkrétně pomocí reinforcement learning v simulaci).

Jedním z klíčových prvků softwarové architektury Clone je tzv. **Telekinesis platforma** – tréninkový systém, v němž se robot učí dovednostem pozorováním a napodobováním. Uživatel nebo instruktor může robota ručně navádět nebo mu ukazovat činnosti a robotický mozek si z toho extrahuje *pohybové vzory*. Např. pro ruční manipulaci byl vyvinut režim, kdy člověk nosí ovládací rukavici a robotická ruka Clone tu jeho přesně kopíruje (teleoperace). Tím lze robota naučit třeba správný grif pro uchopení sklenice, aniž by se to programovalo od nuly. Podle vyjádření zakladatelů už v roce 2022 dokázali robota *přeúčit novým úkolem během pár minut* sledováním lidského demonstrátora. Cílovou metou je **one-shot learning** – že by robot pochopil nový úkon z jediného předvedení. V Alpha verzi bude takový adaptivní mozek zřejmě ještě v rané fázi, ale koncept

je jasný: Clone má být učenlivý pomocník, kterého si uživatel *zaškolí* na své specifické potřeby.

Kromě motorických dovedností se Clone soustředí i na **přirozenou interakci**. Díky pokroku ve zpracování jazyka (LLM jako GPT apod.) není problém, aby robot rozuměl pokynům v běžné řeči. Clone Alpha je vybaven **rozhraním přirozeného jazyka**, takže mu lze *domlouvat česky nebo anglicky v obyčejných větách*. Velké jazykové modely umožňují, aby robot porozuměl kontextu úkolu a vedl dialog – např. můžete Cloneovi říct „Podej mi prosím tu sklenici ze stolu a nalij vodu“ a on by měl vykonat sekvenci kroků a případně se doptat, pokud by něčemu nerozuměl. Tento **sociální aspekt AI** je vyvíjen interně (firma má vlastní tým pro robotickou inteligenci, viz inzeráty na pozice jako *Research Scientist – Robot Learning*). Je ale pravděpodobné, že Clone nevytváří vše od nuly – spíše integruje existující AI služby (rozpoznávání řeči, generativní modely) do svého systému a trénuje vlastní modely specializované na motoriku a multimodální vnímání. V zmínce na webu padlo, že od nástupu velkých LLM je možné mluvit s počítači přirozeně a Clone to hodlá využít.

Stručně řečeno, **Clone Robotics není jen o mechanice**. Považují inteligenci za stejně důležitou součást. Kombinují **motoriku a AI** do jednoho produktu – svaly a senzory tvoří tělo, Cybernet a algoritmy tvoří mysl. V budoucnu plánují, že se jejich androidi budou **sami zlepšovat**, sdílet naučené modely (např. cloudová databáze dovedností) a budou schopni fungovat v dynamických prostředích. Otázkou bylo, zda si tak komplexní AI budou vyvíjet sami, nebo ji budou outsourcovat. Z dosavadních náznaků se zdá, že základní *mozky* si vyvíjejí uvnitř firmy (minimálně nízkouřivňové řízení pohybu a integrace senzorů určitě). Naopak pro obecnou umělou inteligenci (konverzace, plánování) pravděpodobně využijí dostupné platformy – například modul NVIDIA Jetson s předtrénovanými sítěmi, služby cloud AI atp. Ostatně Clone je v silném kontaktu s AI komunitou – investoři a poradci z Y Combinator a podobných institucí značí, že budou stavět na nejnovějších open-source AI nástrojích. Lze tedy očekávat hybridní přístup: **interní specializovaná AI** pro ovládání svalů a pohybové učení, **externí AI** pro obecnou komunikaci a vidění (pokud nebude efektivní vyvinout vlastní). Každopádně vize Clone je jasná: *mechanické tělo inspirované biologii oživené pokročilou inteligencí*, aby robot byl skutečně samostatný a užitečný.

