



Kuva: Antero Aaltonen

COVID-19-taudin suhde fyysiseen kuntoon

Elimistö voi saada tukea hyvästä kestävyys- ja lihaskunnosta rakentaessaan puskuria vakavaa COVID-19-tautimuotoa vastaan kaiken ikäisillä. Liikunta auttaa jaksamaan sekä fyysisesti että henkisesti pitkittyneen pandemian oloissa. Yksilöllisesti annosteltuna sillä on tärkeä merkitys myös sairaudesta toipussa.

ELÄMME POIKKEUKSELLISTA JA PITKITTÄNYTTÄ epäietoisuuden ja rajoitusten sävyttämää aikaa, joka koskettaa meitä kaikkia. Tietotulva COVID-19-viruksen ja sen muutuvien muotojen vaikutuksista lisääntyy jatkuvasti. Tämä auttaa meitä ymmärtämään paremmin, miten vakava terveysuhka nujerretaan. Tästä konkreettinen esimerkki on rokotteiden nopea kehitystyö ja väestötason rokotuskampanjan toteuttaminen. Infektioaltistuksen välttäminen kokonaan lienee mahdotonta lukuisista vaikuttavista hybridistrategian toimenpiteistä huolimatta, mutta pystymmekö ehkäisemään tautia tai nopeuttamaan siitä toipumista pitämällä huolta hyvästä fyysisestä kunnosta?

Hyvä kunto voi auttaa taistelussa COVID-19-infektiota vastaan

Elimistön vastustuskykyyn eli immuniteettiin kuuluvat kaikki kehon puolustus- ja suojajärjestelmät infektiota vastaan. Kohtuullisen säännöllisen liikunnan määrän viikotasolla on jo pitkään tiedetty vahvistavan immuniteettia vähentämällä ylähengitystieinfektioita, kun taas vähäinen liikunta tai suuri määrä kovakuormitteista liikuntaa voivat heikentää puolustusjärjestelmää (Nieman, 1994). Yksimielisyys vallitsee myös siitä, että noin 30–45 minuutin kohtuukuormitteinen liikuntasessio useamman kerran viikossa liikuntasuosituksen mukaisesti vahvistaa puolustusjärjestelmää iäkkäillä henkilöillä, joilla on mahdollisesti myös jokin ikääntymiseen liittyvä sairaus, ja näiden yhteisvaikutuksena immuniteetin heikkeneminen (Simpson et al., 2020).

Valtava tutkimusnäyttö on kiistatta osoittanut sekä kestävyyskunnan että lihaskunnan paranevan säännöllisen harjoittelun myötä. Se tuottaa selviä terveyshyötyjä kuten esimerkiksi hyvän fyysisen toimintakyvyn, vireämmät aivot, vähemmän kaatumisia ja paremman elämänlaadun (Jimenez-Pavon et al., 2020). Fysiologisia mekanismeja harjoittelun ja hyvän kunnan merkityksestä immuniteetin vahvistumisessa on tutkittu sekä eläinkokeissa että ihmisillä. Liikuntaharjoittelun tiedetään parantavan immuunipuolustusjärjestelmääme tuottamalla tulehdusta ehkäiseviä ja lieventäviä proteiineja ja toisaalta vähentämällä tulehdusta aktivoivia mekanismeja (Zbinden-Foncea et al., 2020).

Huono kestävyyskunto ja solun energia-aineenvaihdunnasta huolehtivan mitokondrion toiminnan häiriintyminen on arvioitu COVID-19-tautiin sairastumisen riskitekijöiksi (Burtscher et al., 2020). Viitteitä on myös siitä, että lihas voi toimia immuunielimenä ja tuottaa akuutin immuunivasteen proteiineja ja siten vahvistaa säännöllisen liikuntaharjoittelun tuottamaa suojaa infektioti-

ta vastaan (Langhans et al., 2014). Mielenkiintoinen uusi havainto eläinkokeissa on se, että liikunta stimuloi immuunipuolustusta vahvistavia soluja luussa (Sacma and Geiger, 2021).

