

Voorbij de biologische grens

Verantwoord gebruik van Human Performance Enhancement in de krijgsmacht

Lkol (Res.) dr. Olaf Binsch*

Hoe kan de krijgsmacht verantwoord omgaan met Human Performance Enhancement (HPE)-technologieën die de natuurlijke grenzen van militairen tijdelijk kunnen verleggen? Dit artikel onderzoekt HPE en laat aan de hand van het voorbeeld van Modafinil zien dat zulke middelen prestaties kunnen verbeteren bij extreme belasting, maar ook nieuwe risico's, ethische dilemma's en juridische vragen oproepen. Daarom ontwikkelde TNO het HPA-DiSk, een concept besluitvormingsraamwerk dat wetenschap, technologie, operatie en ethiek samenbrengt. Het framework helpt Defensie om enhancement-technologieën systematisch te beoordelen en alleen in te zetten wanneer ze bewezen effectief, verantwoord en noodzakelijk zijn. Integratie in doctrine, training en operaties is daarbij essentieel, zodat HPE nooit een ad-hocmiddel wordt maar een goed onderbouwde keuze die de militair beschermt én operationele slagkracht verhoogt.

Militaire operaties worden door de inzet van nieuwe wapensystemen, geavanceerde sensoren en een permanente informatiestroom steeds complexer en intensiever. In de toekomst zullen eenheden moeten kunnen en blijven functioneren in omgevingen die snel fysieke, cognitieve en emotionele grenzen bereiken. Wij kunnen dan ook zonder meer stellen dat technologische superioriteit in de toekomst weinig voordeel meer biedt wanneer het menselijk systeem – de individuele militair – de druk niet langer aankan. De afgelopen jaren groeit binnen Defensie en NAVO daarom de

vraag hoe prestaties, voortzettingsvermogen en overlevingskansen kunnen worden versterkt wanneer conventionele optimalisatie (opleiding, training, voeding, rust en herstel) ontoereikend wordt. Het onderzoeksprogramma Human Capability & Survivability Enhancement (HCSE, V2208, TNO) legt deze vraag bloot en concludeert dat nieuwe technologieën kansen bieden, maar ook grote risico's en verantwoordelijkheden met zich meebrengen.¹

Een goed voorbeeld is het farmaceutische middel Modafinil. Dit geneesmiddel werd oorspronkelijk ontwikkeld voor patiënten met narcolepsie en ernstige slaapstoornissen. Het werkt door specifieke neurotransmittersystemen in de hersenen te beïnvloeden, waardoor alertheid en waakzaamheid toenemen zonder de sterke bijwerkingen van klassieke stimulantia zoals amfetaminen. In de medische praktijk wordt Modafinil gezien als relatief veilig wanneer het

* Lkol (Res.) dr. Olaf Binsch is als senior onderzoeker en programmeur verbonden aan TNO. Met zijn expertise in human performance, technologische innovatie en internationale samenwerking binnen NAVO-verband is hij als reservist ingezet bij de Defensie Gezondheidszorgorganisatie, afdeling Internationale Samenwerking en Innovatie, en het Civiel en Militair Interactiecommando van het Commando Landstrijdkrachten.

¹ O. Binsch, 'Eindrapportage Human Capability & Survivability Enhancement (V2208)', *TNO Research Report* - 2025 R 12486.

*Militaire operaties worden steeds complexer.
Hoe kunnen militairen blijven functioneren
in omgevingen die snel fysieke, cognitieve en
emotionele grenzen bereiken?*

FOTO MCD, JAN DIJKSTRA



gecontroleerd en kortdurend wordt ingezet. Juist dit dual-use-karakter, een therapeutisch middel dat ook in gezonde individuen prestatieverhogend werkt, maakt het bijzonder relevant als voorbeeld van Human Performance Enhancement (HPE).

In militaire settings kan Modafinil in potentie cognitieve achteruitgang door slaapdeprivatie beperken, reactietijden stabiliseren en situationale awareness vergroten. De toepassing in militaire contexten is daarbij niet meer theoretisch. Voor bepaalde vliegoperaties is het middel onder strikte voorwaarden al toegestaan voor vliegers en air crews van de Nederlandse krijgsmacht, wanneer operationele noodzaak langdurige waakzaamheid vereist. Het HCSE-programma laat zien dat dezelfde logica kan gelden voor landoperaties waarin militairen langere tijd geen of zeer gefragmenteerd slaap of rust krijgen, bijvoorbeeld in high-tempo

manoeuvres en/of het werk van verkennings-eenheden.

De voordelen liggen voor de hand. Verminderde cognitieve degradatie betekent betere tactische besluitvorming, minder fouten onder tijdsdruk, en grotere effectiviteit in omstandigheden waarin rust simpelweg niet kan worden gegarandeerd. Een militair die na 36 uur operatie alert blijft, is tactisch waardevoller dan een fitte militair die door slaaptekort cognitief instort. In die zin is Modafinil een voorbeeld van wat HPE-technologieën zouden kunnen bijdragen, namelijk gericht, gepersonaliseerd gebruik om de menselijke biologische limiet tijdelijk te verleggen.

