Documento

Versión 4.9
9 junio 2021

Vacuna frente al COVID-19

Juan J. Picazo

Catedrático Emérito de Microbiología Médica.
Facultad de Medicina.
Universidad Complutense (Madrid)

Sociedad Española
de Quimioterapia:
infección y vacunas

Portada: www.freepik.es/garrykillian

Sociedad Española de Quimioterapia: infección y vacunas

Documento

Juan J. Picazo

Vacuna frente al COVID-19

Versión 4.9
9 junio 2021

Catedrático Emérito de Microbiología Médica. Facultad de Medicina. Universidad Complutense (Madrid)
E-mail: jpicazo@microb.net

En esta nueva versión, 4.9, se incluyen nuevos datos sobre la protección de las vacunas frente a nuevas variantes y evidencias sobre alternar vacunas . Se incluye un nuevo epígrafe sobre la duración de la inmunidad (sobre lo que hay ya acumulados datos), novedades sobre la efectividad de las vacunas mRNA, y sobre la protección de grupo. En las Conclusiones se insiste en las medidas generales de protección (distanciamiento social de más de 2 metros, mascarillas y lavado de manos), imprescindibles hasta obtener los niveles adecuados de protección de grupo.

1. INTRODUCCION

La pandemia por COVID-19 ha producido en nuestra sociedad un colapso sanitario, económico y psicológico enorme. Según el estudio de las causas más frecuentes de muerte en Estados Unidos, en 2020 se ha comprobado un incremento de la mortalidad del 17,7% comparado con el 2019 (Ahmad 2021). Esta enfermedad se ha convertido este año en la tercera causa de muerte en USA detrás de las enfermedades cardíacas y del cáncer (345.323 fallecimientos). El incremento por otras causas, especialmente cardíacas, Alzheimer y diabetes, puede reflejar también según estos autores la ruptura del sistema sanitario que impidió la detección precoz y el manejo terapéutico de estas enfermedades, junto al incremento en los fallecimientos por sobredosis de drogas.

Los casos en niños han incrementado en las estadísticas de USA (American Academy of Pediatrics 2021; Franki 2021), y los datos a 31 de marzo de 2021, encontramos de un total de casos en todas las edades de 25.446.361, un número de casos en niños de 3.405.638, lo que supone un 13,4% del total de casos (4.524,8 casos por 100.000 niños). A estos datos debemos sumar que muchas de las infecciones en niños son silentes

Acaban de publicarse los resultados preliminares del ensayo en fase 3 (Mahase E-5, 2021) en los que se indica que la vacuna Pfizer-BioNTech demuestra una eficacia del 100% frente al virus SARS-CoV-2 en niños de 12 a 15 años de edad. Estos datos suponen un avance extraordinario para alcanzar la deseada y necesaria inmunidad de la población, y se comentan de forma más ampliada en la vacuna Pfizer-BioNTech.

Hay aspectos de la infección por COVID-19, que no conocemos en profundidad. La enorme afectación que produce en las personas mayores se ha venido achacando al fenómeno de la inmunosenescencia, que indica que con la edad, la respuesta inmune es menos eficaz que afecta a la producción de células T por el timo. Se ha señalado también que la infección por Citomegalovirus, más frecuente en el anciano, en el que encontramos una seroprevalencia del 80%, podría conducir a un incremento de la respuesta frente al CMV produciendo una todavía menor respuesta inmune a nuevas infecciones virales, proporcionando una mayor susceptibilidad a lo que se ha denominado "tormenta de citoquinas" (Kadambari 2020). Recientemente se ha observado un incremento en edades más jóvenes.

La esperanza puesta en las vacunas ha conducido al desarrollo mundial de más de 200 vacunas en diferentes estados de investigación y al avance en novedosas formas de nuevas vacunas muy prometedoras que implican nuevas selecciones de antígenos y nuevas plataformas. La enorme morbilidad y mortalidad por esta pandemia en todo el mundo ha forzado la investigación en vacunas de una manera nunca antes experimentada, acortando los procesos de investigación y obligando a las entidades aprobadoras nacionales y supranacionales a realizar un seguimiento de los ensayos en directo para acelerar su disponibilidad. En cualquier caso, los científicos, los reguladores y los sanitarios deben permanecer firmes en su compromiso para mantener los estándares científicos, éticos y regulatorios necesarios para garantizar la seguridad y eficacia de las vacunas (Graepel et al., 2020).

No hace falta subrayar que este campo está en constante movimiento y actualización. Por ello, publicarlo en una revista de la forma habitual hace que los datos incluidos puedan quedar obsoletos cuando el artículo sale publicado. Aprovechando las pro-

©The Author 2020. Published by Sociedad Española de Quimioterapia. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

piedades y el alcance de las plataformas informáticas en internet, hemos decidido publicarlo en formato "on line" y en la parte superior del documento aparecerá la versión actualizada correspondiente que anula a la anterior. Confiamos que con esta fórmula este documento se encuentre periódicamente actualizado y cumpla su objetivo de informar fielmente a las profesiones sanitarias. La inclusión de datos y evidencias se realizará exclusivamente de publicaciones científicas o de presentaciones en órganos reguladores con el debido rigor, con una revisión por pares adecuada ("peer review") evitando siempre que podamos la inclusión de "noticias" que pudieran conducirnos a error. Como señalamos al final de este trabajo, el papel que los sanitarios han tenido y tienen (Bloom et al 2020) en el manejo de esta pandemia es crucial y la información que proporcionen será decisiva para que la población que desea la vacuna cuanto antes, elimine las dudas, los miedos y los titubeos naturales y podamos conseguir niveles de vacunación óptimos que nos permitan alcanzar lo más rápidamente posible una protección de grupo. Todos queremos volver a vivir la vida de antes de la pandemia. Esta puede ser la forma.

2. EL VIRUS

Se trata de un virus con membrana que encierra un ARN positivo de una sola hélice, una proteína replicasa no estructural y proteínas estructurales, la proteína pico (S), de envoltura (E), de membrana (M) y nucleocápside (N).

Los anticuerpos neutralizantes y la respuesta inmune celular tiene como objetivo principal la proteína pico (S), porque se ha demostrado que esta proteína es responsable del reconocimiento del receptor celular, y de la unión y de la entrada del virus a la célula receptora. La proteína pico (S) se compone de dos subunidades S1, que reconoce y se une a los receptores celulares (fundamentalmente al enzima convertidor de angiotensina, aunque en menor medida por la vía del CD4147 descrita por Wang en 2020) y la subunidad S2 que permite la fusión de la envoltura del virus con la membrana celular del huésped. Se sabe que específicamente una parte de la proteína S1, concretamente el Dominio de Unión al Receptor (RBD) es el responsable de la unión a los receptores de la célula infectada y por lo tanto se trata de uno de los más importantes objetivos del desarrollo de vacunas (He et al., 2005). En efecto, la unión del RBD de la S1 al receptor ACE2 pone en marcha un cambio de la conformación de la proteína S2 que da lugar a la inserción de un péptido en la membrana de la célula huésped (Sainz et al., 2005). Por otra parte, se ha demostrado que la inmunización de ratones con RBD da lugar a respuesta de anticuerpos y de células inmunes frente al virus (Zakhartchouk et al., 2007).

Se ha publicado una excelente revisión sobre este tema por Lanying Du y colaboradores (2009)

3. LAS VACUNAS

Sabemos que hay en investigación un gran número de vacunas en todo el mundo, hasta el punto de que realizar un seguimiento exacto de todas ellas sea complicado. La OMS dispone de una página web en la que se resumen las vacunas conocidas y su estado de investigación (OMS. Draft landscape of COVID-19 candidate vaccines). Aquí revisaremos aquellas vacunas que previsiblemente y de forma más inmediata estén disponibles en nuestro país.

La dificultad de elaborar una vacuna depende de varios factores, incluyendo identificación de antígenos que generen respuestas protectoras, la variabilidad de los microorganismos, la duración de la memoria inmunológica, además de la diferente respuesta que puede aparecer debido a factores genéticos, de edad o ambientales (Plotkin 2015).

La aprobación de una vacuna en España depende de la EMA (Agencia Europea de Medicinas), que dispone de unos mecanismos de aprobación específicos para la vacuna frente al COVID-19 (EMA-2020).

3.1. ASPECTOS GENERALES

La eficacia de una vacuna y la cobertura vacunal son dos conceptos fundamentales en general y en cualquiera que se trate. Una vacuna no protegerá a la población si no produce una respuesta inmune suficiente frente a los antígenos protectores, es decir, aquellos antígenos que son fundamentales para que el virus penetre en la célula y la infecte. Por otra parte, para que la población quede protegida debe vacunarse en un número suficiente para que se produzca la protección de grupo, que dependerá de la población vacunada y de la población que haya padecido la infección (sintomática o asintomática), de la eficacia y duración de su inmunidad, así como de la capacidad del virus para reproducirse (R_0). El trabajo de Bartsch y colaboradores estudia este tema en profundidad (Bartsch et al, 2020). Al final de este documento se revisa brevemente el interesante tema de la protección de grupo.

La seguridad de las vacunas es un aspecto fundamental, que no sólo puede afectar a esta vacuna sino a todas ellas. Existen como sabemos grupos de personas que a pesar de la evidencia disponible no son proclives a la vacunación. Cualquier problema que surja con esta vacuna produciría una mayor inquietud y hay que recordar que no existe un sustituto mejor para certificar la seguridad de una vacuna que los ensayos clínicos bien planteados, doble ciego, prospectivos y aleatorizados (Kostoff 2020). Dada la gravedad de la pandemia, la autorización apresurada de alguna vacuna es contemplada con preocupación por las autoridades sanitarias de todo el mundo (Krause et al., 2020; Anywaine et al, 2020; Puthumana 2020, Spinola 2020).

El trabajo de Edwards y Orenstein (Edwards 2020) resume de forma clara y breve los procesos a seguir en las distintas fases del ensayo clínico, así como aquellas preguntas que se deben contestar para el empleo apropiado de estas vacunas y que deben de contestarse a través de un sistema de vigilancia estricto:

-Duración de la protección y necesidad de dosis de recuerdo (boosters)

-Efectividad en grupos de población no estudiados durante los ensayos clínicos

-Los eventuales efectos adversos ¿están relacionados de forma causal con la vacuna?

-Cuál es el impacto de la vacunación en la comunidad (protección de grupo) Jeyanathan y cols (Jeyanathan 2020) indican muy certeramente aquellas estrategias a considerar para la vacunación del COVID-19:

1. La selección del o de los antígenos

En este punto hay un acuerdo general en las vacunas en marcha: La proteína S del virus proporciona anticuerpos protectores que neutralizan al virus y evitan la infección, dando lugar a una respuesta celular que parece muy necesaria (Du 2009, Li 2009, Yang 2020). La inclusión además de algunos enzimas virales muy conservados en las diferentes cepas puede también proporcionar una mayor protección frente a este y otros posibles virus (Ahmed 2020). Por otra parte, en un importante estudio realizado en 76 países de seis continentes analizando un total de 30.983 genomas del virus se ha observado una baja capacidad de mutación del RBD que indica que le diferencia del virus de la gripe o del VIH. El SARS-CoV-2 con esta muy baja capacidad de mutación favorece la elaboración de una vacuna efectiva (Alouane 2020) Esta baja capacidad de mutación (inusual en los virus ARN), parece debida a la presencia de una proteína no estructural, nsp14 que elimina los nucleótidos incorporados erróneamente, evitando que los errores sean permanentes, y contribuyendo a que la capacidad de error de estos virus sea inferior a la de otros virus ARN (Rausch 2020, Denison 2011, Eckerle 2010). No hace falta subrayar aquí la enorme trascendencia que para el empleo de vacunas frente a estos virus tienen estos datos. Sin embargo, cabe subrayar que las mutaciones son siempre posibles dando lugar a eventuales variantes de escape (especialmente en virus ARN) (Shah et al., 2020), por lo que la vigilancia epidemiológica en los posibles cambios en la estructura de estos virus tras la incorporación de las vacunas es esencial.

Las Mutaciones

No es el objeto de este documento analizar el impacto que las mutaciones y las diferentes variantes del virus puedan tener en la epidemiología de la enfermedad. Hay buena evidencia que indica que algunas de estas variantes presentan mucha mayor transmisibilidad. El objeto de este apartado es revisar el impacto que estas mutaciones (especialmente aquellas que afectan a los antígenos que conforman las vacunas) pudieran tener en la eficacia de las vacunas que se están administrando en estos momentos (Callaway 2021) La forma de analizar este impacto es evaluando la capacidad de neutralización de los sueros de pacientes convalecientes, o mejor, analizando la capacidad de neutralización de individuos plenamente inmunizados con las vacunas. En Medicina solemos decir que el paciente siempre tiene la razón. El estudio del problema en el laboratorio será de enorme utilidad, pero como se señala al final de este capítulo, la vigilancia epidemiológica de los individuos vacunados nos dará la clave del impacto real de este problema.

Es importante resaltar que los virus están en constante mutación y que lo hacen de forma aleatoria. A pesar de que algunos tienen mecanismos para evitar estos errores (mutaciones), los errores se producen. Algunos de ellos son incompatibles con la vida del virus y esta variante desaparece. La gran mayoría son errores menores que no conducen a una gran alteración del virus (variantes) y otras veces sufren cambios importantes (nueva cepa).