Vaikka tutkimustietoa hyvän kestävyys- ja lihaskunnan merkityksestä elimistön reagointiin COVID-19-virukseen on toistaiseksi vähän, vaikuttaa kuitenkin siltä, että hyvä kunto rakentaa suojaavaa puskuria taudin vakavia oireita vastaan. Tätä tukee hiljattain julkaistu yhdysvaltalainen tutkimus, jossa selvitettiin, suojaako hyvä fyysinen kunto COVID-19-infektioon sairastuneita joutumasta sairaalaan. Tutkimukseen osallistui 246 henkilöä (42 % miehiä) iältään noin 59 vuotta (kehon painoindeksi noin 32 kg/m²). Heiltä oli käytettävissä aikaisemmin mitattu maksimaalisen kestävyyskunnan testitulos. Tutkittavista 36 prosenttia joutui sairaalaan COVID-19-infektion vuoksi. Tulokset osoittivat maksimaalisen kestävyyskunnan olevan merkittävästi heikompi niillä henkilöillä, jotka joutuivat sairaalaan (6,7 MET, lepoaineenvaihdunnan kerrannainen) verrattuna heihin, jotka säästyivät sairaalaan joutumiselta (8,0 MET). Hyvä fyysinen kunto suojasi sairaalaan joutumiselta COVID-19-infektioon sairastuneita iästä, sukupuolesta ja painosta riippumatta. (Brawner et al., 2021).

Fyysisen toimettomuuden terveyshaitat pandemian aikana

Vaikka säännöllinen liikuntaharjoittelu tuottaa yksilöllisiä vasteita terveysmuuttujissa, kuten kestävyys- (Hautala et al., 2006) tai lihaskunnossa (Ahtiainen et al., 2016), kannattaa sekä yksilöllisesti räätälöityä kestävyys- että lihasvoimaharjoittelua toteuttaa säännöllisesti. Perimä vaikuttaa saavutettavaan terveyshyötyyn ja vaikei kestävyyskunto yksilötasolla harjoittelujakson jälkeen nousisi-kaan kovin paljon, voi terveyshyöty näkyä esimerkiksi hyvän HDL-kolesterolin merkittävänä nousuna (Hautala et al., 2007).

COVID-19 infektion riskitekijät, oireet ja potentiaalinen mekanismi

COVID-19-tartunta voi iskeä keneen tahansa iästä ja sukupuolesta riippumatta. Tiedämme kuitenkin, että ikä itsenäisenä tekijänä ja ikääntymiseen liittyvät sairaudet, kuten korkea verenpaine, sydänsairaudet ja diabetes altistavat COVID-19-infektion vakavalle muodolle (Zhou et al., 2020). Esimerkiksi Englannissa ja Walesissa COVID-19-infektioon liittyvät kuolemat kasvoivat hoivakodeissa 220 prosenttia kymmenen ensimmäisen viikon aikana pandemian alkamisesta (Bone et al., 2020). Ikääntymiseen yhteydessä oleviin pitkäaikaissairauksiin, kuten sepelvaltimotautiin ja diabetekseen liittyy usein matala-asteinen tulehdus. COVID-19-viruksen iskiessä tulehdusreaktio voimistuu ja oireiden vaikeutuessa erityisesti keuhkojen ja sydämen toiminta voi heikentyä.