Maar dit voorbeeld toont ook de beperkingen. Modafinil lost slaaptekort niet op, het maskeert het effect ervan. Zodra de farmacologische werking afneemt, dreigt een fysiologische 'crash'



Voor bepaalde vliegoperaties is onder strikte voorwaarden HPE al toegestaan wanneer operationele noodzaak langdurige waakzaamheid vereist. Dezelfde logica zou kunnen gelden voor landoperaties waarin militairen langere tijd geen of zeer gefragmenteerd slaap of rust krijgen, bijvoorbeeld in high-tempo manoeuvres

die de inzetbaarheid acuut verslechtert. Daarnaast kunnen er bij overdosis of ander onbekwaam gebruik bijwerkingen optreden zoals hoofdpijn, nervositeit, verhoogde bloeddruk en verstoringen van het slaapritme. Bij verkeerd of te frequent gebruik kan dus de 'operationele prestatie' zelfs lager uitvallen dan zonder interventie. Ethiek, recht en maatschappelijke aspecten spelen óók mee. Wanneer wordt het inzetten van farmacologische enhancement-middelen een drukmiddel, expliciet of impliciet? Hoe bewaak je vrijwilligheid binnen een hiërarchische organisatie? Vooral als het gaat om een HPE-middel tijdens oefeningen en trainingen te willen beproeven. En hoe voorkom je dat militairen zichzelf overschatten wanneer zij hun grenzen kunstmatig verleggen?

De vergelijking met cafeïne is hierbij verhelderend. Cafeïne is wereldwijd geaccepteerd als prestatieverhogend middel, ook binnen Defensie. Het werkt kortdurend, is goedkoop, makkelijk doseerbaar en de risico's zijn beperkt. De effecten zijn echter minder voorspelbaar onder zware slaapdeprivatie, en het prestatieplateau wordt sneller bereikt. Onderzoek toont aan dat cafeïne weliswaar alertheid en cognitief functioneren ondersteunt, maar dat deze effecten sterk variëren tussen individuen en bij hogere inspanningsniveaus snel afnemen; Modafinil vertoont daarentegen consistente effecten bij aanzienlijke slaapdeprivatie en behoudt effectiviteit waar cafeïne tekortschiet.² Deze verschillen illustreren dat Human Performance-technologieën niet over één kam kunnen worden geschoren. Sommige middelen zijn optimalisatoren, andere zijn echte enhancers die de menselijke biologie tijdelijk overstijgen.

² Y.Q. Wingelaar-Jagt, C. Bottenheft, W.J. Riedel en J.G. Ramaekers, 'Effects of modafinil and caffeine on night-time vigilance of air force crewmembers: A randomized controlled trial', *Journal of Psychopharmacology* 37 (2023) (2) 172-180.

Het voorbeeld van Modafinil raakt daarmee aan een bredere discussie over het verschil tussen Human Performance Optimization (HPO) en Human Performance Enhancement (HPE). HPO omvat alle maatregelen waarmee militairen binnen hun natuurlijke biologische grenzen optimaal kunnen functioneren door middel van optimale opleiding, training, voeding, herstel, mentale weerbaarheid en doordacht fatigue management. Het doel is het individu zo dicht mogelijk bij zijn maximale natuurlijke potentieel te brengen. HPE gaat een stap verder en maakt gebruik van kunstmatige technologieën – zoals farmaceutische middelen, implantaten, neurostimulatie en biotechnologische interventies – om die biologische grenzen (tijdelijk) te overschrijden. In NAVO-context worden HPO en HPE gezamenlijk ondergebracht onder de bredere noemer Human Performance Augmentation (HPA). De HCSE-programma-rapporten benadrukken dat Defensie structureel moet blijven investeren in HPO, dat wil zeggen in hoogwaardige opleiding, sterk leiderschap, moderne trainingsconcepten, taakgerichte voeding en effectief herstelmanagement. Deze vormen immers de basis van elke operationele capaciteit. HPO is stabiel, duurzaam en versterkt militairen niet alleen individueel, maar vooral als team.

Maar het is naïef te denken dat dit voldoende is in een wereld waarin potentiële tegenstanders mogelijk al jaren investeren in HPE-technologieën en ethische normen minder zwaar laten wegen, of die simpelweg geen normen kennen. Veel HPE-technologieën bevinden zich nu in de onderzoeksfase, maar de ontwikkelingssnelheid in farmaceutica, neurotechnologie en biotechnologie is hoog. Het HCSE-programma toont dat sommige technologieën al een Technical Readiness Level (TRL) en/of Human Readiness Level (HRL) van 5 of hoger zijn en daarmee functioneel toepasbaar kunnen worden binnen enkele jaren.³ Bovendien kunnen neurostimulatie- en farmacologische interventies, zoals getest in HCSE-experimenten, daadwerkelijk effectieve prestatieverhoging bieden, zolang ze individueel worden gedoseerd en zorgvuldig worden toegepast.⁴ Dit alles maakt duidelijk dat beslissingen over HPE niet alleen technisch van