A pesar de la baja capacidad de mutación señalada anteriormente, se han detectado muchas mutaciones que han dado lugar a variantes del virus, algunas de estas mutaciones afectan a la proteína pico (S), concretamente al RBD, que es el lugar clave para la entrada del virus a la célula y por los tanto el objetivo de todas las vacunas.

En la actualidad, el número de variantes se ha ido incrementado y parecía imprescindible disponer de una denominación común que evite confusiones. Por ello, el CDC de los Estados Unidos a través de un grupo de expertos inter-agencias ha elaborado una clasificación en tres grupos (https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/cases-updates/variant-surveillance/variant-info.html), recogiendo los datos publicados por varios autores (Gu 2020, Collier De Marco 2021, Shen 2021, Tegally, Greaney, Zhang 2021, Wise 2021, Mascola 2021, Wang P 2021, Madhi 2021, Plante 2020, Baric 2020, Wang y Schmidt 2021) y otros. A continuación, se incluye un resumen de esta clasificación, el lugar de su primer hallazgo y los atributos de las variantes.

NOMBRE	ATRIBUTOS
B.1.526 Nueva York 2020	Reducción potencial en la neutralización por tratamiento con anticuerpos, por suero de convaleciente y por suero post-vacunación
B.1.525 Nueva York 2020	Reducción potencial en la neutralización por tratamiento con anticuerpos, por suero de convaleciente y por suero post-vacunación
P2 Brasil 2020	Reducción potencial en la neutralización por tratamiento con anticuerpos, por suero de convaleciente y por suero post-vacunación

VARIANTES DE INTERÉS: Cambios en el receptor de unión, reducción en la neutralización por anticuerpos generados tras la infección o la vacunación

VARIANTES PREOCUPANTES: Además de los atributos de las variantes de interés, muestran evidencias de impacto en el diagnóstico, tratamiento y en las vacunas. Evidencia de incremento en la transmisión. Evidencia de incremento de la gravedad de la enfermedad.

La aparición en Vietnam de una nueva variante muy transmisible y todavía no clasificada por la OMS será objeto de seguimiento.

NOMBRE	ATRIBUTOS
B.1.1.7 UK	50% Incremento en la transmisión. Incremento en la gravedad basado en las hospitalizaciones y en la mortalidad (Challen 2021). Mínimo impacto en el tratamiento por neutralización con anticuerpos monoclonales. Mínimo impacto en la neutralización por suero de convaleciente o suero post-vacunal
P1 Japón, Brasil	Impacto moderado en la neutralización en el tratamiento con anticuerpos monoclonales. Neutralización reducida con suero de convaleciente y suero post-vacunal
B.1.351 Sudáfrica	50% Incremento en la transmisión. Impacto moderado en la neutralización en el tratamiento con anticuerpos monoclonales. Neutralización reducida con suero de convaleciente y suero post-vacunal
B.1.427 California	20% Incremento en la transmisión. Impacto significativo en la neutralización con algunos tratamientos para uso de emergencia. Moderada reducción en la neutralización con suero de convaleciente y post-vacunal
B.1.429 California	20% Incremento en la transmisión. Impacto significativo en la neutralización con algunos tratamientos para uso de emergencia. Moderada reducción en la neutralización con suero de convaleciente y post-vacunal

VARIANTES CON GRAVES CONSECUENCIAS: Además de los atributos de las variantes preocupantes muestran evidencias de impacto en las medidas clínicas (demostración de fallos en el diagnóstico, evidencias de reducción significativa en la eficacia de las vacunas o un número desproporcionado de casos en vacunados o una muy baja protección vacunal frente a los casos graves, reducción significativa de la eficacia de los tratamientos aprobados, o una gravedad mayor en los procesos e incremento de las hospitalizaciones)

En la actualidad, no se han encontrado casos en este grupo de Variantes con Graves Consecuencias

La situación epidémica en la India ha sido y es muy preocupante. Cabe señalar que el día 25 de abril pasado se produjeron un total de 352.991 nuevas infecciones (Mallapaty 2021), la mayor cifra diaria en el mundo, superando la de USA del 2 de enero que fue de 300.000. Se estima que la quinta parte de los ciudadanos indios han sido infectados (270 millones de un total de 1.400 millones). Se han detectado varios factores que pueden haber intervenido; la emergencia de nuevas variantes (se comentará a continuación), el incremento de las relaciones sociales sin restricciones (motivos políticos, religiosos, celebraciones, etc.) y las bajas coberturas vacunales. En cuanto a las nuevas variantes, la aparición de la variante B.1.617 se ha convertido en dominante en algunas regiones (similar a lo ocurrido con la variante P1 en Brasil) se ha detectado en otros países y contiene varias mutaciones, dos de ellas relacionadas con una mayor transmisibilidad y con una eventual resistencia a la respuesta inmune (L452R y E484Q). Sin embargo, una reciente publicación (Pragya 2021) indica que el suero de convalecientes y el suero de vacunados con la vacuna Covaxin son capaces de neutralizarla, aunque con un ligero descenso en la eficacia (Liu 2021).

Los resultados sobre la eficacia de la vacuna ChAdOx1 (Astra/Zeneca) ante la variante B.1.351 (Sudafricana) han sido muy reveladores sobre esta variante de escape (Madhi 2021), frente a la que se observa una eficacia del 10,4%. Estos resultados serán comentados con mayor detenimiento en la vacuna ChAdOx1. Se ha demostrado igualmente una disminución de la eficacia de las vacunas mRNA (Pfizer y Moderna) frente a esta variante, utilizando suero de vacunados en cuya resistencia interviene muy probablemente la mutación E484K, que se encuentra en la variante sudafricana (B.1.351) así como en la brasileña (P1), que afectarían igualmente a las vacunas de Novavax y de Janssen (Johnson & Johnson).

Las vacunas mRNA pueden modificarse con mayor facilidad para adaptarse a las nuevas variantes, y se han publicado resultados preliminares del ensayo clínico en fase 2 de una vacuna m-RNA-1273.351 de Moderna, adaptada a la variante B.1.351 (Wu, Choi, 2021). Los resultados indican buena tolerancia y un incremento en la neutralización frente a esta variante y frente a la variante P1. El ensayo continúa evaluando una vacuna multivariante (mRNA-1273.211).

Necesitamos más evidencias clínicas sobre la eficacia de las vacunas frente a procesos leves o moderados e incluso graves de Covid-19, incluyendo las nuevas variantes. Como acabamos de ver, la industria productora de las vacunas está ya realizando los estudios pertinentes para actualizarlas a la situación epidemiológica actual, teniendo presente la posible pérdida de efectividad con el tiempo y por ello la necesidad en el futuro de eventuales revacunaciones.

El reciente trabajo de Funk y colaboradores publicado en Eurosurveillance (2021) compara 19.207 casos de variantes con casos no variantes en países europeos. Los casos producidos en individuos de edad media por cepas variantes B.1.1.7, B.1.351 y P1 presentaban un mayor riesgo de hospitalización y de ingreso en UCI, lo que subraya una vez más según los autores la necesidad de alcanzar cuanto antes elevadas coberturas de vacunación y cumplir con las medidas sanitarias necesarias para reducir la incidencia y prevenir casos graves. Otra medida importante es el incremento de pruebas y el seguimiento de los contactos, con enfoque especial hacia estas variantes de interés. En el caso de la variante B.1.1.7, la introducción de la mutación E484K, proporciona una pérdida más importante de la actividad neutralizante de los anticuerpos producidos por la vacuna si lo comparamos con la actividad neutralizante de la variante B.1.1.7 sin esta mutación, representando una amenaza para la eficacia de la vacuna (Collier De Marco 2021). Es preocupante el hecho de que la mutación E484K aparezca de forma independiente y recurrente sobre la variante B.1.1.7, dada la extensión rápida y global de esta variante.

Por otra parte, aparecen datos muy alentadores de vacunas de segunda generación (Su 2021) que demuestran en ratones que tras la administración de dos dosis de vacuna modificada con la proteína S de la variante B.1.351, se producen respuestas inmunes capaces de neutralizar todas las variantes conocidas, incluyendo la cepa original. Una tercera dosis con esta vacuna incrementa el título de anticuerpos neutralizantes similares a los obtenidos frente a la cepa original.

Por otra parte, conviene recordar que la respuesta inmune celular (células T CD8+) puede mantener el reconocimiento de la mayoría de las variantes como se ha demostrado estudiando la respuesta inmune de individuos convalecientes (Redd 2021)

En estos momentos, Las variantes que nos preocupan son la llamada británica (B.1.1.7), la variante llamada sudafricana (B.1.351), la variante llamada brasileña (P1), y recientemente las encontradas en el sur de California (B.1.427y B.1.429), así como la variante B.1.617 encontrada en la India. En estos momentos no se han encontrado Variantes con graves consecuencias.

Se han publicado resultados preliminares de una vacuna mRNA (Moderna, mRNA-1273.351), con resultados muy prometedores frente a esta variante.

Las mutaciones del virus son un hecho. La vigilancia epidemiológica de los individuos vacunados nos dará la clave del impacto real de este problema.

2. Las plataformas de vacunación deben considerar que la respuesta inmune adecuada debe incluir anticuerpos neutralizantes así como una respuesta celular.

La clasificación realizada es:

a. Virus vivo atenuado. No parece recomendable su uso

b. Virus inactivado. Proporcionaría una respuesta inmune frente a todo el virus

c. Proteínas virales (esenciales para la infección viral)

d. Vacunas recombinantes incluidas en virus vectores

Estas vacunas administran los genes de la proteína viral (proteína pico o proteína S). Se elige como vector a una cepa de Adenovirus no patógena para el hombre, y recientemente se utiliza una cepa específica para el chimpancé, con la que la humanidad no ha tenido contacto. Por ello, no habrá inmunidad frente a este Adenovirus (que destruiría la vacuna) y podría eventualmente repetirse la dosis.

e. Vacunas basadas en ácidos nucleicos (ADN o ARN)

Estas novedosas plataformas consisten en moléculas de ARN no replcativo, recubierta de una capa de nanopartículas lipídicas que protege al ARN (este ácido nucleico es muy susceptible a la degradación) que codifica la proteína del virus (en este caso, la proteína pico o proteína S). Dado que el ARN en sí mismo no es inmunogénico, la repetición de dosis es perfectamente posible. Las vacunas COVID-19 ARNm dan instrucciones para que nuestras células hagan una pieza inofensiva de lo que se llama la "proteína de pico", que se encuentra en la superficie del virus que causa COVID-19. Las vacunas COVID-19 ARNm se administran en la parte superior del músculo del brazo. Una vez que las instrucciones (ARNm) están dentro de las células musculares, las células las utilizan para hacer la pieza de proteína. Después de que se hace la pieza de proteína, la célula descompone las instrucciones y se deshace de ellas. A continuación, la célula muestra la pieza de proteína en su superficie. Nuestros sistemas inmunitarios reconocen que la proteína no nos pertenece y comienzan a construir una respuesta inmune y a producir anticuerpos, como lo que sucede en la infección natural contra COVID-19. Al final del proceso, nuestro organismo ha aprendido cómo protegerse frente a una futura infección (CDC vacunas frente a covid-19).

3. Las vías y el régimen de vacunación

La vía aceptada prácticamente por todas las vacunas es la inyección intramuscular. Algunas vacunas necesitan una segunda dosis para proporcionar una respuesta booster adecuada. No obstante, se ha planteado también la vacunación intranasal como vía eficiente para controlar la presencia del virus en las vías altas respiratorias y por lo tanto su capacidad de infección a otras personas (Hassan et al., 2020).

En cuanto al régimen de vacunación, ha producido controversia en el Reino Unido la orden del 30 de Diciembre de 2020 de retrasar la segunda dosis de la vacuna (Oxford/Astra Zeneca o Pfizer/BioNTech) con objeto de conseguir en UK el mayor número de vacunados con una sola dosis. El argumento empleado es que "priorizar las primeras dosis de vacuna para tantas personas como sea posible persigue proteger al mayor número de personas en riesgo en general en el menor tiempo posible y tendrá mayor impacto en la reducción de la mortalidad, enfermedades graves y hospitalizaciones y en la protección del Servicio Nacional de Salud y servicios de salud equivalentes". La Asociación Británica de Médicos indica que la decisión es irracional y completamente injusta y causará enormes problemas logísticos en todos los Centros de Vacunación (Mahase E-1). En España, en estos momentos, se ha rechazado esta posibilidad. Datos actuales de efectividad "en el mundo real", ponen en evidencia que una sola dosis de la vacuna BNT162B2 - BioNTech / Pfizer puede proteger hasta un 90% de las infecciones a los 21 días de la primera administración y mucho más (hasta un 100 %) de los casos graves (hospitalizaciones, ingresos en UVI, fallecimientos), permitiendo retrasar la segunda dosis. En el apartado de esta vacuna se indicará con mayor extensión este importante hallazgo (Chodick 2021, Hunter 2021).