8. Realističnost masové výroby

Jednou z nejčastějších otázek ohledně Clone Robotics je, **zda lze tuto technologii vyrábět v masovém měřítku** a za rozumnou cenu. Současný stav je takový, že firma oznámila limitovanou **sérii 279 kusů Clone Alpha**. To naznačuje, že výroba je zatím spíše malosériová až kusová, vhodná pro rané adoptery a vývojová pracoviště. Každý robot je velmi komplexní – obsahuje stovky svalů a senzorů, desítky čerpadel/ventilů, vlastní kostru. Sestavit a odladit takový stroj je zatím časově náročné. Na druhou stranu, Clone se od začátku snažil design uzpůsobit **nízkonákladovým komponentám**. Kosti

jsou levně formované z uhlíkových vláken (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800), svaly ze silikonových hadic a plastového opletu, „kůže“ z měkkého polymeru. Materiálově tedy nejde o nic extrémně vzácného nebo drahého. Firma sama odhaduje materiálový **BOM (bill of materials) pro ruku** do 2 800 USD (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800). Pro celé tělo to samozřejmě násobně vzroste (odhadem by suroviny mohly být v desítkách tisíc dolarů), nicméně pokud by se výroba rozběhla ve velkém, jednotkové ceny by dále klesaly.

Hlavní výzvou masové produkce Clone bude **složitost montáže a kalibrace**. Oproti robotům s páry motorů tu máme „*orgánový*“ systém: je potřeba instalovat „cévní“ síť, naplnit a odvzdušnit kapalinu, vyladit tlaky ve svalech, zajistit, že stovky komponent budou bezchybně fungovat v souladu. V raných prototypích docházelo k netěsnostem, opotřebení hadic nebo selhání ventilů – to vše musí být vyřešeno robustním inženýrstvím pro finální produkt. Clone uvádí, že aby zabránil selhávání šlach, vyrábí svaly jako jeden celek se šlachovými úpony. Podobně bude muset standardizovat i další díly. Realisticky je pravděpodobné, že prvních 279 kusů bude spíše **ručně sestaveno** nebo vyžaduje hodně lidské práce. Teprve následně, pokud se prokáže poptávka a funkčnost, by přišla fáze investic do automatizované výroby – formy na vstřikování dílů, montážní linky atd.

Skeptici navíc upozorňují, že **integrovat všechny tyto systémy dohromady je nesmírně obtížné** a dokud Clone neukáže plně funkčního humanoida, je na místě opatrnost (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles). Je možné, že některé parametry budou v reálu omezené (např. robot nebude schopen dlouhodobě souvisle pracovat kvůli zahřívání nebo spotřebě vody). Tyto praktické limity by mohly masovému nasazení bránit.

Na druhou stranu, pokud Clone skutečně dodrží vizi *design for manufacture*, mohl by mít *edge* (výhodu) oproti konkurenci. Tesla Optimus sice využívá osvědčené motory a Tesla má know-how z masové výroby aut, ale Optimus je zatím spíše jednoduchý a jeho schopnosti omezené. Clone s komplexní mechanikou sice vyrábět těžší bude, ale výsledek by mohl zastoupit více funkcí najednou (tedy jeden humanoid místo několika specializovaných strojů). Při srovnání nákladů se uvádí, že **pokud by se podařilo vyrobit humanoida za cenu kolem 20 000 USD**, mohlo by to zásadně změnit trh práce. Clone zatím cenu nezveřejnil, ale naznačuje, že míří co nejnižší – už jen volbou materiálů a tím, že jeho design nepotřebuje převodovky a high-tech senzory, tlačí cenu dolů (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800).

Z pohledu odborníků bude **kritickým testem škálování**. Přechod od prototypů (TRL 6-7) k průmyslové výrobě (TRL 8-9) bývá v robotice často kámen úrazu. Clone Robotics bude možná potřebovat partnera s výrobní kapacitou nebo velkou investicí, aby mohl produkovat stovky až tisíce kusů ročně. Zda se humanoid se stovkami hydraulických svalů dá montovat podobně rychle jako automobil, je zatím nezodpovězené. Je však povzbudivé, že žádná z použitých

technologií není exotická: karbonové kompozity, 3D tisk, silikonové formy, mini čerpadla – to vše už průmysl zná. Jde o to **integraci zjednodušit a modularizovat**. Možná se Clone vydá cestou modulárního designu (např. končetiny jako vyměnitelné moduly), což by usnadnilo servis i výrobu.