Tautiin voi liittyä lisäksi ns. tulehdusmyrsky (cytokine storm) vaikeuttaen oireita edelleen (Guzik et al., 2020, Mehta et al., 2020). Infektiosta toipuminen voi joillakin kestää pitkään ja moninaiset oireet kuten pitkittynyt yskä, uupumus, hengenahdistus, rintakipu, päänsärky, neurokognitiiviset oireet, lihaskivut ja -heikkoudet, vatsaoireet, ihottuma, ja depressio-oireet saattavat jatkua kuukausia, minkä vuoksi myös krooninen tai ”pitkä” COVID-19-taudin (long haulers tai long COVID) muoto on tunnistettu (Greenhalgh et al., 2020, Rubin, 2020). Oireiden moninaisuutta selittää osittain se, että COVID-19-viruksen reseptorina kohdesolun pinnalla toimii verenpaineen säätelyjärjestelmään liittyvä angiotensiiniä konvertoiva entsyymi (ACE2), jota ilmenee erityisesti hengitysteiden pintasoluissa, sydämessä, suolistossa ja munuaisissa (Barker and Parkkila, 2020). Perimän merkityksestä taudin vakavalle muodolle on myös viitteitä (van der Made et al., 2020).

Erityisen huolestuttavaa tässä ajassa on rajoitusten ja sulkutoimenpiteiden vaikutus yhteiskuntaan ja hyvinvointiin iästä riippumatta. Hätkähdyttäviä tuloksia ikääntyneiden toimintakyvystä raportoitiin Britanniasta noin kymmenen vuotta sitten. Keskimäärinen kävelynopeus osoitti, että 89 prosenttia yli 65-vuotiaista ei ehdi kadun yli liikennevaloissa vihreiden valojen palaessa. (Asher et al., 2012). COVID-19-pandemian vaikutuksia toimintakykyyn ja hyvinvointiin on toistaiseksi raportoitu niukasti, mutta ilmeinen yhteiskuntaa haastava kuntoutusvaje on odotettavissa.

Italialaisen tutkimuksen mukaan niillä COVID-19-potilailla, jotka selviytyivät ja kotiutuivat kuntoutussairaalaan keskimäärin 32 vuorokauden kuluttua sairastumisesta, yli 50 prosentilla fyysinen toimintakyky oli heikentynyt merkittävästi, kun sitä mitattiin lyhyen fyysisen suorituskyvyn testipatterilla (SPPB, short physical performance battery) (Belli et al., 2020). Lisäksi noin puolella COVID-19-potilaista toisessa aineistoissa todettiin merkittävästi alentunut kestävyyskunto noin kolme kuukautta sairastumisesta, mitä selitti vahvimmin lihaskunnan heikentyminen (De Marzo et al., 2020).

COVID-19-taudin pitkäaikaisvaikutuksia on hiljattain raportoitu Kiinasta tutkimuksessa, johon valikoitui 1733 potilasta iältään noin 57 vuotta (naisia 48 %). He sairastivat vakavan COVID-19-taudin ja olivat sairaalahoidossa Wuhanissa keväällä 2020. Seurantatutkimus kesti keskimäärin puoli vuotta. Vähintään yksi pitkäaikainen oire ha-

*COVID-19-potilailla,
jotka kotiutuivat
kuntoutussairaalaan
keskimäärin 32 vuorokauden
kuluttua sairastumisesta,
yli 50 prosentilla fyysinen
toimintakyky oli heikentynyt
merkittävästi.*

vaittiin suurimmalla osalla potilaista (76 %). Yleisimmät oireet olivat väsymys ja lihasten heikkous (63 %), nukkumisvaikeudet, ahdistus ja masennus. Kuuden minuutin kävelytestissä noin 25 prosenttia potilaista ei saavuttanut normaaliarvon minimirajaa. (Huang et al., 2021).

Hyvästä fyysisestä kunnosta huolehdittava erityisesti nyt

Edellä kuvatut erityisesti fyysiseen toimintakykyyn liittyvät terveyshaitat korostavat ja haastavat meitä kaikkia löytämään toimintatapoja, jotka lisäävät päivittäistä fyy-

Koronapandemian vaikutukset fyysiseen aktiivisuuteen monisäikeisiä

Kansainvälisen tutkimuksen mukaan koronapandemian ensimmäisen aallon vaikutukset fyysiseen aktiivisuuteen vaihtelivat. Osalla ihmisistä aktiivisuus nousi merkittävästi, ja toisilla se laski huomattavasti. Fyysisen aktiivisuuden kasvu oli yhteydessä parempaan fyysiseen terveyteen sekä lisääntyneeseen hyvinvointiin ja uneen. Vähentyminen oli puolestaan yhteydessä koetun fyysisen ja psyykkisen terveyden alenemiseen, painon nousuun sekä heikentyneeseen uneen.