Recientemente (Krammer 2021) se ha puesto en evidencia que la inoculación de una sola dosis de las vacunas mRNA en un individuo que haya padecido la infección da lugar a un incremento exponencial de la respuesta inmune. En otra publicación más extensa (Krammer F-2, 2021), encuentran que una sola dosis de una vacuna mRNA (Pfizer o Moderna), da lugar a una respuesta inmune inmediata en esas personas seropositivas, con títulos de anticuerpos post-vacunación similares o superiores a los de los participantes seronegativos que han recibido dos dosis de la vacuna. Además del interés que este dato puede tener en los individuos que la hayan padecido (sintomáticamente o asintomáticamente), tiene el valor del ahorro que supone en este colectivo (cada vez mayor) de una dosis de refuerzo. Los detractores del retraso en la segunda dosis indican que la administración de una segunda dosis probablemente alargue el tiempo de defensa inmunitaria frente al virus y

proporciona un título de anticuerpos y en general de respuesta inmune mayor (Moore JP 2021). El retraso en la segunda dosis pudiera por tanto producir un descenso en la inmunidad que propicie el desarrollo de variantes de escape como se ha probado en individuos inmunodeprimidos (Kemp 2021). Indudablemente, el impacto del régimen de vacunación en este escape dependerá de la eficacia inmunitaria conferida por una sola dosis (Saad-Roy 2021), y como acabamos de señalar hay importantes datos de la respuesta con las vacunas mRNA. En cualquier caso todo esto necesita más evidencias.

La posibilidad de añadir un adyuvante para mejorar la respuesta inmune, que se está ensayando por ejemplo en la vacuna de Novavax.

Acceso prioritario a las vacunas

En cuanto al acceso prioritario a las vacunas, la Unión Europea (Comisión Europea 2020), ha señalado los siguientes grupos:

- profesionales sanitarios
- personas mayores de 60 años
- personas que por su estado de salud se encuentran en situación de especial riesgo
- trabajadores esenciales fuera del sector sanitario
- trabajadores que no pueden distanciarse socialmente
- grupos socioeconómicos vulnerables y otros grupos de mayor riesgo

La experiencia de Israel, que con una estructura totalmente centralizada con una consolidada capacidad de respuesta ante emergencias ha conseguido vacunar a gran parte de la población en poco tiempo, ha sido estudiada por varios autores (Rosen 2021, Glied 2021, Cylus 2021). Además de la disposición de abundantes dosis de vacunas para toda la población, han evitado la utilización de parámetros muy complicados para la implementación de las vacunas, recurriendo al simple criterio basado en la edad, con un único punto de corte de los 60 años. En Holanda, por ejemplo, los tres grupos más representados en las UCI se encuentran entre los 60 y los 75 años de edad, y por lo tanto toda estrategia que ignore a estos grupos no conseguirá aliviar la presión del sistema sanitario. Es obvio que esta pandemia ha enseñado a todas las autoridades internacionalmente a proceder en casos de emergencia nacional y prepararnos para una posible pandemia futura.

4. Vacunación de embarazadas

Las mujeres embarazadas tienen riesgos mayores en el caso de contraer la infección. Un riesgo ajustado de 3.0 de ser ingresadas en la UCI, un riesgo ajustado de necesitar ventilación invasiva de 2.9, un riesgo ajustado de necesitar oxigenación de 2.4 y un riesgo ajustado de fallecer de 1.7 si lo comparamos con el resto de la población (Zambrano 2020). Las embarazadas han sido excluidas de los ensayos clínicos previos, por lo que no hay datos sobre la eficacia de las vacunas en esta población ni de la protección eventual de los recién nacidos. Sin embargo, en USA han ocurrido a fecha de 1 de marzo pasado más de 73.600 infecciones y 80 fallecimientos en embarazadas. En dos Centros de USA se ha realizado un estudio prospectivo de cohortes (Gray 2021) en 131 mujeres de 18-45 años (84 embarazadas, 31 en lactación y 16 no embarazadas) tras el consentimiento informado, que recibieron las vacunas mRNA (Pfizer/BioNTech, y Moderna), recogiendo todos los datos de efectos adversos, tomando muestras de sangre, de leche materna y sangre del cordón umbilical. Se encontraron importantes títulos de IgG frente al virus en las mujeres embarazadas, en las lactantes y en las no embarazadas (grupo control) superiores a los encontrados en las mujeres embarazadas que sufrieron la infección. Tras la dosis de refuerzo se encontraron niveles superiores de IgG en la sangre, que se trasladaron al feto a través de la placenta y al neonato a través de la leche materna. Todos estos datos que necesitan confirmación (Perl 2021, son muy alentadores y sugieren que la vacunación de las embarazadas y de las mujeres lactantes pueden dar lugar a una inmunidad robusta en la madre y en el recién nacido. Hay un documento general sobre este tema que puede consultarse (GOV-UK. Guidance).

Un trabajo reciente (Shimabukuro y Shin, 2021), empleando la base de datos VAERS de USA (sistema para reportar efectos adversos por las vacunas) ha revisado un total de 35.691 casos de mujeres embarazadas entre 16 a 54 años que recibieron vacunas mRNA comparando con el mismo grupo de edad de mujeres no embarazadas. La reactogenicidad fue muy similar a la observada en embarazadas antes de la pandemia; las mujeres embarazadas no reportaron mayor frecuencia de efectos adversos que las mujeres no embrazadas, excepto náuseas y vómitos, que fueron ligeramente más frecuentes tras la segunda dosis.

El Consejo Interterritorial acaba de publicar la actualización 7 de las Estrategias de vacunación (Ministerio de Sanidad 2021-7), y respecto a las embarazadas señala que teniendo en cuenta las evidencias disponibles (Collier, McMahan 2021), se propone vacunar a las embarazadas o en periodo de lactancia con vacunas de ARNm cuando les corresponda según el grupo de priorización al que pertenezcan.

5. El Pasaporte de vacunación

La lenta resolución de la pandemia provoca en la población un cansancio y el rechazo a las normas para la prevención de su extensión y un deseo urgente en la "vuelta a la normalidad", con las implicaciones que para el comercio y el turismo supone. A la vista de la eficacia y efectividad de las vacunas disponibles, se está planteando el empleo de un "Pasaporte de Vacunación", que asegure que una determinada persona está vacunada y por tanto no supone un riesgo para sí mismo y para los demás si relaja las precauciones para evitar el contagio. Esta opción, que está ganando más aceptación, choca en estos momentos con algunos problemas (Gostin 2021, Hall 2021):

1. No conocemos bien las posibilidades que un vacunado tiene de contagio. Sabemos por modelos animales y por estudios en individuos vacunados que la eliminación de virus

es menor e incluso nula en estos casos, pero la posibilidad de transmisión no ha sido completamente descartada.

2. La disponibilidad de vacunas en el mundo y especialmente en nuestro país, es muy limitada por lo que como se ha señalado es moralmente cuestionable su empleo en estos momentos.

3. Habría que definir con claridad las actividades permitidas para aquellos que dispongan del "Pasaporte" (físico o digital), así como la identidad del regulador, aunque en nuestro caso se trataría probablemente del Ministerio de Sanidad con la participación de las Comunidades Autónomas. En algunos países este pasaporte no sería posible, por no disponer de una base de datos nacional o por considerarse información confidencial, aunque las Regulaciones Sanitarias Internacionales permiten en algunos caso (fiebre amarilla por ejemplo) requerir prueba de vacunación o de otra profilaxis.

4. Estas actividades permitidas deberían ser revisables a la vista de las evidencias disponibles en cuanto al riesgo para el vacunado y para sus contactos (efectividad dependiendo de la vacuna, efectividad en prevenir la transmisión, duración de la inmunidad, protección de grupo, aparición de nuevas variantes, etc.).

Existen ya algunas experiencias que pueden orientar esta iniciativa, especialmente el documento de levantamiento de restricciones para las personas que se han recuperado de una infección por Covid-19 (CDC 8 de marzo de 2021). En cualquier caso, ha pasado ya más de un año de pandemia con las restricciones importantes que han afectado a los individuos (con las alteraciones físicas y psicológicas que esto implica) y a la economía de los países. Estamos obligados a estudiar y evaluar medidas razonables que permitan volver a una relativa normalidad, manteniendo todas las garantías.

La Unión Europea ha aprobado un 'certificado COVID-19 de la UE para los nacionales de la Unión que hayan sido vacunados frente a la COVID-19, que cuenten con un test PCR negativo, o que hayan superado la enfermedad recientemente, que estará en vigor únicamente durante un año. Este Certificado, que se emitirá en formato digital o en papel, se aprobará por procedimiento de urgencia, de modo que esté disponible para el verano y permita la libre circulación de los ciudadanos de la UE.

6. Alternar vacunas

Es una regla general que no deben alternarse las vacunas, de modo que, en este caso, si se administra la primera dosis con la vacuna BioNTech de Pfizer debe suministrarse la misma para la segunda dosis. Como veremos a continuación, disponemos en Europa de varias vacunas, aunque dada la elevada demanda, el suministro podría tener eventualmente problemas. Por ello, se está planteando la posibilidad de alternar vacunas y para ello es necesario efectuar el adecuado ensayo clínico que pruebe que el intercambio de vacunas es posible, obteniendo al menos la misma respuesta inmune que con la administración de la misma vacuna.

El Departamento de Salud y de Cuidados Sociales del Reino Unido acaba de comenzar ese ensayo Clínico (GOV-UK 2021). Este estudio será el primero del mundo que analice los efectos de administrar diferentes vacunas en la primera y segunda dosis, obteniendo además datos de los efectos de diferentes intervalos entre ambas dosis.

El ensayo se realizará con 800 personas, mayores de 50 años y tendrá 8 brazos:

1. Dos dosis de Oxford/AstraZeneca con 28 días entra ellas

2. Dos dosis de Oxford/AstraZeneca con 12 semanas entre ellas (grupo control)

3. Dos dosis de Pfizer/BioNTech con 28 días entre ellas

4. Dos dosis de Pfizer/BioNTech con 12 semanas entre ellas (grupo control)

5. Primera dosis de Oxford/AstraZeneca y segunda dosis de Pfizer/BioNTech con 28 días entre ellas

6. Primera dosis de Oxford/AstraZeneca y segunda dosis de Pfizer/BioNTech con 12 semanas entre ellas

7. Primera dosis de Pfizer/BioNTech y segunda dosis de Oxford/AstraZeneca con 28 días entre ellas

8. Primera dosis de Pfizer/BioNTech y segunda dosis de Oxford/AstraZeneca con 12 semanas entre ellas

La revista Lancet, acaba de publicar los resultados preliminares de este estudio (Shaw 2021) multicéntrico, randomizado en el que se indica la reactogenicidad preliminar de 461 participantes que han recibido su segunda dosis de vacuna. La vacunación heteróloga produjo mayor reactogenicidad que la homóloga, con fiebre, escalofríos, cansancio, cefaleas, dolor articular, cefaleas y dolor muscular, aunque en todos los casos de forma leve o moderada (no necesitaron en ningún caso hospitalización), observada generalmente en las 48 horas posteriores a la inmunización. Los participantes necesitaron la toma de paracetamol en los siguientes casos:

Oxford/AstraZeneca, Oxford/AstraZeneca: 36%

Astra/Zeneca, BNT/Pfizer: 57%

BNT/Pfizer, BNT/Pfizer: 41%

BNT/Pfizer, Oxford Astra/Zeneca : 60%

Tomando los datos de la ingesta de paracetamol, resultan muy elevados si comparamos los resultados de la vacunación homóloga BNT/Pfizer, BNT/Pfizer con los del ensayo clínico en fase 3 (Polack 2020, Wollersheim S, FDA/CBER), y superiores a los publicados en el ensayo prospectivo observacional de efectividad realizado en el Reino Unido (Menni 2021) en el que se encontraban igualmente efectos secundarios con menor frecuencia que los publicados en los ensayos en dase 3 de estas vacunas (22% tras la segunda dosis de BNT/Pfizer).

Estamos pendientes de la publicación del estudio completo en el que se incluyan los resultados de la eficacia de las diferentes combinaciones, en los que los datos de inmunogenicidad serán claves para conocer el alcance real de estas combinaciones.

En España, el Instituto de Salud Carlos III ha realizado un

ensayo clínico similar, administrando la segunda dosis a un número de vacunados con AstraZeneca con la vacuna BioNTech/Pfizer, y comparando los resultados con otro grupo de control. Los resultados en el grupo de intervención (segunda dosis con BioNTech/Pfizer), en relación a la seguridad, han sido reacciones fundamentalmente leves (68,3%) o moderadas (29,9%), con dolor en el sitio de inoculación, induración, cefalea y mialgia, sin reportar efectos adversos graves. Los resultados de inmunogenicidad, han sido excelentes con un incremento en la media geométrica de los títulos de IgG anti-RBD de 109% a los 14 días de la vacunación ($p<0.0001$), un incremento frente a la proteína S del 37,4% y un incremento de cuatro veces en la inmunidad celular (Borobia 2021). Se trata de un trabajo de referencia que será muy importante para relanzar la vacunación.

Se ha publicado la Nota a la Actualización 7 del Ministerio de Sanidad (Ministerio de Sanidad 2021-Nota 7), en la que tras el informe del Comité de Bioética (de Montalvo 2021) y de la reunión de la Comisión de Salud Pública de 18 de mayo de 2021, se acordó la administración de Cominarty (BNT/Pfizer) como segunda dosis en las personas menores de 60 años pendientes de completar la pauta de vacunación, obedeciendo a los datos recientes de seguridad y de respuesta inmune observada con esta vacunación. Posteriormente, en el pleno del Consejo Interterritorial del SNS, de 19 de mayo, se acordó que aquellas personas que rechazaran esta vacunación pudieran ser vacunadas con Vaxzevria (Astra/Zeneca) previo consentimiento informado.