Realisticky lze očekávat, že prvních pár let (2025–2027) budou Clone Alphové vzácní a drahocenní. Pokud ale prokážou svou užitečnost, mohla by nastat druhá fáze s externími investicemi do továren a **zrychlením produkce**. V té chvíli by Clone Robotics mohl začít konkurovat i tradičním robotickým firmám v objemu – a pak by se ukázalo, zda jejich koncept obstojí ekonomicky. Sumárně: **technologie je masově vyrobitelná v principu, ale bude vyžadovat výrazné inženýrské úsilí pro zlevnění a zjednodušení výroby**. Úspěch není zaručen, ale potenciální odměna (dominance na trhu humanoidů) je obrovská, takže snaha rozhodně bude vynaložena.

9. Možnosti uplatnění a predikce budoucnosti

Využití humanoidních robotů typu Clone se promítá do mnoha oblastí a v různých časových horizontech. **Krátkodobě (nyní až ~5 let)** lze očekávat nasazení zejména v **R&D prostředí a u nadšenců**. Prvních 279 kusů Clone Alpha pravděpodobně zamíří do výzkumných laboratoří, technologických firem a k movitějším early-adopter uživatelům. Ti je budou používat k dalšímu vývoji – ladění AI, testování v konkrétních scénářích, případně jako showpiece (např. do futuristických hotelů či jako atrakce). Podobně jako první osobní počítače či automobily byly zprvu spíše raritou, i humanoidní roboti budou zpočátku vzácní. Clone Robotics uvádí, že mezi zájemci o jejich rané prototypy byly i neobvyklé subjekty – např. **pekárny či firmy na údržbu trávníků**, které chtějí experimentovat, jak by jim robot mohl pomoci (třeba zvedat těžké pytle mouky, sekat trávu apod.). V tomto horizontu půjde spíše o ověřování konceptu v praxi.

Střednědobě (5–10 let), pokud technologie dozraje, by mohlo dojít k širšímu **komerčnímu nasazení**. Humanoidi by se mohli objevit v domovech seniorů jako asistenti při pohybu a péči, v nemocnicích pro logistiku materiálu, na letištích pro manipulaci s kufry, ve skladech pro vychystávání zboží. Představme si například poštovní uzel, kde dnes pracují lidé a třídí balíky – humanoid by tam mohl chodit a sbírat balíky z pásu a ukládat je do klecí, což je monotónní práce, kterou zvládne dostatečně obratný robot. Nebo v hotelu by Clone mohl zastat roli poslíčka a údržbáře, který opraví kapající kohoutek i vynese zavazadla. Důležitým faktorem bude bezpečnost – robot bude smět mezi lidi jen tehdy, pokud bude prokázáno, že je neohroží. To znamená certifikace a standardy (podobně jako se dnes řeší autonomní auta). S měkkými svaly a citlivými senzory má Clone v tomto ohledu výhodu, protože je „měkký“ a potenciálně citlivý na kontakt.

Dlouhodobě (10 a více let) můžeme spekulovat, že pokud se humanoidní technologie prosadí, dojde k **transformaci mnoha odvětví**. Humanoidní

roboti by se mohli stát běžnou součástí domácnosti, podobně jako dnes myčka nebo robotický vysavač. Mohli by se starat o starší lidi 24/7, asistovat jim s hygienou, vařením, společností – čímž by významně ulehčili tlaku na pečovatelský sektor v stárnoucích populacích. V průmyslu by mohli zaplnit mezery na pracovním trhu, kde chybí fyzická pracovní síla, případně převzít práce, které jsou pro člověka příliš nebezpečné či zdraví škodlivé (práce v dolech, manipulace s chemikáliemi, hasičské zásahy apod.). V kombinaci s pokročilou AI by také mohli fungovat jako **výukoví asistenti** (domácí učitelé), **společníci** osamělých lidí, nebo dokonce umělí **atleti či zábavní aktéři** (např. v parcích typu Westworld, jak se často zmiňuje v souvislosti s Clone).