– Vähentynyt fyysinen aktiivisuus oli yhteydessä heikompaan psyykkiseen terveyteen, joka ilmeni henkilökohtaisina ja tunnepuolen ongelmina sekä syömisen ja painon merkittävänä nousuna, kertoo liikuntapsykologian lehtori **Montse Ruiz** Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisestä tiedekunnasta.

Verkkokyselynä toteutettuun tutkimukseen osallistui yli tuhat henkilöä useista eri maista, joissa on ollut voimassa erilaisia pandemian aiheuttamia rajoituksia. Maa-kohtaiset erot ovat tulosten mukaan suuria. Esimerkiksi suomalaiset kokivat hyvinvointinsa paremmaksi kuin britit.


Osallistujat Latinalaisesta Amerikasta kokivat psyykkisen terveytensä huonommaksi kuin vastaajat Etelä-Koreasta. Filippiiniläiset osallistujat raportoivat syöneensä ja nukkuneensa enemmän kuin muiden maiden osallistujat.

– Tutkimus osoitti, että vähentyneestä fyysisestä aktiivisuudesta ilmoittaneet osallistujat kokivat fyysisen ja psyykkisen terveyden alentuneen sekä hyvinvoinnin vähentyneen asuinmaasta tai iästä riippumatta, Ruiz kertoo.

Koronapandemian vuoksi ihmisten liikkumista on rajoitettu eri maissa, mikä on muuttanut ihmisten käyttäytymistä. Tutkimuksen tulokset korostavat liikunnan tärkeyttä fyysiselle ja psyykkiselle hyvinvoinnille. Eristäytymistoimien jatkuessa painottuu fyysisen aktiivisuuden lisääminen osana jokapäiväistä tekemistä.

Kysely selvitti muutoksia osallistujien fyysisessä aktiivisuudessa, syömisessä, nukkumisessa, fyysisessä ja psyykkisessä terveydessä sekä hyvinvoinnissa ensimmäisen korona-aallon aikana. Tutkimuksen toteuttivat Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellinen tiedekunta sekä Wolverhamptonin ja Northamptonin yliopistot Ison-Britanniasta.

JOUKO KOKKONEN

 **Ruiz, M. C., Devonport, T. J., Chen-Wilson, C.-H., Nicholls, W., Cagas, J. Y., Fernandez-Montalvo, J., Choi, Y., & Robazza, C.** (2021). A cross-cultural exploratory study of health behaviors and wellbeing during COVID-19. *Frontiers in Psychology*, 11, 3897. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.608216>

sistä arkiaktiivisuutta ja säännöllistä liikuntaharjoittelua (Pecanha et al., 2020). Säännöllinen kestävyys- ja voimaharjoittelu kuuluvat kansainvälisten suositusten mukaan esimerkiksi kohonneen verenpaineen (Pescatello et al., 2015), diabeteksen (Marwick et al., 2009) ja sepelvaltimotaudin hoitoon ja kuntoutukseen (Fletcher et al., 2013).

Yhteinen piirre suosituksissa on se, että liikuntaharjoittelua suositellaan ohjelmoitavaksi käytännössä mielellään joka päivälle. Esimerkiksi sepelvaltimotautipotilaan suositukseen kuuluu kestävyysharjoittelua vähintään 3–5 päivänä viikossa ja lihasvoimaharjoittelua 2–3 päivänä viikossa arkiaktiivisuuden lisäksi (Hautala et al., 2016).