7. Duración de la inmunidad

Los anticuerpos están producidos por las células B, que a su vez están reguladas por las células T. Los anticuerpos y las células T forman la respuesta inmune frente a los virus; los anticuerpos protegen a las células para ser infectadas, las células T actúan sobre las células infectadas. En estos momentos estamos fundamentalmente midiendo la respuesta inmune a través de los anticuerpos neutralizantes (son más sencillos de analizar que las células T), pero esto no es más que parte de nuestras defensas, conviene recordarlo.

Los títulos de anticuerpos frente al SARS-CoV-2 disminuyen lentamente con el tiempo (Wajnberg 2020). Los títulos de anticuerpos específicos para determinados antígenos se mantienen en las células plasmáticas de larga vida en la médula ósea mucho después de que desaparezca el antígeno. Efectivamente, las células B de memoria son el segundo instrumento de la memoria humoral. Si se produce una nueva exposición al antígeno, estas células se expanden rápidamente y se diferencian en plasmoblastos secretores de anticuerpos; los datos actualmente disponibles indican que infecciones inaparentes de SARS-CoV-2 generan una respuesta prolongada de células B de memoria (Turner 2021).

La respuesta inmune tanto humoral como celular a las vacunas es muy importante Esta última se ha puesto en evidencia en la respuesta ante los virus como patógenos intracelulares (Plotkin 2010). La reducción de esta respuesta es indicativa de gravedad de la enfermedad, y su impacto resulta de especial interés en el mantenimiento de una protección a largo plazo (Cox et al., 2020). En 2003, se demostró que en la infección por SARS-CoV, las células T de memoria se mantenían durante al menos 6 años, y no así las células B (Tang et al., 2011) Se ha demostrado que estas células T continúan reaccionando frente al SARS-CoV-2 al menos 17 años más tarde (Le Bert et a., 2020). Las células T específicas frente a la infección por SARS-CoV presentan una reactividad cruzada potencial frente a los péptidos del virus SARS-CoV-2, soportando por lo tanto la noción de que los pacientes con COVID-19 puedan desarrollar una inmunidad celular de larga duración. En otra publicación (Breton 2020), se demuestra que las células T (CD4 y CD8) con memoria específica frente a SARS-CoV-2 persisten y se espera que jueguen un importante papel protector frente a una reexposición al virus.

Hay múltiples trabajos (en Alemania, Singapur, Reino Unido, Suecia, etc.) que indican la presencia de células T específicas frente a SARS-CoV-2 en el 20% al 50% de personas sin conocimiento de previa exposición al virus (Doshi 2020).

La respuesta inmune frente a las vacunas y la edad ha sido también motivo de múltiples trabajos indicando que la respuesta disminuye con la edad, debido al fenómeno de inmunosenescencia (Soiza 2020). Hay que resaltar sin embargo, que este fenómeno no es bien conocido (Gustafson 2020) y encontramos a veces una inmunidad frente a la infección muy positiva en personas mayores de 70 años.

3.2. VACUNAS

Con objeto de hacer más breve esta revisión, expondremos los datos de las vacunas que en estos momentos previsiblemente se encontrarán en nuestro país en breve. Dado que se trata de un documento "vivo", iremos añadiendo las nuevas vacunas que se incorporen.

Parece oportuno recordar aquí, que todo fármaco (me atrevería a decir que todo en la vida) no está exento de algún riesgo. En el caso de las vacunas, este riesgo se minimiza todo lo posible a través de ensayos en fase 1, en fase 2 en fase 3, e incluso en fases tras comercialización. Este exquisito control se debe a que estos productos se administran a personas habitualmente sanas, que no aceptarían (como es lógico) que un fármaco les produjera un efecto no deseado, y por otra parte en la mayoría de los casos los receptores son niños, en los en los que estos efectos serían especialmente inaceptables. En el caso de esta enfermedad, se ha producido en la población un gran desasosiego, como es lógico, con la esperanza puesta en la vacunación. Por ello, el proceso de aprobación se ha realizado de forma novedosa y acelerada, implicando a las Agencias Reguladoras (que son en último término las que aprueban las vacunas) en todo el proceso de investigación. Estas Agencias han tenido acceso a todas las etapas de los ensayos y esto explica que puedan evaluar de modo acelerado las vacunas. La Vigilancia Epidemiológica tras la incorporación de las vacunas será igualmente fundamental.

Hay datos muy interesantes que comparan la inmunogenicidad y la eficacia de varias de las vacunas existentes en primates no humanos. Para aquellos interesados, hay una buena revisión publicada (Mukhopadhyay 2020).

Como es habitual, las vacunas (como cualquier otro fármaco) deben administrarse con precaución a personas que hayan mostrado reacción a algún otro fármaco. Por ello, tras la administración de cualquiera de estas vacunas es recomendable mantener al vacunado en observación por una posible reacción durante unos 15 minutos. La EMA ha puesto en marcha un programa de control post-autorización, para evaluar la seguridad de las vacunas frente al COVID-19, preparando una infraestructura para el control de las coberturas, la seguridad y su efectividad.

En estos momentos, y tras millones de dosis administradas de la vacuna Pfizer-BioNTech y millones de dosis de la vacuna de Moderna administradas en USA, se han declarado cuadros de anafilaxis (niveles 1, 2 o 3) en 4,7 casos por millón de dosis de Pfizer-BioNTech y en 2,5 casos por millón de dosis de Moderna, sin mortalidad (Shimabukuro y Cole 2021).

3.2.1 BNT162B2 - BioNTech / Pfizer (BNT/Pfizer) (COMIRNATY)

Se trata de una vacuna desarrollada conjuntamente por BioNTech en Mainz (Alemania) y por Pfizer en USA que consiste en una molécula de ARN mensajero que codifica la proteína S (Spike) del virus, estabilizada, envuelta en una nanopartícula lipídica. Tiene la particularidad de la necesidad de conservarse a temperaturas de -60º C a -80ºC, aunque soporta 5 días a temperaturas de 2ºC a 8ºC.

Fase 1: Se trata de evaluar la dosis óptima en individuos de 18 a 55 años y de 65 a 85 años, que reciben de forma aleatorizada la vacuna BNT162b2 en dosis de 10, 20 o 30 µg de la vacuna o placebo con otra dosis a los 21 días (Walsh et al., 2020). Los resultados permiten la elección de esta vacuna para continuar a la fase 2.

Fase 1/2. Con la participación de 45 individuos aleatorizados con placebo para recibir dos dosis (separadas 21 días) de 10 µg, 20 µg o 30 µg de la vacuna BNT162b1 que codifica al Dominio que se Une al Receptor (RBD) de la proteína pico del virus (Mulligan et al., 2020). Los efectos adversos fueron más frecuentemente locales con dolor en el sitio de la inoculación, especialmente tras la dosis de refuerzo. Los efectos adversos sistémicos ligeros a moderados se produjeron dentro de los 7 días tras cada dosis, consistentes en cansancio y cefaleas. Escalofríos, dolor muscular y articular aparecieron en individuos que recibieron la vacuna, más frecuentemente tras la segunda dosis y en vacunados con la dosis más elevada (100 µg), al igual que la fiebre (≥38º C), más frecuente en dosis mayores (30 µg.), que desapareció generalmente a las 24 horas. No se detectaron efectos adversos de grado 4 y la mayoría de las reacciones locales sucedieron entre el día 2 y el día 7 tras la vacunación.

El título de anticuerpos neutralizantes dirigidos frente al Dominio que Une al Receptor (RBD) que hemos comentado con anterioridad, se analizaron tras la primera y la segunda dosis de 10µg y 30 µg con resultados que comparativamente con los obtenidos de pacientes con COVID-19 fueron desde 8 veces hasta más de 45 veces superiores tras la segunda dosis, demostrando la gran inmunogenicidad de la vacuna. Un estudio ulterior para conocer la respuesta de inmunidad celular demostró que dos dosis de esta vacuna confirmaban importantes concentraciones de anticuerpos (IgG) frente al RBD así como una sólida respuesta de células T y de citoquinas que los autores sugieren podría proteger frente a la infección por múltiples mecanismos (Sahin et al., 2020). El 95,2% de los participantes incluyendo los que recibieron 10µg de BNT162b1, desarrollaron respuesta específica celular CD4+T frente a RBD, demostrando además la importancia de la segunda dosis de refuerzo. En base a los resultados del estudio pivotal de Walsh, Frenck, Falsey y Kichin, se selecciona a BNT162b2 como candidato para evaluar la seguridad y la eficacia en la Fase 2/3.

Con fecha 10 de Diciembre de 2020 se ha publicado en el N Engl J Med el trabajo de Polack y cols., y la Food and Drug Administration (FDA) de USA ha realizado y emitido públicamente via YouTube (y otros canales) el 162 Meeting of The Vaccines and Related Biological Products Advisory Commiittee en la que se han revisado para su aprobación los últimos datos de la vacuna de Pfizer y muy concretamente los resultados de la Fase 3 (Polack, FP, Jansen K y Gruber W). Se trata de datos por lo tanto muy actuales y que han sufrido el *peer review* de la Agencia Reguladora y de varios expertos convocados a la reunión y que por ello sugerimos a los interesados su revisión. Señalaremos a continuación algunos de los datos que consideramos más relevantes.

Este ensayo en **Fase 3** se ha realizado en individuos de 16 años o mayores, con una concentración de la vacuna **BNT162b2 de 30 µg**, en dos dosis administradas con al menos 21 días entre ellas. La presentación es en un vial para 5 dosis. La vacuna debe almacenarse ente -60ºC y -80ºC., aunque puede mantenerse durante 5 días a 2ºC-8ºC. Esta fase 2/3 se ha realizado en un total de más de 43.448 individuos de 16 años o más de edad.

En la reciente publicación (Polack 2020) y en la misma reunión, la FDA (Wollersheim S, FDA/CBER), ha revisado los datos aportados, con las siguientes conclusiones:

En lo referente a **seguridad**, se observó una más frecuente reactogenicidad tras la dosis 2, ligera o moderada, y remarcablemente menos frecuente y menos grave en los individuos adultos vacunados de más de 55 años de edad. Las reacciones locales fueron frecuentes en ambos grupos de edad (dolor ligero en el lugar de la inoculación). En cuanto a las reacciones sistémicas se observaron episodios de fiebre en el 15,8% de los individuos entre 18-55 años de edad, siendo muy infrecuentes en los mayores de esta edad (1,4%), especialmente cansancio y cefaleas. Tras la segunda dosis, la frecuencia en mayores de 55 años tras la vacuna apareció en el 10,9% de los vacunados. Fiebre (≥38ºC) apareció tras esta segunda dosis en el 16% de los jóvenes vacunados y en el 11% de los mayores. Todos estos efectos aparecieron en los primeros 2 días tras la

vacunación y desaparecieron poco tiempo después. Un caso posiblemente relacionado con la vacuna consistió en dolor en el hombro. El control de la seguridad de la vacuna continuará durante los dos años posteriores a la administración de la segunda dosis.

En cuanto a la **eficacia**, la FDA ha resaltado que la totalidad de los datos sometidos a través del procedimiento de urgencia (EUA) ha obtenido los resultados esperados. En el análisis final de eficacia tras 7 días después de la dosis 2 ha sido del **95%** (95% CI 90,3; 97,6) en participantes sin evidencia previa de la infección por COVID-19. Esta eficacia es consistente entre todos los subgrupos analizados, igual o superior al 93%. Concretamente en el subgrupo de hipertensos la eficacia fue del 94,6%. Aunque el número de casos tras la primera dosis es limitado, la eficacia de COVID-19 grave tras la primera dosis fue del 88,9%. La eficacia en subgrupos por comorbilidad (procesos malignos, cardiovasculares, Enfermedad Crónica Pulmonar, diabetes, obesidad, e hipertensión) es igualmente muy importante (95,3%)

Obviamente, necesitaremos contar con más datos tras lo proyectos de Farmacovigilancia que los países, y que la propia Compañía están realizando, muy especialmente en cuanto a los efectos adversos y a la duración de la protección. La seguridad y eficacia en niños y en embarazadas no se conoce en estos momentos. Procede indicar aquí el trabajo de Edlow y colaboradores (Edlow 2020), que estudian 64 embarazadas con PCR positiva frente a SARS-CoV-2, algunas de ellas con enfermedad grave (el 16%), y un 3% con enfermedad crítica en las que no se detectó la presencia del virus en la sangre del cordón ni en la placenta, concluyendo que no hay evidencia de transmisión vertical de la enfermedad. En cualquier caso, la eficacia y la seguridad de las vacunas en embarazadas es una prioridad.