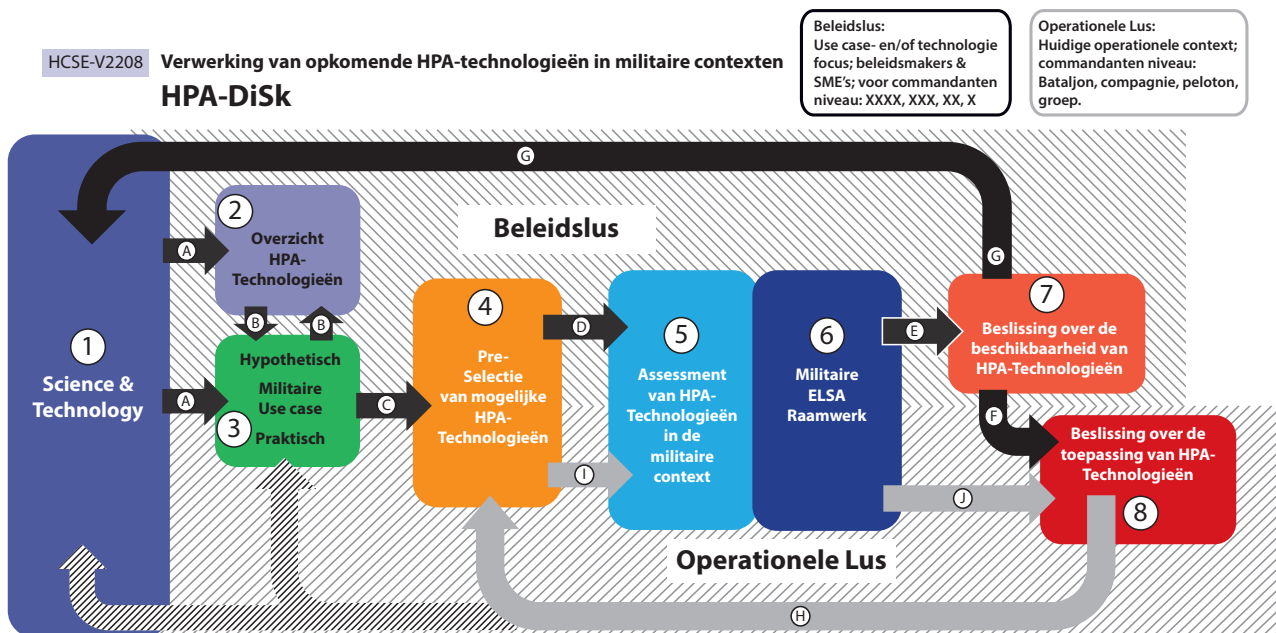
aard zijn. Ethische, juridische en sociale aspecten (ELSA) moeten integraal worden meegewogen, zoals in NAVO-verband ook wordt benadrukt.⁵ Het gaat daarbij om vrijwilligheid, proportionaliteit, risicoacceptatie, bescherming van de individuele militair en de strategische gevolgen van asymmetrische technologische inzet.⁶ Een eenheid waarin sommige militairen farmacologisch versterkt optreden en anderen niet, raakt mogelijk groepscohesie en vertrouwen kwijt. Tegelijk kan het niet beschikken over deze middelen leiden tot operationeel nadeel tegenover tegenstanders die ze wél inzetten.

Daarom is een gestructureerde aanpak nodig die wetenschap, technologie, operatie en ethiek samenbrengt. Het HCSE-programma heeft dat mogelijk gemaakt door een geïntegreerde set instrumenten te ontwikkelen, waaronder het Human Performance Augmentation Decision Support Framework (HPA-DiSk). HPA-DiSk bundelt technologische analyse, militaire use cases, een assessmenttool en een volledig ELSA-kader in één besluitvormingsraamwerk. Het stelt beleidsmakers en commandanten in staat om systematisch te bepalen of, wanneer en hoe HPE-technologieën veilig, effectief en verantwoord ingezet kunnen worden.

- 3 H. de Vries, S. Ballak, D. Smid, Y. Fonken, J. Reinten en O. Binsch, 'Future Human Performance Enhancement Interventions: An exploration of seven upcoming technologies', *TNO Research Report* - 2025 R 11592 (2025); O. Binsch, L. Klous, L. van der Hout, J. Reinten, S. Golembiewski, J. Bruin, S. Ballak, L. Linssen, 'Application of military HPA technologies to improve operational effectiveness (V2208): Lessons Learned', *TNO Research Report* - 2025 R12488 (2026).
- 4 C. Bottenheft, Y.M. Fonken, L.F. Hendrikse, M. Koedijk, A. Landman en O. Binsch, 'Effects of cervical transcutaneous Vagus Nerve Stimulation (ctVNS) on military cognitive performance during sleep deprivation', *Frontiers in Physiology* 16 (2025), Article 1542791. Zie: <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1542791>.
- 5 O. Binsch, E. Beatty, J.C. Benavides, A. Bengtson, R. Blacklock, K. Donovan, J. Draper, O.M. Erley, Y. Fonken, K. Heaton, K. Hogenelst, S. Kemp, B. Levin, C. Mahoney, V. Nevola, T. Ojanen, P. Proietti, J. Renberg, S. Sammito, M. Sköld en H.A. Hasselström (Accepted for Publication; 2025), 'Human Capability & Survivability Enhancement: Augmenting People To Deliver An Enhanced And More Resilient Capability For Defence'; *NATO Technical Report*; TR-HFM 365.
- 6 M. Steen, K. Hogenelst en H. Huijgen, 'A Framework to Integrate Ethical, Legal, and Societal Aspects (ELSA) in the Development and Deployment of Human Performance Enhancement (HPE) Technologies and Applications in Military Contexts', *Journal of Military Ethics* 23 (2024) (3-4) 219-244; M. Trousselard, N.H. van den Berg en K. Hogenelst, 'Ethical Caveats Surrounding Mental Performance Enhancement', in: N. Pattyn en R. Hauffa (red.), *Handbook of Mental Performance* (1 uitgave, blz. 363ff, 2024).