COVID-19-taudin jälkeen paranemisen eteneminen ja oireet määräävät liikunnan turvallisen aloittamisen tai jatkamisen, ja käytännön ohjeita löytyy yksilöllisen liikuntaohjelman rakentamiseksi. Esimerkiksi italialainen sydänpotilaiden kuntoutussuositus ohjaa liikunnan toteutuksen suunnittelua lyhyen fyysisen suorituskyvyn testipatterin tulosten perusteella (Mureddu et al., 2020). Uusia innovatiivisia kotiharjoittelun toteuttamisen muotoja ja harjoittelun motivaattoreita peräänkuulutetaan ja luovia etäratkaisuja teknologiaa hyödyntäen onkin jo otettu käyttöön (Araujo and De Souza, 2021).

Katse huomiseen

Odotamme kattavan rokotuskampanjan tuovan entisen arjen takaisin. Mielenkiintoinen kysymys onkin, voidaanko liikuntaharjoittelun avulla tehostaa rokotteen tuomaa suojaa? Yhdysvalloissa toteutetussa satunnaistetussa kontrolloidussa tutkimuksessa selvitettiin kausi-influenssarokotteen tuottamaa vasta-ainevastetta. Tutkimukseen osallistui noin 70-vuotiaita miehiä ja naisia (n = 144). Heidät arvottiin 24 viikon kestävyysharjoitteluryhmään (3 x viikko, 45–70 % maksimaalisesta hapenottokyvystä, 45–60 min/kerta) tai kontrolliryhmään (venyttelyä 2 x viikko, 75 min/kerta).

Immuunipuolustusjärjestelmän vasta-ainevastetta tarkasteltiin 24 viikon kuluttua ja sen havaittiin olevan korkeammalla tasolla kestävyysharjoitteluryhmällä verrattuna kontrolliryhmään. Kestävyysharjoittelu siis vahvisti influenssarokotteen suojaavaa vaikutusta (Woods et al., 2009). COVID-19 pandemian aikainen mielenkiintoinen jatkokysymys liittyy siihen, toimiiko liikuntaharjoittelu rokotteen suojaa vahvistavana tekijänä? Tulevaisuudessa ehkä saamme vastauksen kysymykseen.

Olen käsitellyt pääasiassa aikuisia ja ikääntyneitä, mutta on hyvä muistaa, että COVID-19-tauti ja siihen liittyvät yhteiskunnan toimenpiteet eivät katso ikää. Esimerkiksi koulujen etäopetus, liikuntaharrastusten rajoitukset ja sosiaalisten kontaktien vähäys kuormittavat koululaisia ja opiskelijoita siinä missä opettajiakin.

Yhdysvalloissa tutkittiin college-opiskelijoiden (n = 107) hyvinvointia ennen pandemiaa ja sen aikana. Opiskelijat arvoivat kyselyjen avulla fyysisen aktiivisuuden määrää, myönteisiä ja kielteisiä tunteita, unen laatua ja stressaavia elämän tilanteita. Fyysisen aktiivisuuden määrä oli positiivisesti yhteydessä myönteisiin tunteisiin ennen pandemiaa ja sen aikana. Samalla tavalla, jos fyysinen aktiivisuus lisääntyi pandemian aikana, myös myön-

teiset tunteet lisääntyivät. Huomattavaa oli myös se, että stressitilanteet eivät vaikuttaneet fyysisen aktiivisuuden ja myönteisten tunteiden yhteyteen. (Maher et al., 2021). Nämä tulokset ovat rohkaisevia ja kannustavat päivittäiseen liikunta-aktiivisuuteen, joka voi johtaa myös opiskelijoilla parempaan mielen hyvinvointiin.