Tras dos reacciones en individuos que padecían alergias graves, las autoridades sanitarias británicas han desaconsejado la inmunización mediante la vacuna de Pfizer a pacientes con historia de reacciones graves a fármacos y/o alimentos. La Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica (SEAIC) ha emitido un comunicado (SEAIC 2020), en el que se indica que no se puede generalizar la evitación de vacuna a todas aquellas personas que han tenido reacciones graves con medicamentos y/o alimentos, y que toda persona alérgica debe informar a su médico de su alergia antes de la administración de cualquier fármaco, para que se pueda valorar la necesidad de remitir a un alergólogo. Por otra parte, se han publicado algunos casos raros de trombocitopenia (20 casos en total, 9 recibieron Pfizer y 11 Moderna) coincidiendo con la administración de estas vacunas de ARnm (Lee 2021). Algunos de estos pacientes presentaban una trombocitopenia previa a la vacunación y no está claramente establecida la causalidad.

La Agencia Europea de Medicamentos (EMA) en su reunión del Comité para Productos Médicos de uso Humano (CHMP) el día 21 de diciembre de 2020 para estudiar la aprobación de esta vacuna, ha recomendado conceder una autorización condicional de comercialización de la vacuna Comirnaty, desarrollada por BioNTech y Pfizer, para prevenir la enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19) en personas a partir de 16 años de edad. El dictamen científico de la EMA allanaba el camino para la primera autorización de comercialización de una vacuna COVID-19 en la UE por parte de la Comisión Europea, con todas las salvaguardias, controles y obligaciones que ello implica Efectivamente, la Comisión Europea ha aprobado la comercialización de la vacuna, por lo que Europa y por tanto, España disponen de ella. Comienza ahora una estrategia compleja para la distribución de esta primera vacuna. Las normas para el uso apropiado han sido publicadas por Pfizer-BioNTech (PFIZER-BIONTECH COVID-19 VACCINE).

Como se ha señalado en el capítulo de vías y régimen de vacunación, los datos en Israel tras más de 500.000 administraciones de la primera dosis de la vacuna, número muy superior al de los ensayos clínicos (Chodick 2021, Hunter 2021), se ha observado en el "mundo real" que el número de infectados aumentó en los 8 días posteriores a la vacuna (dato que los autores explican por la sensación de los vacunados de estar protegidos, cuando la respuesta inmune se desarrollará a partir de la tercera semana de la primera dosis). En efecto, cuando estudiamos los datos desde el día 14 al día 21 vemos una disminución de la incidencia, con una **efectividad del 91% con solamente una dosis de vacuna**. Esta reducción de la enfermedad es mucho más notable (superior al 90% y posiblemente muy cercana al 100%) si evaluamos los casos de enfermedad grave (hospitalizaciones, estancias en UCI, mortalidad) (Polack 2020, Voysey 2020, Baden 2020). Estos datos confirmarían la estrategia británica de administración de una sola dosis, retrasando la segunda dosis, protegiendo a un mayor número de personas antes y reduciendo el número de infecciones graves. Estos datos obtenidos en la situación real, fuera de los ensayos clínicos, se vienen demandando tras el elevado número de vacunados en el mundo, y en este caso confirman que esta vacuna proporciona un alto nivel de protección, aunque sólo tras tres semanas después de la primera dosis. En este mismo sentido, la publicación de Skowronski et al., 2021, señalan una eficacia del 92,6% antes de administrar la segunda dosis, similar a la obtenida tras la primera dosis de la vacuna de Moderna del 92,1% (Vaccines and Related Products Advisory Commitee Meeting, 2020).

Están ya apareciendo datos de efectividad tras la vacunación de un elevado número de personas con las vacunas disponibles. En Israel, hay datos muy recientes del impacto que la vacunación masiva en la efectividad "en el mundo real" (Dagan 2021).Un total de 596.618 personas vacunadas con BNT162b2 durante el período del 20 de Diciembre de 2020 a 1 de Febrero del 2021, fueron controladas emparejándolas con el mismo número de individuos no vacunados (relación 1:1). Se obtuvieron resultados a los 14-20 días tras la primera dosis, a los 21-27 días tras la primera dosis y a los 7 días tras la segunda dosis. Los datos obtenidos incluían: Infección documentada, COVID-19 sintomático, Hospitalización, Enfermedad grave y Mortalidad:

EFECTIVIDAD

	14-21 días tras 1 dosis	21-27 días tras 1 dosis	7 días tras 2 dosis
Infección documentada	46%	60%	92%
COVID-19 sintomático	57%	66%	94%
Hospitalización	74%	78%	87%
Enfermedad grave	62%	80%	92%
Mortalidad	72%	84%	-

Estos datos obtenidos a partir de una población de vacunados cercana a los 600.000, indican la elevada efectividad de la vacuna con resultados similares a los obtenidos en el ensayo randomizado (Polack 2020) señalando una efectividad similar a la eficacia publicada en el ensayo.

Otra publicación reciente (Menni 2021) indica una reducción en el riesgo de infección **con una sola dosis** de esta vacuna del 69% a los 21-44 días y del 72% a los 45-59 días, comparados con los controles no vacunados. Otros datos de efectividad se han publicado en vacunados en Qatar (Abbu-Raddad 2021), en los que había una presencia predominante de las variantes B.1.1.7 y de B.1.351. La efectividad frente a infección documentada por B.1.1.7 fue del 89,5%, y frente a B.1.351 fue del 75%. Frente a cualquier enfermedad grave, crítica o fatal fue del 97,4%. El estudio de cohortes realizado obtiene resultados muy similares, con una efectividad frente a la variante B.1.1.7 del 87% y frente a la variante B.1.351 del 72,1%. EL CDC ha publicado los resultados de la efectividad de las vacunas mRNA en USA para la prevención de la infección en personal sanitario (CDC-MMWR 2 de Abril 2021). De un total de 3.950 participantes, 2.479 (62,8%) recibieron dos dosis de estas vacunas y 477 (12,1%) una sola dosis. Entre los participantes no vacunados, 1,38 infecciones por SARS-Co V-2 por 1.000 personas-días fueron declaradas. La efectividad de la vacuna fue del 90% en total inmunización (dos dosis) y del 80% con inmunización parcial.

Como hemos señalado anteriormente, acaban de publicarse los resultados preliminares del ensayo en fase 3 (Mahase E-5, 2021) en los que se indica que la vacuna Pfizer-BioNTech demuestra una eficacia del 100% frente al virus SARS-CoV-2 en niños de 12 a 15 años de edad. Este estudio incluía 2.260 niños, encontrando 18 casos en el grupo placebo (n=1.129) y ninguno en el vacunado (n=1.131). Se ha lanzado un ensayo similar en niños de 6 meses a 11 años de edad en el que se evaluará la seguridad e inmunogenicidad de la vacuna (dos dosis con 21 días de separación) en 3 grupos de edad: 6 meses a 2 años; 2 a 5 años; y 5 a 11 años. Estos datos suponen un avance extraordinario para alcanzar la deseada y necesaria inmunidad de la población. Con los datos disponibles (Frenck 2021), la Agencia Europea del Medicamento (EMA) ha aprobado esta vacuna para niños en edades de 12 a 15 años (EMA 2021).

Neutralización de las variantes (Liu 2021)

VARIANTE		NEUTRALIZACION
B.1.1.7	Reino Unido	+++
P1	Brasil	+++
B.1.351	Sudáfrica	++
		Respuesta celular*

*La respuesta inmune celular reconoce múltiples variantes

En estos momentos sabemos que la vacuna proporciona títulos de anticuerpos neutralizantes, sin reducción de la neutralización, frente a la variante británica (B.1.7.7). Frente a la variante sudafricana B.1.351 (Xie 2021, Muik 2021, Abbu-Raddad 2021) recientes resultados indican una disminución de la eficacia, que afectaría igualmente a la brasileña (P1) (Wang P. 2021). La respuesta celular puede ser de gran valor frente a las nuevas variantes.

Para su correcta administración conviene revisar las normas (PFIZER-BIONTECH COVID-19 VACCINE) y recordar los siguientes puntos:

1. Actúe con cuidado, evite el transporte innecesario (el tiempo de transporte de la vacuna descongelada es limitado

2. Gire el vial cuidadosamente. NO AGITE (Invierta el vial antes y después de la dilución 10 veces)

3. Trabaje sólo con un vial cada vez para evitar errores

4. Mantener la cadena del frío es esencial. Los viales descongelados no pueden volver a congelarse

5. Las condiciones de mantenimiento son:

6 meses a -70 ± 10ºC.

5 días a 2-8ºC.

6 horas a un máximo de 25ºC (diluido).

2 horas a un máximo de 25ºC (concentrado).

6. Asegúrese de que los viales concentrados están separados de los diluidos

Almacenamiento: Necesita conservarse a temperaturas de -60º C a -80ºC, aunque soporta 5 días a temperaturas de 2ºC a 8ºC, un máximo de 6 horas a 25ºC (diluido) y una máximo de 2 horas a 25ºC (concentrado) El vial contiene 5 dosis (6 dosis dependiendo de la jeringa). Necesita diluir el concentrado antes de su administración. Se administra en dos dosis intramusculares con 21 días o más de separación. En la actualidad, a la vista de los datos de inmunogenicidad y de la necesidad de cubrir cuanto antes a los no vacunados, el Ministerio de Sanidad recomienda que, por debajo de los 79 años, la segunda dosis de Pfizer y Moderna se administre a los 8 semanas

3.2.2 ARNm-1273 – MODERNA

La vacuna ARNm-1273 de Moderna, conceptualmente es muy similar a la anterior, se trata de una molécula de ARN mensajero que codifica al antígeno S-2P que incluye la glicoproteína, su lugar de anclaje a la membrana viral y el sitio de unión S1-S2. EL ARNm está envuelto en una cápsula nanoproteica de 4 lípidos que protege al ARNm de su degradación.

Conviene resaltar que necesita conservarse a temperaturas de -20º C, aunque soporta 30 días a temperatura de 5ºC. El vial contiene 10 dosis. Una vez abierto el vial debe usarse dentro de las siguientes 6 horas. No necesita diluirse.

Fase 1:

Se vacunaron 45 adultos sanos con 2 dosis (separadas por 28 días) con concentraciones de 25 µg, 100 µg y 250 µg, para determinar la seguridad, reactogenicidad e inmunogenicidad de la vacuna. Los efectos adversos sistémicos fueron más relevantes, como era de esperar, tras la segunda dosis, y especialmente con las dosis mayores. Hay que subrayar que no aparecieron casos de efectos adversos graves. Tras la segunda dosis se puso en evidencia una respuesta neutralizante en todos los vacunados. Las dosis de 25 µg y de 100 µg. dieron lugar a una respuesta de células CD4-T (Jackson et al., 2020).

En otro estudio (Anderson et al., 2020), se utilizaron dos dosis, de 25 µg y de 100 µg. Se produjeron efectos adversos moderados o leves que incluían cansancio, escalofríos, cefalea, mialgia y dolor en el sitio de la inyección, más frecuentes tras la segunda dosis. La dosis de 100 µg dio lugar a mayores títulos de anticuerpos neutralizantes que apoyaron el empleo ulterior de esta dosis en la fase 3.

La vacuna dio lugar a una importante respuesta de células CD4 en todas las edades estudiadas con la dosis de 100 µg y en las edades de 56 a 70 años con la dosis de 25 µg. La aparición de anticuerpos neutralizantes en adultos mayores es muy positiva por mostrar protección. Para su obtención, en este trabajo de Anderson y cols., se ha demostrado la importancia de una segunda dosis de la vacuna en individuos de edades superiores a los 65 años. No es necesario insistir aquí del interés de obtener respuestas protectoras en las personas mayores, más expuestas a infecciones de mayor gravedad, muy especialmente en aquellas con enfermedades crónicas en las que cabe esperar una respuesta inmune peor (Andrew et al., 2017). En efecto, en este trabajo la fragilidad de algunos pacientes con procesos crónicos se evaluó utilizando una FI validada basada en una evaluación geriátrica integral de 39 impedimentos de salud y funcionales.

El estudio realizado en primates no humanos (macacos Rhesus) ha proporcionado también información sobre la respuesta inmune a 10 y 100 µg de ARNm-1273 (Corbet et al.2020), con la producción de anticuerpos y de células inmunes. Un dato muy interesante en cuanto a la posibilidad de contagiar de los vacunados es que tras la administración de la vacuna con dosis de 100 µg, no se detectó la replicación del virus en las fosas nasales en ninguno de los ocho animales vacunados tras dos días de la inoculación de virus vivo en las fosas nasales. Esta investigación si se confirma puede tener un gran impacto en el descenso de la infección, por lo que la vigilancia epidemiológica de la presencia del virus en fosas nasales de los vacunados sería clave para complementar la protección proporcionada por la protección de grupo.

Ha despertado gran interés la muy reciente publicación de Widge y cols (Widge et al., 2020), en la que se evalúa la duración de la respuesta inmune tras la vacunación con ARNm-1273. Una de las grandes inquietudes en estas vacunas es la duración de la protección tras su administración, y en esta publicación se describe la inmunidad tras 119 días de la primera administración y 90 días tras la segunda en el contexto de la fase 1 (Jackson et al., 2020). En todos los participantes, tras 3 meses de la segunda dosis a la dosis de 100 µg se hallaron elevados niveles de anticuerpos neutralizantes, que se mantuvieron en el día 119, demostrando potencial para proporcionar una inmunidad humoral mantenida, así como una respuesta celular CD4 tipo 1 $T_{h,}$ 43 días tras la primera dosis. Se indican los resultados de un análisis previo del ensayo en fase 3 que con la dosis de 100 µg muestra un 94,5% de eficacia.