HCSE-V2208

Verwerking van opkomende HPA-technologieën in militaire contexten HPA-DiSk



Figuur 1 De HPA-DiSk: verwerking van opkomende HPA-technologieën in militaire contexten

In het vervolg van dit artikel wordt dit raamwerk uitgebreid besproken als de noodzakelijke structuur waarin alle componenten, van HPO tot HPE, van Modafinil tot neurostimulatie, van risicoanalyse tot ethiek, samenkomen voor weloverwogen besluitvorming over toekomstige enhancement-technologieën toepasbaar in diverse militaire contexten.

De onderdelen van de HPA-DiSk en hun toepassing in de militaire context

De HPA-DiSk is ontworpen om commandanten en beleidsmakers een gestructureerde methode te bieden om HPE-technologieën veilig, effectief en verantwoord te beoordelen. Het raamwerk bestaat uit acht processtappen, verdeeld over een beleidslus en een operationele lus. Dit deel licht de stappen systematisch toe en vertaalt ze naar concrete militaire toepassing.

Science & Technology-scan (Box 1)

De beslislogica begint met de wetenschappelijke basis om antwoord te kunnen geven op de vragen welke technologieën er bestaan, hoe ver ze zijn ontwikkeld, en wat de empirische

onderbouwing is. Binnen Defensie is deze stap noodzakelijk om hype te scheiden van daadwerkelijke capaciteitsverhoging. Veel HPE-technologieën krijgen tegenwoordig aandacht via industrie, beurzen, media of interdepartementale projecten. De S&T-scan bundelt deze prikkels tot een objectieve inventarisatie. Daarnaast staat deze box voor het uitvoeren van validatieonderzoek om een keuze te maken die wetenschappelijk onderbouwd is.

In militaire context betekent dit dat allereerst wordt vastgesteld of een technologie wetenschappelijk valide is en geen onaanvaardbare gezondheidsschade veroorzaakt. Daarbij wordt expliciet gekeken naar welke wetenschappelijke domeinen relevant zijn, zoals farmacologie, neurotechnologie, wearables of biotechnologie. Tegelijkertijd wordt de technologische maturiteit bewaakt, bijvoorbeeld aan de hand van TRL-niveaus, voordat middelen worden vrijgegeven. Dit voorkomt dat operationele commandanten worden geconfronteerd met ongeteste systemen, technologieën of middelen. In de praktijk fungeert deze stap als eerste filter die onderscheid maakt tussen wat veelbelovend lijkt en wat aantoonbaar militair bruikbaar is.

Overzicht van beschikbare HPA-technologieën (Box 2)

Op basis van de S&T-activiteiten wordt een dynamisch overzicht opgebouwd van bewezen, opkomende en nog experimentele technologieën. Binnen HCSE werd hiervoor het Human Performance Augmentation Dashboard (HPAD) als concept-zoekmachine ontwikkeld en gebruikt, dat nu meer dan 130 HPE- en HPO-technologieën beschrijft op werking, risico's, maturiteit, toepassingsgebieden en potentiële militaire relevantie.

Voor commandanten betekent dit dat zij gericht kunnen zoeken op prestatiegebieden zoals cognitieve alertheid, fysieke belastbaarheid of sensorische waarneming. Beleidsmakers krijgen hierdoor inzicht in de breedte van beschikbare technologieën, waardoor investeringen gespreid en planmatig kunnen worden gedaan in plaats van opportunistisch. Het dashboard fungeert daarbij als militair kennisfundament; discussies over specifieke technologieën worden gebaseerd op gedeelde informatie in plaats van aannames. Hierdoor ontstaat een gezamenlijk referentiekader dat voorkomt dat besluitvorming verzandt in losse meningen of niet-gevalideerde claims.

Formuleren van een militaire use case (Box 3)

Een technologie is nooit relevant zonder context. Box 3 definieert daarom een concrete opdracht of missie waarin HPE een rol kan spelen. Voorbeelden uit HCSE zijn langdurige verkennings- en reddingsmissies, OVG/CQB-operaties, langdurige piloteninzet, amfibische nachtoperaties of logistieke verplaatsingen onder slaapdeprivatie.

Het formuleren van een use case maakt expliciet waarom een technologie überhaupt nodig kan zijn en voorkomt dat middelen worden ontwikkeld zonder duidelijk operationeel nut. Daarnaast helpt het om de effectiviteit van een technologie te beoordelen binnen realistische beperkingen, zoals weersomstandigheden, tijdsdruk, vijandelijke dreiging en operationeel tempo. Cruciaal is dat medische, juridische en ethische adviseurs vanaf dit moment worden betrokken in relatie tot de concrete context, in plaats van in abstracte zin. Een goed gedefiniëerde use case vormt daarmee de basis en

bepaalt de beoordelingscriteria voor alle vervolgstappen.