Riippumatta arjen haasteista ja vakavaan tautiin liittyvästä huolesta, jatketaan periksi antamatta fyysisesti aktiivista elämäntapaa ja säännöllistä liikuntaharjoittelua hyvän kunnon ja vastustuskyvyn ylläpitämiseksi. Vaikka liikunta tai hyvä kunto eivät määrää alttiutta sairastua tai kykyä parantua COVID-19-infektiosta siinä määrin kuin ihmisen perimä, sairaushistoria tai rokotukset, voi liikunta ja hyvä kunto tämänhetkisen näytön perustella silti vähentää riskiä sairastua tai nopeuttaa palautumista taudista. Pitää myös muistaa, etteivät liikuntaharjoittelun vaikutukset elimistön puolustusjärjestelmään ole todellakaan ainoa syy pysyä liikkeellä, sillä toimettomuuden vaikutukset alkavat tunnetusti tuntua hyvin nopeasti.

ARTO J. HAUTALA

fyioterapian ja kuntoutuksen apulaisprofessori
liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto
kardiologian sydäntoimenpiteiden tutkimusryhmä,
Oulun yliopistollinen sairaala,
Oulun yliopisto
arto.j.hautala@jyu.fi

LÄHTEET

- Ahtiainen, J. P., Walker, S., Peltonen, H., Holviala, J., Sillanpää, E., Karavirta, I., Sallinen, J., Mikkola, J., Valkeinen, H., Mero, A., Hulmi, J. J. & Hakkinen, K. 2016. Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. *Age (Dordr)*, 38, 10.
- Araujo, C. G. S. & De Souza, E. S. C. G. 2021. A Multiprofessional Face-to-Face and Remote Real-Time Hybrid Mode of Exercise-Based Cardiac Rehabilitation: An Innovative Proposal During the COVID-19 Pandemic. *Can J Cardiol*.
- Asher, L., Aresu, M., Falaschetti, E. & Mindell, J. 2012. Most older pedestrians are unable to cross the road in time: a cross-sectional study. *Age Ageing*, 41, 690–4.
- Barker, H. & Parkkila, S. 2020. Bioinformatic characterization of angiotensin-converting enzyme 2, the entry receptor for SARS-CoV-2. *PLoS One*, 15, e0240647.
- Belli, S., Balbi, B., Prince, I., Cattaneo, D., Masocco, F., Zaccaria, S., Bertalli, L., Cattini, F., Iomazzo, A., Dal Negro, F., Giardini, M., Franssen, F. M. E., Janssen, D. J. A. & Spruit, M. A. 2020. Low physical functioning and impaired performance of activities of daily life in COVID-19 patients who survived hospitalisation. *Eur Respir J*, 56.
- Bone, A. E., Finucane, A. M., Leniz, J., Higginson, I. J. & Sleeman, K. E. 2020. Changing patterns of mortality during the COVID-19 pandemic: Population-based modelling to understand palliative care implications. *Palliat Med*, 34, 1193–1201.
- Brawner, C. A., Ehrman, J. K., Bole, S., Kerrigan, D. J., Parikh, S. S., Lewis, B. K., Gindi, R. M., Keteyian, C., Abdul-Nour, K. & Keteyian, S. J. 2021. Inverse Relationship of Maximal Exercise Capacity to Hospitalization Secondary to Coronavirus Disease 2019. *Mayo Clin Proc*, 96, 32–39.
- Burtscher, J., Millet, G. P. & Burtscher, M. 2020. Low cardiorespiratory and mitochondrial fitness as risk factors in viral infections: implications for COVID-19. *Br J Sports Med*.