Fase 2 y 3

El 17 de diciembre de 2020, la Food and Drug Administration (FDA) ha mantenido una reunión (163 Meeting of the Vaccines and Related Biological Products Products Advisory Committee), que se hizo pública a través de Internet, en la que se pudieron revisar con los responsables científicos de Moderna, los resultados preliminares del ensayo en fase 3 de su vacuna ARNm-1273, cuya grabación puede reproducirse a través del link que aportamos (Zaks T, Moore MJ, Miller JM, Martin D.).

En lo referente a la seguridad (Zaks 2020) se insiste en los importantes datos de que el ARNm no se auto-replica, no entra en el núcleo ni se integra con el ADN, y que el proceso de fabricación está libre de células, no contiene productos humanos o de animales, no contiene conservantes ni adyuvantes. La vacuna se almacena en un congelador normal (-20º C), se mantiene durante 30 días en la nevera (5º C) y a la temperatura de la habitación alrededor de 12 horas. El vial contiene 10 dosis, que una vez que se emplea la primera debe consumirse en 6 horas y que no necesita dilución. Los estudios en pediatría y en embarazadas están pendientes de su aprobación. El mecanismo de acción de esta vacuna es muy similar a la expuesta para la vacuna BNT162B2 (Moore MJ 2020).

El estudio de **seguridad** (Estudio 301), recientemente publicado (Baden 2020) es la Fase 3, randomizada, ciega para el observador, controlada con placebo y se basa en la aleatorización de 30.420 participantes, la mitad, 15.210 reciben **dos dosis intramusculares de 100 µg de la vacuna**, y la otra mitad reciben 2 inyecciones intramusculares de solución salina (Martin 2020). A las 9 semanas de la exposición a la segunda dosis, se realiza una evaluación preliminar, encontrando efectos adversos locales tras la primera dosis con dolor ligero a moderado en el sitio de la inyección en el 87% de los vacunados entre 18 a <65 años y en el 74% de los >65 años, y con la segunda inoculación de 93% y de 80% respectivamente, a diferencia de

los valores con el placebo de 19% y de 13% respectivamente. Estos efectos adversos fueron transitorios, comenzando alrededor de las 15 horas de la vacunación y desapareciendo en la mayoría de los vacunados a los 2 días, sin secuelas. En cuanto a la rara aparición de casos de trombocitopenia, nos referimos de nuevo al trabajo de Lee de 2021 y a la reciente comunicación de la EMA-JANSSEN sobre la alerta a los profesionales sanitarios para en su caso tratarlos.

En cuanto a los resultados de **eficacia** (Miller 2020), los estudios en animales de experimentación ya demostraban que se trataba de una vacuna muy inmunogénica, dando lugar a protección en ratones, hámsteres y primates no humanos, sin desarrollar una enfermedad respiratoria incrementada y con respuesta celular frente al virus. El estudio 301, enfocado a su eficacia, inmunogenicidad y seguridad, ha demostrado anticuerpos neutralizantes a partir del día 29, que se incrementan a partir del día 43. Hay que resaltar que el 23% de los participantes sufrían 1 o más factores de riesgo (diabetes, obesidad, enfermedad crónica respiratoria o enfermedad crónica respiratoria). El 25% de los participantes tanto en el grupo de la vacuna (3.790) como en el de placebo (3.831) eran trabajadores sanitarios. La vacuna mostró una eficacia del **94,1%** (<0.0001), encontrando los valores más altos de eficacia en vacunados de 70 años o más, con o sin comorbilidades (100%), con 0 casos en los 630 vacunados y 7 casos en los 688 que recibieron placebo, y los más bajos en los vacunados entre 65 y 70 años con o sin comorbilidades (82,4%). Es importante resaltar que la aparición de casos graves de COVID-19, en estos resultados de la fase 3 demuestran 0 casos en los 14.134 vacunados y 30 casos en los 14.073 que recibieron placebo (eficacia del 100%). El impacto de este resultado en la prevención de casos graves puede ser muy significativo, dado que estos casos suponen una mayor carga del uso de los servicios sanitarios, de complicaciones y de fallecimientos. Es interesante resaltar que a los 14 días o más de la primera dosis, se diagnosticaron 11 casos sintomáticos de COVID-19 en los receptores de la vacuna, y 225 en los que recibieron placebo, demostrando cierta efectividad de la vacuna tras una sola dosis, que se incrementa con la segunda. La FDA americana acaba de aprobar con fecha 18 de diciembre 2020 la vacuna en USA (FDA Moderna 2020), por lo que en USA están disponibles 2 vacunas frente al COVID-19.

Variantes: Al igual que la vacuna anterior, en estos momentos sabemos que la vacuna proporciona títulos de anticuerpos neutralizantes, sin reducción de la neutralización, frente a la variante británica (B.1.7.7) con una reducción moderada frente a la variante sudafricana (B.1.351) (Wu, Werner 2021, Wang P. 2021). Moderna está estudiando la posibilidad de una tercera dosis para incrementar el título de anticuerpos neutralizantes. y ha presentado datos de una nueva vacuna (mRNA-1273.351 con buena tolerancia y con efectividad frente a esta variante (Wu, Choi 2021), que podría incluirse en el futuro en una vacuna multivariante (mRNA-1273.211).

En cuanto a la efectividad, nos remitimos a la publicación del CDC (CDC-MMWR 2021) descrita en la anterior vacuna mRNA, en la que se señalaba una efectividad de la vacuna del 90% en total inmunización (dos dosis) y del 80% con inmunización parcial.

No necesita diluirse. Almacenamiento: Debe conservarse a temperaturas de -20º C, aunque soporta 30 días a temperatura de 2-8ºC. El vial contiene 10 dosis. Una vez abierto el vial debe usarse dentro de las siguientes 6 horas, y se mantiene a la temperatura de la habitación alrededor de 12 horas. Se administra en dos dosis intramusculares (deltoides) el día 1 y a los 28 días de la primera.

La Comisión Europea con fecha 6 de enero de 2021 y siguiendo la evaluación de la EMA ha aprobado la autorización de comercialización condicional de la vacuna ARNm-1273 de MODERNA como la segunda vacuna disponible en Europa frente al COVID-19. La EMA ha publicado un documento (EMA-Moderna), que incluye información importante para pacientes y para profesionales.

3.2.3. ChAdOx1 – UNIVERSIDAD DE OXFORD/ASTRA ZENECA ASTRA-ZENECA COVID-19 VACCINE)

El diseño de esta vacuna es diferente a las dos anteriores. Se trata de una vacuna recombinante que utiliza un virus como vector, que expresa los antígenos del virus. Esta plataforma da lugar a una importante respuesta de células T sin necesidad de adyuvante. Hay dos vectores que se han empleado fundamentalmente, el Ad5 y el ChAd. En este caso, se emplea el ChAd, Adenovirus del Chimpancé, que presenta la gran ventaja de que la inmunidad en el humano es mínima o nula, por lo que se puede evitar que la inmunidad preexistente frente al vector pudiera inutilizar la vacuna, que incluye el codón optimizado para la proteína S del Covid-19. Existe una amplia experiencia de la utilización de este vector para la administración de vacunas.

Con respecto al Coronavirus, esta vacuna tiene un antecedente muy interesante en la producida frente a un Coronavirus anterior, el MERS-CoV (Folegatti et al., 2020). En la fase 1 publicada, se administraron 3 diferentes dosis de partículas virales de adenovirus de simio como vector de la glicoproteína pico de la superficie de MERS. A pesar del número pequeño de sujetos inmunizados (propio de una fase 1), se demostró un mayor número de acontecimientos adversos en los individuos que recibieron dosis más elevadas. El seguimiento de los inmunizados se realizó por 12 meses, con resultados de 92% de respuesta de anticuerpos que persistió tras un año después de la vacunación, con una elevada frecuencia de células T secretoras de interferón **Y**. El incremento de las células T se comprobó durante un año en títulos superiores a 4 veces el anterior a la vacuna, frente a S2 y a RBD. Con el COVID-19, hay una experiencia de inmunogenicidad en animales en la que se demostró inmunogenicidad de anticuerpos específicos y de células T con una y dos dosis (Graham et al., 2020).

Con esta vacuna, en humanos, la fase 1/2 incluyó a 1.077 participantes, en muchos de los cuales se empleó de forma profiláctica paracetamol para evitar posibles efectos adversos leves o moderados. El análisis ajustado de su empleo demostró reducciones significativas en el dolor local, sensación febril, escalofríos, dolor muscular y malestar general. Se produjeron respuestas humorales de IgG frente a la proteína pico, que incrementaron con la dosis de recuerdo, los anticuerpos neutralizantes fueron positivos en el 91% de los individuos tras la primera dosis y en el 100% de ellos tras la segunda dosis, y las respuestas celulares de células T específicas frente a la proteína pico se demostraron en el día 14 tras la primovacunación (Folegatti y Ewer et al., 2020).

En un estudio ulterior, en fase 2/3, se incluyeron también adultos mayores de 70 años, población que se encuentra en mayor riesgo de padecer una enfermedad grave por inmunosenescencia y por el incremento de posibilidades de padecer enfermedades crónicas, por lo que debe ser grupo prioritario de vacunación. Es de resaltar que los efectos adversos en esta población mayor fueron menos frecuentes que en los adultos jóvenes (Ramasamy 2020). A los 14 días tras la segunda dosis, el 99% de los participantes mostró respuesta de anticuerpos neutralizantes. Las células T obtuvieron su pico a los 14 días de la primera dosis. Esperamos que la publicación del amplio ensayo clínico que tiene lugar en USA, nos proporcione más datos de la respuesta inmunitaria, especialmente de células T.

Voysey y colaboradores han publicado en la revista Lancet un trabajo sobre la seguridad y eficacia de la vacuna ChAdOx1 nCoV-19 en el que se reúnen las experiencias de 4 estudios aleatorizados y controlados en diferentes países: Brasil (COV003 en fase 3) Sudáfrica (COV005 en fase 1/2) y Reino Unido (COV001 en fase 1/2 y COV002 en fase 2/3). Hay que resaltar que menos del 4% de los participantes eran mayores de 70 años de edad, a pesar de la importancia que la edad tiene en esta infección, y que sólo una minoría presentaba comorbilidades. La ventaja de este análisis es que consigue reunir a un total de 11.636 participantes, la mayoría entre 18 a 55 años de edad (87,8%), la desventaja es que, al tratarse de varios estudios no completamente homogéneos, los resultados son más difíciles de evaluar (Knoll MD 2020); por ejemplo en un estudio se administró, por error, una primera dosis con la mitad de la segunda dosis. Según estos datos combinados, la eficacia vacunal tras más de dos semanas desde la segunda dosis fue del **70,4%,** con 5.829 participantes vacunados y 5.829 en el grupo control. Otro dato interesante es que esta vacuna pudiera ser eficaz en un 59% frente a las infecciones asintomáticas (Mahase-2 2020).

Un dato sorprendente de este estudio es que la eficacia fue sustancialmente menor en el grupo que recibió dos dosis elevadas de antígeno (62,1%), que en la que se administró una dosis de la mitad en la primera inoculación (90%).

Sería conveniente disponer de más datos de esta vacuna, que expliquen estos resultados y que incluyan una población más importante de mayores de 70 años.

La Medicines and Healthcare Product Regulatory Agency de UK, comunicó la autorización temporal de esta vacuna el 30 de Diciembre, concluyendo que la vacuna es segura y efectiva (Mahase-3 2020). Esta vacuna está pendiente de los resultados del amplio ensayo clínico que se está realizando en USA, que se esperan para el primer trimestre de este año 2021. En UK se ha otorgado una autorización temporal de esta vacuna en el contexto de la emergencia en la que nos encontramos, que es diferente de la autorización de comercialización condicional que la Agencia Europea ha evaluado, con todas las salvaguardas, controles y obligaciones que ello impone y que garantizan que la vacuna dispone de los rigurosos estándares de seguridad, eficacia y calidad. El día 29 de enero de 2021, la Comisión Europea, basado en el informe de la Agencia Europea del Medicamento, ha aprobado el uso de esta vacuna en personas de 18 años o más, a través de una autorización de comercialización condicional, siendo por tanto la tercera vacuna aprobada en Europa para el COVID-19. (Aprobación de la Vacuna AZ por la Comisión Europea; COVID-19 Vaccine AstraZeneca). Según la Agencia, la seguridad de la vacuna se ha basado evaluando un total de 24.000 personas (la mitad recibieron la vacuna y la otra mitad placebo). La eficacia se basó en el cálculo de los resultados del estudio COV002, realizado en el Reino Unido y el Estudio COV003, realizado en Brasil, que mostraron una reducción del 59,5% del número de casos sintomáticos.

En el importante aspecto de la protección frente a casos graves (hospitalizaciones) se encontraron 0 casos en los 5.258 vacunados con dos dosis. En los vacunados con al menos una dosis, no se encontraron hospitalizaciones a los 22 días de la primera dosis.

En el estudio prospectivo observacional realizado en el Reino Unido (Manni 2021), se ha observado una eficacia **con una sola dosis** de esta vacuna del 39% a los 12-20 días y del 60% a los 21-44 días tras la administración.

En el momento de la aprobación, no hay datos suficientes en pacientes de edades superiores a 55 años, por lo que algún país se ha planteado no emplear esta vacuna en individuos superiores a esta edad.