Pre-selectie van mogelijke HPA-technologieën (Box 4)

Op basis van Box 1–3 wordt een eerste selectie gemaakt van technologieën die relevant kunnen zijn voor de beschreven use case. Dit is een pragmatische shortlist: technologieën met potentieel, maar nog zonder finale beoordeling.

Voor commandanten biedt deze stap de mogelijkheid alternatieven met elkaar te vergelijken voordat middelen worden aangevraagd. Innovatie- en kennisafdelingen kunnen op basis hiervan prioriteiten stellen in onderzoek, testen of aanschaf. Door het aantal opties te beperken, wordt de cognitieve belasting van besluitvormers verminderd en wordt voorkomen dat tientallen technologieën tegelijkertijd moeten worden afgewogen. In deze fase kan bijvoorbeeld Modafinil systematisch worden vergeleken met cafeïne, neurostimulatie of niet-farmacologische HPO-maatregelen.

Systematische beoordeling via de Technology Assessment Tool (Box 5)

Box 5 vormt de kern van het HPA-DiSk-raamwerk. De geselecteerde technologieën worden hier systematisch beoordeeld langs vijf vaste dimensies. Er wordt onderzocht in hoeverre de technologie daadwerkelijk aansluit bij het operationele probleem dat moet worden opgelost. Vervolgens wordt beoordeeld of de technologie praktisch toepasbaar is onder militaire omstandigheden, zoals kou, hitte, stress, beweging en/of lawaai. Ook wordt gekeken naar beschikbaarheid van productiecapaciteit, logistieke ondersteuning, opleiding en onderhoud. Daarnaast wordt het daadwerkelijke effect en de bijbehorende risico's geanalyseerd, inclusief mogelijke ongewenste bijwerkingen. Tot slot wordt het tegenstandersperspectief meegenomen, waarbij wordt gekeken naar de gevolgen als een tegenstander dezelfde technologie toepast. Deze systematiek maakt het mogelijk risico's en voordelen te objectiveren en militaire randvoorwaarden te ontwikkelen, zoals doseringsmomenten, maximale inzetduur of noodzakelijke medische monitoring. Tegelijker-



In de ELSA-afweging wordt onder meer gekeken naar 'sociaal': de impact op vertrouwen en cohesie binnen eenheden

tijd voorkomt de tool het zogenoemde 'silver-bullet-denken': technologieën kunnen aanzienlijke voordelen bieden, maar ook nieuwe operationele beperkingen introduceren. Door expliciet het tegenstandersperspectief mee te nemen, wordt tevens de strategische impact inzichtelijk, bijvoorbeeld of een technologie eenvoudig kan worden gerepliceerd, overtroffen of gesaboteerd. Hierdoor kunnen verschillende technologieën op een uniforme manier worden vergeleken, los van incidenten of intuïtieve

voorkeuren. De tool maakt het mogelijk verschillende technologieën op een uniforme manier te vergelijken, waardoor besluitmakers niet afhankelijk zijn van incidenten of intuïtie.

Ethische, juridische en sociale reflectie (Box 6)

Na de technologische analyse volgt de ELSA-afweging. In militaire context betekent dit dat ethische vragen worden gesteld over proportionaliteit, vrijwilligheid binnen een hiërarchische organisatie en de rechtvaardiging van risico's



FOTO MCD, JARNO KRAAYVANGER

door operationeel voordeel. Juridisch wordt beoordeeld of de technologie is toegestaan onder nationaal en internationaal recht, hoe medische verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid zijn geborgd en of toepassing past binnen bestaande richtlijnen en doctrines. Onder 'sociaal' wordt bijvoorbeeld gekeken naar de impact op vertrouwen en cohesie binnen eenheden, het risico op een ongewenste prestatiecultuur rond medicatie en de gevolgen voor (langdurige) gezondheid. Deze stap stelt commandanten en

medische staf in staat technologie niet alleen te beoordelen op effectiviteit, maar ook op maatschappelijke impact. Daarmee wordt voorkomen dat kortetermijnvoordelen leiden tot langdurige schade aan personeel of organisatie. Het resultaat is een verantwoord en volwassen HPE-beleid dat bestand is tegen publieke en politieke toetsing. Juist deze expliciete ELSA-reflectie maakt HPA-DiSk onderscheidend binnen de NAVO-context, omdat technologie nooit uitsluitend technisch wordt benaderd.

Beleidsbeslissing: beschikbaar stellen of aanvullend onderzoek (Box 7)

Na het doorlopen van Box 5 en 6 kan Defensie besluiten de technologie onder voorwaarden beschikbaar te stellen voor operationeel gebruik, aanvullend onderzoek te initiëren of toepassing uit te sluiten vanwege risico's, onzekerheden of ethische onaanvaardbaarheid. Hierdoor krijgen commandanten uitsluitend toegang tot middelen die als veilig en effectief zijn beoordeeld. Het proces borgt dat beslissingen navolgbaar, uitlegbaar en herhaalbaar zijn. In deze fase wordt uiteindelijk bepaald of een technologie een volwaardige 'militaire optie' wordt.