- De Marzo, V., Clavario, P., Lotti, R., Barbara, C., Porcile, A., Russo, C., Bottaro, L., Caltabellotta, M., Hautala, A., Della Bona, R., Canepa, M., Ameri, P. & Porto, I. 2020. Prospective cardiopulmonary stress testing evaluation of non-severe COVID-19 patients at three months after hospital discharge. *European Heart Journal Supplements*, 22, N69–N69.
- Fletcher, G. F., Ades, P. A., Kligfield, P., Arena, R., Balady, G. J., Bittner, V. A., Coke, L. A., Fleg, J. L., Forman, D. E., Gerber, T. C., Gulati, M., Madan, K., Rhodes, J., Thompson, P. D. & Williams, M. A. 2013. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 128, 873–934.
- Greenhalgh, T., Knight, M., A'court, C., Buxton, M. & Husain, L. 2020. Management of post-acute covid-19 in primary care. *BMJ*, 370, m3026.
- Guzik, T. J., Mohiddin, S. A., Dimarco, A., Patel, V., Savvatis, K., Marelli-Berg, F. M., Madhur, M. S., Tomaszewski, M., Maffia, P., D'acquistio, F., Nicklin, S. A., Marian, A. J., Nosalski, R., Murray, E. C., Guzik, B., Berry, C., Touyz, R. M., Kreutz, R., Wang, D. W., Bhella, D., Sgallio, O., Crea, F., Thomson, E. C. & McInnes, I. B. 2020. COVID-19 and the cardiovascular system: implications for risk assessment, diagnosis, and treatment options. *Cardiovasc Res*, 116, 1666–1687.
- Hautala, A. J., Alapappila, A., Häkkinen, H., Kettunen, J., Laukkanen, J., Meiniälä, L. & Savonen, K. 2016. Sepelvaltimotautipotilaat liikunnalliseen kuntoutukseen. *Suomen Lääkärilehti*, 42, 53–57.
- Hautala, A. J., Kiviniemi, A. M., Makikallio, T. H., Kinnunen, H., Nissila, S., Huikuri, H. V. & Tulppo, M. P. 2006. Individual differences in the responses to endurance and resistance training. *Eur J Appl Physiol*, 96, 535–42.
- Hautala, A. J., Leon, A., Skinner, J. S., Rao, D. C., Bouchard, C. & Rankinen, T. 2007. Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Delta Polymorphisms Are Associated With Physical Performance and Plasma Lipids: The HERITAGE Family Study. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 292, 2498–505.
- Huang, C., Huang, L., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Gu, X., Kang, L., Guo, L., Liu, M., Zhou, X., Luo, J., Huang, Z., Tu, S., Zhao, Y., Chen, L., Xu, D., Li, Y., Li, C., Peng, L., Li, Y., Xie, W., Cui, D., Shang, L., Fan, G., Xu, J., Wang, G., Wang, Y., Zhong, J., Wang, C., Wang, J., Zhang, D. & Cao, B. 2021. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study. *Lancet*, 397, 220–232.
- Jimenez-Pavon, D., Carbonell-Baeza, A. & Lavie, C. J. 2020. Physical exercise as therapy to fight against the mental and physical consequences of COVID-19 quarantine: Special focus in older people. *Prog Cardiovasc Dis*, 63, 386–388.
- Langhans, C., Weber-Carstens, S., Schmidt, F., Hamati, J., Kny, M., Zhu, X., Wollersheim, T., Koch, S., Krebs, M., Schulz, H., Lodka, D., Saar, K., Labeit, S., Spies, C., Hubner, N., Spranger, J., Spuler, S., Boschmann, M., Dittmar, G., Butler-Browne, G., Mouly, V. & Fielitz, J. 2014. Inflammation-induced acute phase response in skeletal muscle and critical illness myopathy. *PLoS One*, 9, e92048.
- Maher, J. P., Hevel, D. J., Reifsteck, E. J. & Drollette, E. S. 2021. Physical activity is positively associated with college students' positive affect regardless of stressful life events during the COVID-19 pandemic. *Psychol Sport Exerc*, 52, 101826.