Datos recientes (Madhi 2021) que han sido comentados brevemente en el capítulo de las mutaciones, son la eficacia de esta vacuna frente a la variante B.1.351 (Sudafricana). En este ensayo de la vacuna frente a placebo se demuestra que tras dos dosis de la vacuna no se encontró eficacia frente a la variante B.1.351, en casos de Covid-19 leves o moderados (eficacia en general del 21,9% y eficacia frente a los casos producidos por la variante B.1.351 del 10,4%). No se ha podido analizar la eficacia frente a casos graves dado que no aparecieron estos casos ni en los vacunados ni en los que recibieron placebo. Hay que subrayar que los estudios anteriores en los que no se hallaron estos resultados fueron realizados antes de que esta variante emergiera en Sudáfrica. Estos datos son importantes dada la extensión global de esta variante y la otras variantes que incluyen mutaciones similares (PANGO 2021).

A la vista de la limitada información sobre la vacuna en personas mayores, España administrará la vacuna Covid-19 de AstraZeneca solo a la población entre los 18 y 55 años. Así lo decidió el viernes, 5 de febrero de 2021, la Comisión de Sa-

lud Pública del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud (CISNS), aunque recientemente se ha ampliado su uso hasta los 65 años.

La aparición en varios países de procesos de trombosis, algunos combinados de trombosis y trombocitopenia tras la administración de esta vacuna ha despertado la inquietud en la población, especialmente en aquellos que han recibido la primera dosis y esperan la segunda, cuando las autoridades españolas suspendieron temporalmente el empleo de esta vacuna por un principio de precaución. La distinción que la EMA ha realizado es si se trata de un proceso casual (temporalidad, es decir que coincide en el tiempo pero que no está producido por la vacuna) o causal (producido por la vacuna). Por otra parte, debe valorarse el riesgo-beneficio a la vista del enorme impacto de la enfermedad. La EMA, en esta fecha de 18 de marzo de 2021 (EMA-ASTRA ZENECA 2021, comienzo a las 17:00), ha indicado que la vacuna es segura y eficaz y en estos momentos no hay motivos para cancelar el uso de la misma por no encontrar una relación causal de estos efectos con la administración de la vacuna. Por otra parte, revisados los casos de trombo-embolismo acaecidos, el número es menor que los esperados en la población en general, sin relación con un lote determinado de la vacuna, por lo que se reiniciará su empleo dados los estudios de riesgo-beneficio que han realizado. Se incluirá en la ficha técnica de la vacuna un aviso sobre la vigilancia de estos procesos. Más recientemente, y a la vista de algunos nuevos casos de tromboembolismo (Greinacher 2021, EMA-ASTRAZENECA 07/04/2021), la Agencia Europea ha vuelto a confirmar que el riesgo-beneficio de la vacuna continúa siendo positivo. Estos tipos muy raros de trombosis (con trombocitopenia) incluyeron trombosis venosa en sitios inusuales como trombosis sinusal venosa cerebral y trombosis venosa esplénica, así como trombosis arterial. La mayoría de los casos notificados hasta ahora se han producido en mujeres menores de 60 años y ocurrieron dentro de las 2 semanas posteriores a que la persona recibiera su primera dosis. Hay una experiencia limitada con la segunda dosis.

En cuanto al mecanismo, se cree que la vacuna puede desencadenar una respuesta inmune que conduce a un trastorno similar a una atípica trombocitopenia inducida por heparina, mediados por anticuerpos activadores de las plaquetas, anticuerpos frente al factor plaquetario 4 (PF4) (Greinacher 2021, Schultz 2021). En base a estos datos, se ha indicado que el tratamiento con transfusiones de plaquetas debe ser evitado, y debe considerarse la administración de un anticoagulante no heparínico e inmunoglobulina intravenosa (Scully 2021). En este momento, no es posible identificar factores de riesgo específicos. Estos efectos que no pudieron ser detectados en los ensayos clínicos, por su rareza, se han observado ahora con más de 34 millones de vacunados, y deben contemplarse en el contexto de la incidencia de la trombosis del seno venoso cerebral en la población general que se encuentra entre 0,22 a 1,57 casos por 100.000 personas al año (Cines 2021).

Según la EMA, los profesionales sanitarios deben estar atentos a los signos y síntomas del tromboembolismo y la trombocitopenia para que puedan tratar con prontitud a las personas afectadas de acuerdo con las directrices disponibles, e indicar a las personas que reciben la vacuna que deben buscar atención médica si desarrollan: síntomas de coágulos sanguíneos como dificultad para respirar, dolor torácico, hinchazón de las piernas, dolor abdominal persistente, síntomas neurológicos como dolores de cabeza intensos y persistentes y visión borrosa o petequias más allá del lugar de vacunación después de unos días. La FACME ha elaborado un documento muy completo sobre este problema (FACME 2021). No cabe duda que estos datos han producido en la población cierta desconfianza hacia esta vacuna, que resulta muy negativa para la vacunación en esta pandemia en general.

La EMA finaliza su informe señalando que los beneficios de la vacuna siguen superando los riesgos para las personas que la reciben. La vacuna es eficaz para prevenir el COVID-19 y reducir las hospitalizaciones y muertes. En nuestro país, en estos momentos, se restringe su uso a mayores de 60 años, hasta los 69 años. Por otra parte, como señalamos en el punto 3.6 (alternar vacunas), se está planteando la utilización de una segunda dosis a los que recibieron la primera de AstraZeneca con una vacuna de ARNm (PfizerBioNTech o Moderna), alternativa que ha propuesto la Autoridad Sanitaria Francesa y que se encuentra en estudio.

El Ministerio de Sanidad ha publicado la Nota 7 (Ministerio de Sanidad 2021-7), en el que indica la conveniencia de administrar la segunda dosis de esta vacuna con Cominarty (BNT/Pfizer). Ver 3.1.6, alternar vacunas.

Se trata de viales multidosis, conteniendo 8 o 10 dosis de 0,5 ml

NO CONGELAR. Proteger de la luz

En España se utilizará de momento exclusivamente en la población de mayores de 60 años

Almacenamiento: Viales cerrados, 6 meses a 2ºC-8ºC. Viales abiertos (tras una primera vacunación): 48 horas a 2ºC-8ºC. Seis horas a temperatura ambiente (30ºC)

Se utilizan 2 inyecciones intramusculares en el brazo (deltoides), la segunda dosis entre 4-12 semanas de la primera

3.2.4. Ad26.COV2.S – JANSSEN VACCINES

Se trata de una vacuna recombinante cuyo vector es un adenovirus serotipo 26 (Ad26) que codifica la proteína S, completa y estabilizada. Este vector, que es incapaz de replicarse, ha sido usado anteriormente para la vacuna frente al Ébola (aprobada por la Agencia de Medicina Europea) (Anywaine 2019) y frente a otros virus. Estudios realizados en hámsteres indican que una sola dosis de la vacuna protegen a los animales frente a la inoculación intranasal del virus (Tostanoski 202). Por otra parte, los resultados de la inmunización en primates

no humanos (Mercado 2020), ha alentado el estudio en Fase 1-2a de esta vacuna en humanos.

La estructura de la proteína S elegida para la vacuna es fundamental para obtener un antígeno estable y que dé lugar a una respuesta inmune adecuada. En este caso, la proteína elegida (S.PP), en estudios en ratones, dio lugar a un alto título de anticuerpos neutralizantes con elevada capacidad de unión, posiblemente debido al efecto estabilizante de las sustituciones elegidas (Bos 2020).

Se ha publicado el ensayo en Fase 1-2a (Sadoff 2021), vacunando a una cohorte de 18 a 55 años (cohorte 1) otra de 65 años o más (cohorte 3), cuyos resultados se publican aquí. Los inmunizados recibieron diferentes dosis, una alta y otra más baja. La cohorte 2 (cuyos resultados se publicarán posteriormente) trata de comparar la respuesta a largo plazo de una dosis frente a dos dosis.

Con respecto a la **seguridad**, los efectos adversos en la cohorte 1 (18-55 años de edad), los efectos locales (más frecuentemente dolor en el sitio de la inoculación) se observaron en el 64% de los inmunizados con baja dosis y en el 78% de los que recibieron alta dosis. En cuanto a los efectos adversos sistémicos en esta cohorte (más frecuentemente cansancio, cefaleas o mialgias) aparecieron en el 65% de los vacunados con baja dosis y en el 84% de los que recibieron dosis más alta. La cohorte 3 (65 años o más), los efectos adversos locales se dieron en el 41% de los receptores de baja dosis y en el 42% de los de alta dosis. Los efectos sistémicos se reportaron en el 46% de los de baja dosis y en el 55% de los de alta dosis.

Los efectos adversos sistémicos de grado 3 en la cohorte 1, aparecieron en el 9% de los de baja dosis y en el 20% de los de alta. En la cohorte 3, los respectivos porcentajes fueron del 1% y del 2%. Como se puede observar, los individuos de 65 años o más sufrieron menos efectos adversos que los más jóvenes.

Los resultados de **inmunogenicidad** han sido muy prometedores, con más del 90% de anticuerpos neutralizantes en el día 29 y del 100% en el día 57 en los voluntarios entre 18 a 55 años, con la única dosis.

La FDA acaba de analizar el día 26 de febrero de 2021 los resultados del ensayo en fase 3 para su aprobación en USA. Los datos aportados al 164 Meeting of the Vaccines and Related Biological Products Advisory Committee (FDA 164 Meeting; 2021), indican lo siguiente:

El estudio 3001, se ha realizado con una sola dosis de la vacuna Ad26.COV2.S, con un total de 43.783 individuos randomizados que recibieron la inoculación: 21.895 la vacuna y 21.888 placebo (salina). En cuanto a la edad de los vacunados en el estudio global, el 67% tenían entre 18-59 años, el 33% ≥60 años, el 19% ≥65 años y sólo el 4% de edad ≥75 años. Se incluyeron pacientes con comorbilidades (obesidad, hipertensión, diabetes mellitus tipo 2 y pacientes con alteraciones cardíacas graves).

En lo referente a la **seguridad**, se realizó un seguimiento de los vacunados durante una media de 58 días. Los efectos adversos locales fueron leves (grado 1 o 2) y desaparecieron a los 2-3 días tras la inoculación. Los efectos adversos sistémicos fueron poco frecuentes, con cansancio, cefaleas y mialgia.

Recientemente se han publicado datos sobre una posible asociación de esta vacuna con fenómenos trombóticos y trombocitopenia (Muir 2021), similares a los publicados en el caso de la vacuna de AstraZeneca (Greinacher 2021, Schultz 2021), que han provocado que la FDA y el CDC hayan recomendado una pausa en el uso de esta vacuna en los Estados Unidos (CDC-Janssen 2021) por un principio de precaución, a partir del martes 13 de abril de 2021, aunque no se haya demostrado una causalidad. El Comité Asesor de Prácticas de Inmunización (ACIP) celebrará su segunda reunión de emergencia para debatir la vacuna J&J/Janssen COVID-19 el 23 de abril de 2021. Señalan que las personas que hayan recibido la vacuna J&J/Janssen COVID-19 en las últimas tres semanas que desarrollen dolor de cabeza intenso, dolor abdominal, dolor en las piernas o dificultad para respirar deben buscar atención médica de inmediato. En su reunión de 20 de abril de 2021 (EMA-JANSSEN, 2021), el Comité de Seguridad de la EMA (PRAC), tras revisar 8 casos de trombosis en combinación con trombocitopenia en personas que recibieron la vacuna COVID-19 de Janssen en los Estados Unidos, concluyó que se debía añadir una advertencia sobre coágulos sanguíneos inusuales con plaquetas en sangre bajas a la información del producto para la vacuna COVID-19 Janssen. El Comité de Seguridad también concluyó que estos eventos deberían figurar como efectos secundarios muy raros de la vacuna. Los profesionales sanitarios deben indicar a las personas que reciben la vacuna que deben buscar atención médica si desarrollan: síntomas de coágulos sanguíneos como dificultad para respirar, dolor torácico, hinchazón de las piernas, dolor abdominal persistente, o síntomas neurológicos como dolores de cabeza intensos y persistentes y visión borrosa, o petequias más allá del lugar de vacunación después de unos días. La infección por Covid-19 se asocia con un riesgo de hospitalización y muerte. La combinación notificada de coágulos sanguíneos y plaquetas en sangre bajas es muy rara, y los beneficios generales de la vacuna COVID-19 Janssen en la prevención de COVID-19 superan los riesgos de efectos secundarios.

Hay que resaltar que se han vacunado más de 7 millones de personas en el mundo con esta vacuna (con una incidencia inferior de estos casos de 1 en 1 millón) (Sadoff, Davis 2021) y que los vectores empleados en estas vacunas son diferentes (humano en el caso de AstraZeneca y de chimpancé en el caso de Janssen). El empleo por lo tanto de estas dos vacunas continuará, acelerando todo el proceso de vacunación como necesitamos.