Operationele toepassing door commandanten (Box 8)

De operationele lus laat commandanten de technologie opnieuw beoordelen, maar nu in een concrete missie. Zelfs als het middel centraal is goedgekeurd, kan de operationele context extreem variëren: weer, vijand, logistiek, moraliteit en risico's verschillen tussen missies.

De commandant neemt hier de uiteindelijke beslissing of toepassing in deze specifieke operatie verantwoord is. Daarbij worden dosering, timing, monitoring en logistiek afgestemd op eenheidspecifieke omstandigheden. De technologie wordt geïntegreerd binnen een breder HPO-programma om overbelasting te voorkomen. Na afloop wordt de effectiviteit geëvalueerd ten behoeve van doctrine- en kennisontwikkeling. Pas in deze stap wordt technologie daadwerkelijk militair: de focus verschuift van beleid naar concreet optreden.

Het HPA-DiSk-raamwerk maakt het mogelijk om enhancement-technologieën op een systematische, toetsbare en verantwoorbare wijze te beoordelen en toe te passen. Door S&T-inzicht, operationele behoefte, technologische beoordeling en ELSA-reflectie te combineren, ontstaat een robuust besluitvormingsproces dat militair optreden versterkt zonder de menselijke factor uit het oog te verliezen. In het volgende deel wordt uiteengezet hoe deze systematiek gebruikt kan worden om HPE-technologieën daadwerkelijk in doctrine, training en operatie te integreren.

Integratie van HPE-technologieën in doctrine, training en operatie

HPA-DiSk vormt niet alleen een besluitvormingsraamwerk, maar ook een systematiek die richting geeft aan de institutionele inbedding van HPE-technologieën binnen de krijgsmacht. Waar de voorgaande delen uiteenzetten hoe technologieën worden beoordeeld op effectiviteit, risico's en ethische toelaatbaarheid, richt dit deel zich op de vraag hoe deze systematiek daadwerkelijk kan worden verankerd in doctrine, training en operationeel optreden. De kern hiervan is dat HPE nooit op zichzelf staat, maar uitsluitend waarde krijgt binnen een breder militair systeem waarin opleiding, leiderschap, medische zorg, logistiek en besluitvorming samenkomen.

De eerste stap in integratie betreft het doctrineleergebied. HPA-DiSk maakt duidelijk dat HPE slechts een toevoeging is op bestaande Human Performance Optimization (HPO)-maatregelen, en deze niet mag vervangen. Doctrine moet dit fundamentele uitgangspunt expliciet vastleggen. Eenheden moeten zich eerst volledig bedienen van conventionele optimalisatietechnieken zoals opleiding, training, voeding, rust en herstel, voordat enhancement wordt overwogen. Op die manier wordt HPE geplaatst binnen een hiërarchie van interventies waarin de biologische basis van de militair centraal blijft staan. Doctrine moet tevens aangeven onder welke omstandigheden het toepassen van HPE technologisch, operationeel en moreel verdedigbaar is. Dit vraagt om duidelijke afbakening van rollen en verantwoordelijkheden tussen commandanten, medisch personeel, juristen, technologische specialisten en de individuele militair. Door die afbakening te formaliseren binnen doctrines ontstaat een normatief kader waarin enhancement geen ad-hocbeslissing wordt, maar een bewuste, verantwoorbare en reproduceerbare keuze.

Daarnaast vraagt de integratie van HPE om een expliciete inbedding van ethische, juridische en sociale reflectie binnen doctrine. De ELSA-afweging uit Box 6 van HPA-DiSk wordt hiermee

een structureel en verplicht onderdeel van elke HPE-beslissing. Dit betekent dat doctrine principes moet vastleggen om vrijwilligheid te waarborgen, groepsdruk tegen te gaan, proportionaliteit te garanderen en de gezondheid van de militair te beschermen. Even belangrijk is het juridisch kader dat bepaalt hoe verantwoordelijkheid wordt verdeeld tussen commandant, arts en organisatie. Door deze principes doctrinair te verankeren wordt HPE niet alleen technologisch gereguleerd, maar ook ingebed in de militaire waarden en ethiek die het fundament van de krijgsmacht vormen.

Na doctrinaire verankering volgt implementatie in training. HPA-DiSk kan niet effectief functioneren zonder dat commandanten, stafleden en militairen weten hoe zij de verschillende stappen moeten toepassen. Voor commandanten betekent dit dat zij vertrouwd raken met de besluitvormingslogica van HPA-DiSk, bijvoorbeeld via simulaties, scenario-oefeningen en tabletop-sessies waarin zij onder tijdsdruk keuzes moeten maken over de inzet van enhancement-technologieën. Het doorlopen van hypothetische dilemma's, zoals het al dan niet inzetten van bijvoorbeeld Modafinil bij een langdurige nachtoperatie, maakt commandanten bewust van zowel de mogelijkheden als de risico's van HPE. Dit leidt tot professioneel redeneren in plaats van intuïtieve of opportunistische beslissingen.