Odhad, **kdy (a zda vůbec) se humanoidi jako Clone stanou běžnou součástí života**, závisí na mnoha faktorech. Technologicky je realistické mít prototypy schopné základních úkolů v horizontu 5 let – to už částečně vidíme. Avšak dosažení spolehlivosti, ceny a společenské akceptace může trvat další dekádu. Někteří odborníci tvrdí, že skutečně univerzální, plně autonomní humanoid je **10–15 let daleko**, jiní jsou optimističtější. Zakladatelé Clone věří, že „nebude trvat dlouho a robotický sluha zvládne všechny práce v domácnosti“, což naznačuje horizont možná <10 let. Je možné, že uvidíme pozvolný nástup – nejprve roboti pomáhající lidem (což budí menší obavy), pak postupně samostatnější jednotky. Hodně záleží i na ceně a obchodním modelu: pokud by se humanoid dal například pronajmout za pár set dolarů měsíčně, firmy by do toho šly rychleji. Agility Robotics už dnes nabízí svého dvounohého robota Digit za formu „robotika jako služba“. Clone by mohl zvolit podobný model, kdy by uživatelé neplatili jednorázově desetitisíce dolarů, ale měsíční poplatek za službu robota. Tím by se širší adopce urychlila.

Celkově platí, že **koncept Clone Robotics má potenciál změnit robotiku**, ale cesta ke *každodennímu používání* je ještě dlouhá. Pokud bychom to měli predikovat: v druhé polovině 20. let tohoto století uvidíme více testovacích implementací humanoidů v reálných provozech (sklady, nemocnice, domácí piloti). Během 30. let možná dojde k bodovému zvratu, kdy se náklady sníží natolik, že firmy začnou humanoidy nakupovat místo lidí ve větších počtech a domácnosti bohatších lidí si pořídí „robotického majordoma“ jako luxusní zboží. Ke skutečně masovému rozšíření v běžných domácnostech by mohlo dojít kolem roku 2040, ovšem pouze za předpokladu, že se vyřeší všechny technické i etické problémy. Není také vyloučeno, že se prosadí jednodušší varianty – např. polohumanoidi (jen torzo na kolečkovém podvozku) nebo specializovaní dvouručí roboti v domácnosti, a plnohodnotní bipedální humanoidi zůstanou spíše pro nejsložitější úkoly. Vše bude záležet na poměru **cena/výkon** a na tom, jak moc společnost přijme stroje po boku lidí. Clone Robotics každopádně posunul tuto vizi blíže realitě a následující roky ukáží, zda skutečně budeme mít po boku *klony* vykonávající naši vůli, nebo zůstane u několika fascinujících, leč okrajových demonstrací.

10. Cena a dostupnost

Na rovinu – **cena humanoida Clone Alpha pro koncové uživatele zatím nebyla zveřejněna**, ale určitě nepůjde o lacinou záležitost. Už fakt, že se jedná o limitovanou edici v počtu stovek kusů, napovídá, že se firma orientuje spíše na zájemce z řad výzkumu a průmyslu než na běžné domácnosti. Odhady se různí, ale například konkurenční Tesla Optimus cílí na cenu kolem *20 000 USD za jednotku*. Clone Robotics je menší firma bez masové výrobní základny, takže je pravděpodobné, že první verze Alpha budou klidně stát **řádově desítky tisíc dolarů**, ne-li více. Některé zdroje uvádějí, že „nebude levný“ (Synthetic Human Features 1,000 Artificial Muscles, Sweat-Like Cooling System). Je možné, že firma zvolí strategii neudávat veřejně přesnou cenu a dojednávat ji individuálně s každým zájemcem (například formou předobjednávky a partnerství).

Pro představu lze srovnat dílčí komponenty: již zmíněná **Clone Hand** má materiálové náklady pod \$2 800 (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800), ale to nezahrnuje práci a marži. Shadow Robot prodává svou špičkovou dextrózní ruku za ~\$100 000. Clone by rád prorazil s cenou o řád nižší, což u ruky naznačil, ale u celého robota je to složitější. Kromě rukou tu máme nohy, trup, hlavu, elektroniku – to vše cenu násobí. Pokud bychom hrubě odhadli, že materiál na jednoho humanoida vyjde třeba \$30 000 a práce další desítky tisíc, finální cenovka by mohla být někde mezi **\$70k až \$150k (1.5 až 3.5 milionu Kč)** za kus v této rané fázi. To je částka, za kterou si běžná domácnost rozhodně robota nekoupí. Cílovka jsou laboratoře (které mají granty) či společnosti, které návratnost investice vidí v možném budoucím zisku, nebo prostě bohatí technologičtí nadšenci.