- Marwick, T. H., Hordern, M. D., Miller, T., Chyun, D. A., Bertoni, A. G., Blumenthal, R. S., Philippides, G., Rocchini, A., & on behalf of the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology; Council on Cardiovascular Disease in the Young; Council on Cardiovascular Nursing; Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Interdisciplinary Council on Quality of Care and Outcomes Research. 2009. Exercise training for type 2 diabetes mellitus: impact on cardiovascular risk: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 119, 3244–62.
- Mehta, P., Mcauley, D. F., Brown, M., Sanchez, E., Tattersall, R. S., Manson, J. J. & Hlth Across Speciality Collaboration, U. K. 2020. COVID-19: consider cytokine storm syndromes and immunosuppression. *Lancet*, 395, 1033–1034.
- Mureddu, G. F., Ambrosetti, M., Venturini, E., La Rovere, M. T., Mazza, A., Pedretti, R., Sarullo, F., Fattiroli, F., Faggiano, P., Giallauria, F., Vigorito, C., Angelino, E., Brazzo, S. & Ruzzolini, M. 2020. Cardiac rehabilitation activities during the COVID-19 pandemic in Italy. Position Paper of the AICPR (Italian Association of Clinical Cardiology, Prevention and Rehabilitation). *Monaldi Arch Chest Dis*, 90.
- Nieman, D. C. 1994. Exercise, upper respiratory tract infection, and the immune system. *Med Sci Sports Exerc*, 26, 128–39.
- Pecanha, T., Goessler, K. F., Roschel, H. & Gualano, B. 2020. Social isolation during the COVID-19 pandemic can increase physical inactivity and the global burden of cardiovascular disease. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 318, H1441–H1446.
- Pescatello, L. S., Macdonald, H. V., Lamberti, L. & Johnson, B. T. 2015. Exercise for Hypertension: A Prescription Update Integrating Existing Recommendations with Emerging Research. *Curr Hypertens Rep*, 17, 87.
- Rubin, R. 2020. As Their Numbers Grow, COVID-19 "Long Haulers" Stump Experts. *JAMA*.
- Sacma, M. & Geiger, H. 2021. Exercise generates immune cells in bone. *Nature*.
- Simpson, R. J., Campbell, J. P., Gleeson, M., Kruger, K., Nieman, D. C., Pyne, D. B., Turner, J. E. & Walsh, N. P. 2020. Can exercise affect immune function to increase susceptibility to infection? *Exerc Immunol Rev*, 26, 8–22.
- Van Der Made, C. I., Simons, A., Schuurs-Hoeijmakers, J., Van Den Heuvel, G., Mantere, T., Kersten, S., Van Deuren, R. C., Stehouwer, M., Van Reijmersdal, S. V., Jaeger, M., Hofste, T., Astuti, G., Corominas Galbany, J., Van Der Schoot, V., Van Der Hoeven, H., Hagmolen Of Ten Have, W., Klijn, E., Van Den Meer, C., Fiddelaers, J., De Mast, Q., Bleeker-Rovers, C. P., Joosten, L. A. B., Yntema, H. G., Gilissen, C., Nelen, M., Van Der Meer, J. W. M., Brunner, H. G., Netea, M. G., Van De Veerdonk, F. L. & Hoischen, A. 2020. Presence of Genetic Variants Among Young Men With Severe COVID-19. *JAMA*.
- Woods, J. A., Keylock, K. T., Lowder, T., Vieira, V. J., Zerkovich, W., Dumich, S., Colantuano, K., Lyons, K., Leifheit, K., Cook, M., Chapman-Novakofski, K. & Mcauley, E. 2009. Cardiovascular exercise training extends influenza vaccine seroprotection in sedentary older adults: the immune function intervention trial. *J Am Geriatr Soc*, 57, 2183–91.
- Zbinden-Foncea, H., Francaux, M., Deldicque, L. & Hawley, J. A. 2020. Does High Cardiorespiratory Fitness Confer Some Protection Against Proinflammatory Responses After Infection by SARS-CoV-2? *Obesity (Silver Spring)*, 28, 1378–1381.
- Zhou, F., Yu, T., Du, R., Fan, G., Liu, Y., Liu, Z., Xiang, J., Wang, Y., Song, B., Gu, X., Guan, L., Wei, Y., Li, H., Wu, X., Xu, J., Tu, S., Zhang, Y., Chen, H. & Cao, B. 2020. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet*, 395, 1054–1062.