Voor militairen zelf vraagt integratie om training in effectbeschouwing en zelfinzicht. Militairen moeten goed begrijpen welke werking enhancement-middelen hebben en waar de grenzen ervan liggen. Onvoldoende kennis vergroot de kans op foutief gebruik, overschatting of het negeren van reboundeffecten. Training richt zich daarom op inzicht in fysiologie, risicoherkenning en het verantwoord omgaan met middelen of hardware die prestaties beïnvloeden. Militaire geneeskundige specialisten, psychologen en juristen moeten eveneens worden opgeleid in het gebruik van (maar in ieder geval onderdelen van) HPA-DiSk. Zij vormen een cruciale schakel tussen technologie en commandovoering. Medisch personeel moet kunnen beoordelen of een technologie in een

specifieke context veilig is, juristen moeten de juridische kaders vertalen naar praktische toepasbaarheid, en psychologen analyseren de impact op welzijn, cohesie en besluitvorming. Door deze kennis in de organisatie te verspreiden, groeit de deskundigheid die nodig is om enhancement veilig en effectief toe te passen.

Wanneer doctrine en training op orde zijn, kan HPE worden geïntegreerd in daadwerkelijke operaties. HPA-DiSk biedt hiervoor een tweesporenstructuur, met op het eerste spoor een beleidsmatige beoordeling (Box 7) en op het tweede spoor een operationele beoordeling (Box 8). In de beleidsfase beslist Defensie welke technologieën in principe beschikbaar kunnen worden gesteld aan commandanten. In de operatie wordt vervolgens in elke specifieke missie opnieuw beoordeeld of inzet verantwoord is. Deze scheiding is essentieel. Een technologie die in algemene zin veilig en effectief is, kan in een concrete missie alsnog ongeschikt blijken. Operationele commandanten kunnen HPA-DiSk gebruiken om na te gaan of de use case waarvoor een technologie eerder is goedgekeurd overeenkomt met de actuele inzetomgeving. Factoren als tijdsdruk, geografische omstandigheden, vijandelijke dreiging, logistieke beperkingen en personeelssamenstelling spelen hierbij een rol. Hierdoor ontstaat een adaptief beslisproces dat voorkomt dat een technologie blind wordt toegepast zonder actuele situatie-toetsing.

Integratie in operatie betekent ook dat HPE zijn plek moet vinden binnen het militaire planningsproces. In de analysefase van een operatie kan de staf prestatie-kritische elementen identificeren zoals cognitieve belasting, slaapttekort of fysieke belasting, en deze koppelen aan mogelijke HPE-opties. In de ontwikkelingsfase van verschillende *courses of action* (COA's) kan worden vergeleken welke impact HPE heeft op de slagkracht, duurvermogen en risico's van een eenheid. Tijdens wargaming kunnen mogelijke negatieve effecten, zoals een 'fysiologische crash' na farmacologische stimulatie worden meegenomen in beslissingen over tempo, rustmomen-



Modafinil kan helpen bij nachtelijke operaties. Het doorlopen van hypothetische dilemma's die hierbij meespelen maakt commandanten bewust van zowel de mogelijkheden als de risico's van HPE

ten en logistieke onderbouwing. Zo wordt enhancement niet gezien als een geïsoleerde ingreep, maar als een integraal onderdeel van operationele planning.

Bij operationele integratie hoort eveneens een solide logistieke inrichting. Farmacologische HPE-middelen vereisen gecontroleerde distributie, medische supervisie en duidelijke stopcriteria. Neuromodulatie- of hardware-technologieën vragen om onderhoud, kalibratie en dataverwerking. Doctrine, training en operatie moeten elkaar hierdoor versterken. De doctrine bepaalt daarbij de randvoorwaarden, training bouwt de competentie op, en de operatie past deze toe binnen een realistische context waarin logistiek, veiligheid en inzetbaarheid samenkomen.

Tot slot heeft integratie alleen zin als deze wordt gevolgd door systematische evaluatie. After-Action Reviews moeten structureel aandacht besteden aan de effecten van HPE op taakuitvoering, gezondheid, cohesie en besluitvorming. De ervaringen uit operaties vloeien terug naar de SS&T-scan (box 1), de militaire use

cases (box 3) en de technologische beoordeling, zodat het gehele HPA-DiSk-raamwerk cyclisch (box 2, 4, 5 en 6) blijft leren. Hiermee ontstaat een militair kennissysteem dat voortdurend wordt aangescherpt op basis van praktijkervaring, nieuwe technologie en veranderende ethische of juridische kaders.

De verdere doorontwikkeling en integratie van het HPA-DiSk-raamwerk in bestaande of nieuwe besluitvormingsprocessen maken het mogelijk om beoordelingen van HPE-interventies, en in voorkomende gevallen ook de daadwerkelijke toepassing ervan, op een meer gestructureerde en versnelde wijze uit te voeren. Hierdoor kunnen technologieën zoals neurostimulatie, microbiom-gerichte interventies en AI-gestuurde prestatie-monitoring, die zich momenteel veelal bevinden in een grijs gebied tussen afwijzing en acceptatie, op een beter onderbouwde wijze worden beoordeeld.