Do budoucna má Clone ambici cenu dramaticky snížit. Pokud by se podařilo masově vyrábět (viz předchozí bod), mohl by teoreticky jít s cenou dolů k desítkám tisíc i pro koncové uživatele. Autoři často zmiňují analogii s PC nebo smartphony – ty také začínaly extrémně drahé a dnes jsou dostupné. Takže výhledově (za 5–10 let) by domácí humanoid mohl stát podobně jako auto střední třídy, možná **20–30 tisíc dolarů**. Byl by to luxus, ale ne nedosažitelný. Elon Musk dokonce prohlásil, že vyrábět humanoida může být levnější než auto, protože nepotřebuje tak robustní konstrukci pro vysoké rychlosti či crash testy. Pokud by se to naplnilo, mohl by robot stát třeba jen \$15 000. Clone Robotics by musel zjednodušit design (možná modulární varianty s méně DOF pro levnější modely) a rozjet velkosériovou produkci, ale není to vyloučeno.

Co se **dostupnosti** týče, první kusy Clone Alpha by měly zamířit k zákazníkům snad koncem roku 2025 nebo v průběhu 2026 (firma zahájila jejich předobjednávky v lednu 2025). Pro běžné spotřebitele však v nejbližších letech produkt dostupný nebude – i kdybyste měli peníze, oficiálně se cílí na omezenou skupinu. Je možné, že po vyprodání série Alpha připraví Clone vylepšenou sérii (Beta nebo další označení) ve větším počtu, a postupně okruh zákazníků rozšíří. Ale než bude možné si koupit humanoida tak snadno jako pračku, uběhne spíše dekáda.

Další aspekt ceny je **provoz a údržba**. K ceně samotného stroje se musí přičíst náklady na elektřinu (500W čerpadlo při hodinovém provozu není zanedbatelné, cca 0,5 kWh za hodinu, což při 8h denně dělá ~4 kWh – při dnešních cenách pár desítek korun, to není tak zlé). Horší mohou být náklady na servis – výměna opotřebovaných dílů, těsnění, baterií apod. Zpočátku budou tyto služby zajišťovat přímo inženýři z Clone Robotics nebo vyškolení partneři, což bude nákladné. Do budoucna by se musela vybudovat servisní síť podobně jako u aut. To vše se promítá do *TCO (total cost of ownership)* takového humanoida. Pro domácnosti tedy nepůjde jen o pořizovací cenu, ale i o to, že by měli „dalšího člena domácnosti“, o kterého je třeba se starat (byť jinak než o živého).

V souhrnu: **běžným spotřebitelům zatím Clone dostupný není a cena se pro ně pohybuje v oblacích**. Ale jak technologie pokročí a rozšíří se konkurence, ceny klesnou. Za 10 let se může trh s humanoidy podobat dnešnímu trhu aut – základní modely dostupné pro střední třídu, špičkové modely za statisíce dolarů pro speciální účely. Clone Robotics svým důrazem na levné materiály a výkon by mohl patřit k těm, kdo ceny stlačí dolů. Už jen fakt, že jedna z jejich misí je *levný humanoid do každé domácnosti*, naznačuje, že se nechtějí spokojit s luxusním segmentem, ale míří masově – ovšem postupně.

11. Kritika a kontroverze

Technologie Clone Robotics vzbuzuje nejen nadšení, ale také **kritické ohlasy a obavy**. Jednou z nejviditelnějších je **reakce veřejnosti na vizuální stránku prototypů** – sociální sítě zaplnily komentáře typu „tohle je můj démon z nočních můr“ či narážky, že *Westworld* vlastně nebyla fikce. Protoclone v podobě bílého bezličného člověka šhubajícího se na laně mnohým připadal děsivý a vyvolal **Uncanny Valley efekt** (dojem znepokojivé nelidskosti). Firma sice může design finálního produktu polidštit (např. nasadit přívětivější hlavu nebo kryty), ale zůstává otázka, jak budou lidé reagovat na **humanoidní stroje v každodenním životě**. Kontroverze může vzniknout, až se takový robot objeví na veřejnosti – může budit strach, odpor či naopak přehnaná očekávání. To je spíše společenská stránka věci, kterou budou muset výrobci humanoidů citlivě řešit (např. volbou *nepříliš realistického* vzhledu, aby nepůsobili jako „robotičtí dvojníci“ lidí – Clone zatím volí stylizovanou tvář bez detailů, což může být záměrně méně děsivé než hyper-realistické androidy).