Neurostimulatie, oftewel *cervicale transcutane vagus nerve stimulation* (ctVNS) is een niet-invasieve vorm van stimulatie waarbij via de hals een lichte elektrische prikkel wordt

toegediend aan de nervus vagus. Deze stimulatie beïnvloedt het locus-coeruleus-noradrenaline-systeem, dat een sleutelrol speelt in alertheid, arousal en cognitieve controle. Binnen militair onderzoek is ctVNS⁷ getest als tijdelijke ondersteuning tijdens perioden van acute slaapdeprivatie, zonder gebruik van farmacologische middelen. Op basis van eerdere Amerikaanse studies zijn inmiddels meerdere Amerikaanse eenheden uitgerust met ctVNS-apparatuur om cognitieve prestaties tijdens nachtoperaties, langdurige wachttaken en high-tempo missies te ondersteunen. De technologie wordt gezien als een aanvullende ‘boost’ om alertheid en multitasking te behouden, niet als vervanging van slaap. Door de niet-farmacologische aard is inzet mogelijk zonder directe invloed op besluitvorming of medische afhankelijkheid; het onderzoek naar de effecten van personalisatie is nog niet afgerond en wordt actief voortgezet.

Microbioom-gericht onderzoek naar het darmmicrobioom laat zien dat samenstelling en diversiteit van darmbacteriën invloed hebben op energiehuishouding, stressrespons, immuunfunctie en zelfs cognitieve veerkracht.⁸ In militaire context wordt geëxperimenteerd met gerichte voedingsinterventies, probiotica en prebiotica om het microbioom gecontroleerd te sturen, met als doel prestatiebehoud onder langdurige fysieke en mentale belasting. Voor militairen in langdurige inzet kan microbioom-optimalisatie bijdragen aan minder uitval door ziekte, stabielere energielevels en sneller herstel. De toepassing is laag-risico, niet-invasief en schaalbaar, waardoor het past binnen preventieve gezondheidszorg en performance management. Het is daarmee een vorm van HPE die prestaties verhoogt, mogelijk zonder directe ethische of juridische uitdagingen.

Kunstmatige intelligentie (AI) kan worden ingezet om grote hoeveelheden data uit wearables, slaapmetingen, trainingsbelasting en operationele context te analyseren. AI-modellen kunnen patronen herkennen in vermoeidheid, stress en prestatieafname, en voorspellen wanneer individuele militairen of teams het risico lopen op cognitieve of fysieke degradatie. In plaats van prestaties te ‘pushen’ met HPE-

technologieën, zou AI commandanten en medische staf kunnen ondersteunen bij het timing- en doseringsvraagstuk: wie kan wanneer optimaal worden ingezet en wie heeft herstel nodig? Dit maakt gerichte inzet van HPE-maatregelen mogelijk (zoals rust, voeding of geïndividualiseerde trainingsinterventies) en voorkomt schade door overbelasting. AI fungeert hier niet als enhancement op zichzelf, maar als regisseur van verantwoorde prestatievergroting binnen het militaire domein.⁹

Door doctrine, training en operatie via één samenhangende en systematische beslislogica met elkaar te verbinden, biedt HPA-DiSk Defensie een concreet instrument om Human Performance Enhancement-technologieën niet langer ad hoc of experimenteel te benaderen, maar gecontroleerd, verantwoord en doelgericht te integreren in het militaire optreden. Hierdoor ontstaat ruimte om toepassingen zoals Modafinil, neurostimulatie, microbioom-gerichte prestatieondersteuning en AI-gestuurde prestatie-monitoring op een navolgbare en toetsbare wijze van concept naar inzet te brengen. HPA-DiSk verschuift het debat daarmee van de vraag of dergelijke technologieën wenselijk zijn naar onder welke voorwaarden zij militair verantwoord kunnen worden toegepast. Dit creëert een toekomstbestendig kader waarin innovatie actief wordt gefaciliteerd, operationele en ethische risico's beheersbaar blijven en de militair centraal staat als drager van gevechtskracht. In een tijd waarin tempo, complexiteit en duur van militaire operaties toenemen, vormt HPA-DiSk daarmee een essentiële bouwsteen voor het duurzaam versterken van de krijgsmacht van morgen. ■

- 7 L.K. McIntire, R.A. McKinley, C. Goodyear, J.P. McIntire en R.D. Brown, 'Cervical transcutaneous vagal nerve stimulation (ctVNS) improves human cognitive performance under sleep deprivation stress', *Communications Biology* 4 (2021) (1) 634; C. Bottenheft, Y.M. Fonken, L.F. Hendrikse, M. Koedijk, A. Landman en O. Binsch, 'Effects of cervical transcutaneous Vagus Nerve Stimulation (ctVNS) on military cognitive performance during sleep deprivation', *Frontiers in Physiology* 16 (2025) 1542791.
- 8 I. Templeman, E. Parish, J. Rimmer e.a., "It takes a village": deciphering the role of the gut microbiome in the health and performance of military personnel', *BMJ Military Health* 171 (2025) (5) 387-391.
- 9 Tegelijkertijd brengt deze toepassing mogelijke consequenties met zich mee voor de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG), die in het kader van beleid en governance expliciet en zorgvuldig beoordeeld dienen te worden.