Z technického hlediska je častou kritikou **komplexita a zbytečná obtížnost humanoidního přístupu**. Někteří robotici argumentují, že stavět roboty tak, aby měli lidskou podobu, je neefektivní – že je lepší vyvinout jednodušší specializované roboty pro každou úlohu. Humanoid je totiž inženýrsky obrovská výzva (tolik stupňů volnosti, nutnost rovnováhy, koordinace celého těla). Místo toho by prý stačily třeba robotické ruce upevněné na pojízdné platformě v domácnosti, nebo manipulační ramena v továrně, která jsou jednodušší a už dnes spolehlivá. Clone Robotics jde proti tomuto proudu s argumentem, že *svět je uzpůsoben pro lidské tvary* a jedině humanoid jej zvládne univerzálně obsloužit. Kritici ovšem namítají, že to sice ano, ale za cenu obrovské složitosti. Tahle debata zatím není

rozhodnuta – Clone bude muset prokázat, že jeho přístup se prakticky vyplatí. Pokud by se ukázalo, že údržba humanoida je moc drahá nebo se často kazí, skeptici získají navrch. Naopak úspěch by jim zavřel ústa.

Další potenciální kontroverzí je **bezpečnost a etika**. Humanoid s lidskou silou vyvolává otázky: co když dojde k nehodě a robot člověka zraní? Co kyberbezpečnost – mohl by být hacknut a zneužit třeba jako zbraň? Takové obavy jsou reálné a vývojáři je musí brát v potaz. Clone částečně sází na svou měkkou konstrukci (umělý sval je poddajnější než kovové servo), čímž se riziko poranění snižuje. Navíc zpětná vazba ze senzorů umožní rychle detekovat kolizi a uvolnit tah (tzv. *back-drivability* – vlastnost, že pohon lze snadno zatlačit nazpět, což jejich hydraulické svaly do jisté míry mají). Nicméně veřejnost bude jistě sledovat incidenty – stačil by jeden případ, kdy robot někomu ublíží (třeba stiskne příliš silně ruku), a kontroverze je na světě. Regulace v této oblasti teprve vzniknou.

Spolehlivost a výdrž je další kritický bod. Oponenti poukazují, že vodní systém je náchylný k únikům a údržbě – hadičky mohou prasknout, kapalina se může kontaminovat řasami atd. Clone bude muset dokázat, že jejich inženýrství zvládlo tyto problémy (možná použitím speciálních materiálů, filtrací kapaliny, redundantními okruhy apod.). Také baterie – 2 hodiny provozu jsou málo, pokud by měl robot celý den pracovat. Kritika tedy směřuje k **praktickým limitům**: roboti možná zvládnou demonstrovat pár kousků, ale v reálném nasazení selžou kvůli vybití nebo poruše. Firma se snaží tyto obavy rozptýlit odkazem na odolnost (tvrzením, že design je dělán s ohledem na trvanlivost a robustnost), ale dokud neuvidíme nasazené jednotky v provozu třeba rok, zůstává otazník.

S tím souvisí i **skepticismus ohledně integrace AI a reálných schopností**. Clone dosud nepředvedl plně chodícího robota ani složitou manipulaci v neřízeném prostředí (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles). Někteří odborníci se proto staví rezervovaně – dokud neuvidí robota v akci, berou prohlášení s rezervou. Historie robotiky je plná ambiciózních projektů, které slibovaly „revoluční“ humanoidy a nakonec ztroskotaly (např. Asimo od Hondy byl technologický skvost, ale nikdy nenašel komerční uplatnění a vývoj byl ukončen). Clone zatím získává pozornost, ale také musí zvládnout **očekávání vs. realitu**. Pokud by první dodané kusy nesplnily slibované výkony, mohla by přijít vlna zklamání a negativních recenzí, což startupu vždy hrozí.

Poslední kapitolou kontroverzí jsou **sociální dopady**. I když Clone Robotics přímo toto netematizuje, ve společnosti to zazní: Pokud humanoidi nahradí lidi v práci, co to udělá se zaměstnaností? Hrozí zvýšení nezaměstnanosti, prohloubení nerovností (bohatí majitelé robotů vs. nezaměstnaní dělníci)? Tyto otázky se teprve budou řešit. Mohou vyvolat odpor odborů proti zavádění robotů, nebo naopak tlak na vlády, aby nasazení robotů regulovaly a zdanily. Stejně tak etické aspekty – je v pořádku mít robotického sluhu, bude se k němu člověk chovat slušně, nebo to podnítl špatné zacházení, které by se mohlo

přenášet i do mezilidských vztahů? Tyto **sociálně-etické kontroverze** přesahují konkrétní technologii Clone, ale Clone Robotics jako průkopník v humanoidech je bude muset spoluutvářet.

Stručně řečeno, hlavní kritika Clone Robotics cílí na: **(a)** extrémní složitost a otázku účelnosti tak lidsky pojatého robota, **(b)** zatím neověřenou spolehlivost a integraci, **(c)** obavy z bezpečnosti a společenských dopadů, **(d)** „strašidelný“ faktor. Každá revoluční technologie tímto prochází – podobně se kdysi lidé báli prvních automobilů (byly nehody), nebo počítačů (strach ze ztráty práce). Je velmi pravděpodobné, že jakmile budou Clone nebo jemu podobní roboti častější, společnost si zvykne a najde se modus operandi, jak s nimi žít. Zatím je však Clone Robotics v bodě, kdy musí skeptikům dodat hmatatelný důkaz – funkčního, užitečného a bezpečného humanoida v reálném prostředí. Do té doby budou kritika a kontroverze přirozenou součástí diskurzu kolem této technologie.

(Humanoid ‘Protoclone’ robot twitches into action while hanging from ceiling in viral video | Live Science) **Obr. 2:** Prototyp celého humanoidního robota **Protoclone** od Clone Robotics v akci. Tělo robota je zavěšeno pro zajištění rovnováhy a postupně aktivuje své svaly – vidíme napnuté svalové provazce na pažích, nohách i trupu. Černá hlavová část skrývá kamery (oči) a počítač. Tento záběr, zveřejněný v lednu 2025, vyvolal na internetu směs úžasu z realistických pohybů a strachu z „noční můry ožívající před očima“ (Humanoid ‘Protoclone’ robot twitches into action while hanging from ceiling in viral video | Live Science). *Clone Robotics tak na sebe strhl pozornost, ale zároveň musí čelit obavám, které jeho až hororově působící humanoid vyvolal.*

12. Závěr a zhodnocení

Clone Robotics přináší do světa robotiky odvážný a inovativní koncept – místo tradičních motorů používá *umělé svaly* a místo kovových rámců *syntetické kosti a šlachy*. Historie projektu ukazuje postupný progres od robotické ruky k celému humanoidu, tažený vášní a vizí napodobit lidské tělo i schopnosti. Technologicky jde o špičkovou ukázkou biomimetiky: hydraulický „svalově-cévní“ systém poháněný výkonným čerpadlem, který dává robotu lidskou sílu, rychlost a jemnost pohybů. Výkonové parametry naznačují, že robot dokáže manipulačně konkurovat člověku (zvedat desetikilové předměty, hýbat končetinami velmi rychle), byť zatím omezeně v čase kvůli energetické náročnosti. Clone Robotics se tak profiluje jako unikát – v době, kdy ostatní staví spíše jednoduché humanoidy, oni vytvořili anatomicky plnohodnotného *androida*.

Tržně má jejich přístup potenciál zaplnit mezery, kde jsou potřeba lidské ruce, ale není jich dost – od fabrik přes služby až po domácnosti. Pokud by se podařilo robota vyrábět levně a ve velkém, mohl by skutečně **revolucionizovat práci** podobně jako počítače nebo internet. Konkurence však nespí, zejména v Číně sledujeme jiné cesty k těmto cílům (humanoidi s motory a pokročilou AI). Bude fascinující sledovat, zda se prosadí *měkká biomimetika Clone* nebo *tvrdá mechatronika Tesla/EngineAI* – nebo se nakonec obě přiblíží někde uprostřed.

Neoddělitelnou součástí Clone je i AI – uvědomují si, že bez „mozku“ je sebelepší tělo k ničemu. Proto investují do vlastních algoritmů učení a integrují nejnovější AI modely pro vnímání a rozhodování. To z Clone dělá interdisciplinární projekt na pomezí robotiky, umělé inteligence, biomechaniky a systémového inženýrství. Rizik je hodně: od technických (spolehlivost hydrauliky) po společenské (přijetí humanoidů veřejností). Kritické hlasy varují před přehnanými očekáváními – je možné, že se ukáže, že jednodušší roboti by stačili. Ale jen díky takovým odvážným pokusům, jako dělá Clone Robotics, se posouvají hranice. I když třeba nakonec nepotřebujeme robot s 206 kostmi, poznatky z tohoto projektu mohou zplodit nové hybridní konstrukce (např. kombinace umělých svalů a motorů) nebo vylepšit protetické pomůcky a rehabilitační roboty.

Clone Robotics tedy můžeme vnímat jako **průkopníka nové éry robotů**, kteří jsou nám lidem podobnější – fyzicky i možná jednou intelektem. Článek shrnul historii od prvních svalových vláken po první krůčky celého robota, vysvětlil fungování „svalů a srdce“ poháněných vodou, rozebral výkony a limity, srovnal unikátnost s konkurencí, nahlédl do čínské scény, probral symbiózu mechaniky a AI, zamyslel se nad výrobou, budoucností, cenou i kontroverzemi. Zbývá dodat, že celý tento příběh se teprve píše – rok 2025 je možná zlomový tím, že humanoidní roboti už nejsou jen sci-fi na papíře, ale reálně se rodí v dílnách a míří do světa. Clone Robotics je jedním z tahounů tohoto trendu. Budeme-li mít za pár let doma robotického pomocníka otevírajícího nám dveře, je slušná šance, že to bude díky technologiím, které právě teď vznikají v jejich laboratoři.

Zdroje:

- Clone Robotics – oficiální web společnosti.
- Freethink: *This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800* (Kristin Houser, 2023) – o Clone Hand a její ceně (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800) (This incredibly life-like robot hand can be made for just \$2,800).
- NewAtlas: *Clone Robotics releases eerie video of twitching, kicking humanoid robot* (Ben Coxworth, 2025) – popis Protoclone a principu svalů a pumpy.
- Thomasnet: *Clone Robotics Opens Orders for Humanoid Robot with Synthetic Organs* (Ben Munson, 2025) – oznámení limitované série Alpha a domácích úkolů.
- LiveScience: *Watch this terrifying robotic torso spring into life* (S. Pare, 2024) – o hrudním prototypu, založení firmy a bateriovém systému (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science) (Watch this terrifying robotic torso spring into life | Live Science).
- LiveScience: *Humanoid ‘Protoclone’ robot twitches...* (Ben Turner, 2025)

- reakce na Protoclone, parametry (1000 svalů, 500 senzorů) (Humanoid ‘Protoclone’ robot twitches into action while hanging from ceiling in viral video | Live Science).
- Maginative: *Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs...* (Chris McKay, 2025) – detailní rozbor Clone Alpha, zakladatelé, technologie Myofiber (30% kontrakce <50ms) (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles) (Meet Clone Alpha: A Humanoid Robot Built with Synthetic Organs and Artificial Muscles).
- Digitimes Asia: *China’s humanoid robot stuns Nvidia and SenseTime...* (2025) – o čínském EngineAI SE01 (lidská chůze, 2h baterie, 32 DOF) (China’s humanoid robot stuns Nvidia and SenseTime with human-like walk).
- ChinaDaily: *Scientists create novel artificial muscles* (2024) – o čínském výzkumu uhlíkových umělých svalů (graphdiyne film).
- CNET/Freethink: srovnání humanoidů (Tesla Optimus, Apollo, Digit, Shadow Hand).
- Reddit AMA s CEO Clone (2024) a další drobné zdroje zmiňované v textu.