En lo referente a la **eficacia**, frente a COVID-19 sintomático de cualquier edad del **66,9%** (comienzo al menos de los 14 días de la vacunación) y del **66,5%** (comienzo al menos a los 28 días de la vacunación). Como se ve en la siguiente tabla, en el total de los casos se obtuvo una eficacia frente a **COVID-19 grave/crítica** a los 14 días del 76,7% y a los 28 días del 85,4%, con mejores resultados en la franja de edad de 18 a 59 años. **Menor eficacia para las personas de 60 o más años**. En este estudio no se encontraron fallecimientos por COVID-19

en los vacunados a partir del día 28 tras la vacunación. Se trata de resultados positivos, especialmente para una vacuna que requiere una sola dosis.

EFICACIA FRENTE A COVID-19 GRAVE/CRÍTICA (%)

	Comienzo ≥14 días	Comienzo ≥28 días
TOTAL	76,7%	85,4%
18-59 años	80,5%	91,7%
≥60 años	68,5%	70,3%

Empleando los datos de los diferentes países en los que se ensayó la vacuna, se obtienen los siguientes resultados (Douoguih M., 2021)

En Sudáfrica, a pesar de la presencia de la variante B.1.351, a partir del día 28 tras la vacunación no hubo hospitalizaciones en los vacunados (frente a 6 en el grupo placebo) ni fallecimientos (frente a 5 en el grupo placebo), lo que indica que esta vacuna tiene una cierta protección frente a esta preocupante variante.

Hay que subrayar que en esta misma reunión de la FDA se puso en evidencia que la eficacia de la vacuna continuaba incrementándose hasta el día 56 alcanzando un valor medio del 92%, aunque este dato tiene escasa fiabilidad dado el bajo número de participantes en ese momento. En base a estos datos, el 26 de febrero de 2021, la FDA ha aprobado el uso en USA de la vacuna de Janssen.

PAIS Variante (%)	GRAVEDAD	EFICACIA VACUNAL (>día 28)
USA 96% D614G 3% CAL.20C	Moderada-Grave/Crítica Grave/Crítica	72 % 85,9 %
BRASIL 69% P.2 31% D614G	Moderada-Grave/Crítica Grave/Crítica	68,1 % 87,6 %
SUDAFRICA 95% B.1.351 3% D614G	Moderada-Grave/Crítica Grave/Crítica	64,0 % 81,7 %

La Agencia Europea de Medicamentos, acaba de aprobar esta vacuna con fecha de 11 de marzo de 2021, para la vacunación de personas a partir de los 18 años, en una sola inyección habitualmente en el músculo deltoides La protección comienza alrededor de los 14 días tras la inoculación, aunque se desconoce de momento la duración de la misma. La compañía seguirá durante dos años más a los vacunados en los ensayos para obtener mayor información. Se han observado algunos casos de alergia (hipersensibilidad) y como en el resto de las vacunas, está indicado el seguimiento de los vacunados durante 15 a 30 minutos tras la inoculación. En más de 1 por cada 10 personas se pueden observar efectos locales (dolor en el lugar de la inyección) cefaleas, cansancio y náusea, que desaparecen en 1 o 2 días tras la inoculación. Otros efectos más infrecuentes (en menos 1 de cada 100 personas) pueden aparecer. Es por lo tanto la cuarta vacuna autorizada condicionalmente por la Agencia Europea, que confía una vez más en que la compañía pueda proporcionar el número de vacunas acordado.

Almacenamiento: Se mantiene en una nevera normal (2-8ºC) 3 meses. En el congelador, (-15ºC a -25ºC) 2 años

Es una vacuna recombinante cuyo vector es un adenovirus serotipo 26 (Ad26) que codifica la proteína S, completa y estabilizada. No lleva adyuvantes, ni antibióticos ni conservantes.

El virus es incapaz de replicarse.

En España se administrará preferentemente entre 70 y 79 años de edad. La Comisión de Salud Pública ha ampliado con el grupo de 40 a 49 años

1 sola dosis (0,5 ml.). 5 dosis por vial

3.2.5. CUREVAX (CVnCoV)

Se trata de una vacuna mRNA (similar a la BNT/Pfizer Comirnaty, y a la Astra/Zeneca ChAdOx1), que codifica la proteína S (Spike) del virus, estabilizada, envuelta en una nanopartícula lipídica. Ha sido ensayada en hámsteres, a los que tras la vacunación se les administró dosis del virus salvaje, con excelente protección (Rausch S, 2021). Esta tecnología la ha utilizado el laboratorio previamente para MERS-CoV y para SARS-CoV.

La fase 2 y la fase 3 están muy ultimadas (más de 35.000 voluntarios, incluyendo España), a los que se administra 12 µg de vacuna los días 1 y 29 en el deltoides, frente a placebo (Clinicaltrials. Gov) en individuos de 18 años o más (mujeres no embarazadas, no en período de lactancia).

La ventaja de esta vacuna es que soporta 3 meses a la temperatura de envera (4ºC.), lo que la convierte en idónea para países con dificultades de mantenimiento a muy bajas temperaturas. La eventual incorporación de Bayer en la producción de esta vacuna incrementará indudablemente las dosis disponibles.

Esperamos los resultados inminentes de la fase 3 y la eventual aprobación de la EMA.

3.2.6. NOVAVAX (NVX-CoV2373)

Se trata de una vacuna de subunidades, que contiene exclusivamente la proteína S en forma de nanopartículas termoestables, unida a un adyuvante Matrix-M, basado en saponina, que se ha comprobado que se une al receptor hACE2 (Tian 2020).

Estos autores han realizado ensayos en ratones demostrando que tras su inoculación desarrollan anticuerpos frente a la proteína S, que bloquean la unión al receptor, neutralizan al virus y protegen frente a la infección por SARS-CoV-2. Da lugar también a respuesta inmune celular (CD4+, CD8+ y CD4+ células T helper, así como células B frente al antígeno. En monos babuinos producen una respuesta altamente inmunogénica que neutraliza la infección del virus y da lugar a células T específicas para el antígeno.

En otro ensayo (Gubre-Xabier 2020), se inoculan monos macacos con la vacuna y posteriormente se les administra vía nasal e intratraqueal el virus SARS-CoV-2, (simulando la infección humana) demostrando que los animales se encuentran protegidos frente a la infección de vías altas, bajas y enfermedad pulmonar. Es importante subrayar que los primates demostraban escasa o nula presencia del virus tanto en el tracto respiratorio alto como en el bajo. Este dato hace pensar que la transmisibilidad de los vacunados sería nula o muy baja, con el impacto positivo sobre la inmunidad de grupo.

Otra reciente publicación (Gorman 2021) evalúa la respuesta inmune en monos macacos con una o dos dosis de 5 o 25 µg de la vacuna NVX-CoV2372. Los datos obtenidos con una dosis de vacuna indicaban una respuesta inmune protectora parcial, dependiendo de la dosis de antígeno administrada, pero tras la segunda dosis se obtenía una protección total a lo largo de tracto respiratorio, independientemente de la dosis administrada. Los anticuerpos IgG frente al antígeno S se incrementaron significativamente 21-35 veces tras la segunda dosis, así como los anticuerpos obtenidos del lavado broncoalveolar de los macacos, que se incrementaron 8 a 22 veces tras la segunda dosis. Es interesante resaltar que todos los animales tratados presentaron tras la primera dosis títulos similares de anticuerpos neutralizantes, pero solamente algunos estaban protegidos de la infección viral, lo que probablemente indica que la neutralización no explica de manera suficiente la completa protección frente a la infección. Es probable que intervengan otros factores como la función anticuerpo-efector, la diferencia en los perfiles de unión de los receptores Fc de los macacos, la colaboración íntima entre el Fc y el Fab, demostrando la importancia de ambos extremos de la molécula en la protección inmune (Mercado 202, Yu 2020). En resumen, para obtener una respuesta protectora posiblemente necesitemos una colaboración entre la neutralización y las funciones Fc-efector y otros mecanismos inmunes que representan la clave para obtener la inmunidad en el tracto respiratorio alto y bajo. Hay que reconocer que la función de los receptores Fc, receptores específicos para los anticuerpos que se encuentran en la superficie de los leucocitos y reconocen a los anticuerpos unidos a células infectadas o a microorganismos patógenos, están teniendo mayor atención como elementos importantes en la respuesta inmune.

El ensayo en fase 1-2 de esta vacuna se ha publicado (Keech 2020) para evaluar la seguridad y la inmunogenicidad de esta vacuna a las dosis de 5 y 25 µg, con y sin adyuvante Matrix-M1, arroja los siguientes resultados:

La evaluación de la **seguridad** demostró en la primera y segunda dosis (a los 21 días), reacciones locales y generales ausentes o muy ligeras en la mayoría de los vacunados, con una duración de dos días o menos.

En cuanto a la **inmunogenicidad**, se demostró la eficacia del adyuvante, con incrementos de la respuesta de la media geométrica de 10 veces superior o más a los obtenidos sin el adyuvante. A los 7 días de la segunda dosis, se incrementó esta respuesta 8 veces más, y a los 14 días, al doble otra vez. Las respuestas a las dosis de 5 y 25 µg fueron muy similares. Al comparar la respuesta de los anticuerpos neutralizantes tras la segunda dosis, se obtuvieron unos títulos de media geométrica 4 veces superiores a los obtenidos con los sueros de pacientes convalecientes y eran similares a los obtenidos en pacientes hospitalizados por COVID-19. Los regímenes con adyuvantes indujeron una respuesta de células T CD4+ polifuncional que se reflejó en la producción de IFN-**γ**, IL-2 y TNF-**α**. En resumen, el empleo del adyuvante estimula la respuesta de anticuerpos neutralizantes y de células T (con predominancia del fenotipo Th1), que sugieren su importancia en la selección de la vacuna.

Almacenamiento: La vacuna puede almacenarse a 2ºC-8ºC.

Se trata de una vacuna glicoproteica que tiene toda la estructura de la proteína S del virus, que contiene adyuvante (Matrix-M) que potencia la respuesta inmune humoral y celular

Se administra en dos dosis

Presenta una eficacia frente a la cepa original del 95,6%, proporcionando protección frente a la variante británica (B.1.1.7) del 85,6% y menor protección frente a la cepa sudafricana (B.1.351) del 60% (según los datos preliminares de los ensayos)

Esperamos más referencias de esta vacuna, los resultados completos de ensayos en fase 3 y la eventual aprobación por la Agencia Europea del Medicamento

Datos preliminares de la fase 3 de esta vacuna (Gorman 2021) sugieren que la protección frente a la enfermedad se puede observar a los 10 días de la primera dosis, antes de la aparición de una robusta presencia de altos niveles de anticuerpos neutralizantes

Se esperan en breve los resultados del ensayo en fase 3, que será presentados a la Agencia Europea del Medicamento para su aprobación. Los resultados preliminares indican una eficacia del 95,6 %, eficacia que aparentemente se mantiene frente a la variante británica (85,6%) y disminuye frente a la sudafricana (60%) (Mahase E-4 2020, Callaway E & Mallapaty S 2021).

3.2.7. Gam-COVID-Vac - SPUTNIK V

Se trata de una vacuna basada en adenovirus recombinante (Logunov 2020, Logunov 2021, Jones 2021). Emplea como vectores dos cepas de adenovirus, la Ad26 y la Ad5, que portan el gen de la proteína de pico (proteína S). Se administra la primera dosis con rAd26 y la segunda a los 21 días con rAd5. El principio de usar dos vectores para cada dosis no es nuevo (Lus 2009) y se basa en la frecuencia con la que los adenovirus infectan a los humanos. Esto crea un problema a veces al utilizar estos virus como vectores (portadores) de los genes del virus (en este caso, coronavirus) porque puede existir una inmunidad previa en el receptor de la vacuna que provoque la destrucción del adenovirus y por lo tanto de la

Tabla 1 **Vacunas aprobadas o en fase de aprobación**

FABRICANTE	VACUNA	OBSERVACIONES
BioNtech/Pfizer (BNT162B2) APROBADA	ARN mensajero	Almacenamiento: Necesita conservarse a temperaturas de -60º C a -80ºC, aunque soporta 5 días a temperaturas de 2ºC a 8ºC, una máximo de 6 horas a 25ºC (diluido) y una máximo de 2 horas a 25ºC (concentrado) El vial contiene 5 dosis (6 dosis dependiendo de la jeringa). Necesita diluir el concentrado antes de su administración. Se administra en dos dosis intramusculares con 21 días o más de separación
Moderna (ARNm-1273) APROBADA	ARN mensajero	No necesita diluirse. Almacenamiento: Debe conservarse a temperaturas de -20º C, aunque soporta 30 días a temperatura de 2-8ºC. El vial contiene 10 dosis. Una vez abierto el vial debe usarse dentro de las siguientes 6 horas, y se mantiene a la temperatura de la habitación alrededor de 12 horas. Se administra en dos dosis intramusculares (deltoides) el día 1 y a los 28 días de la primera.
Astra-Zeneca (ChAdOx1) APROBADA	Vacuna recombinante que utiliza Adenovirus de chimpancé como vector	Viales multidosis, conteniendo 8 o 10 dosis de 0,5 ml. NO CONGELAR. Proteger de la luz. En España se utilizará de momento exclusivamente en la población a partir de los 60 años Almacenamiento: Viales cerrados, 6 meses a 2ºC-8ºC. Viales abiertos (tras una primera vacunación): 48 horas a 2ºC-8ºC. Seis horas a temperatura ambiente (30ºC) Se utilizan 2 inyecciones intramusculares en el brazo (deltoides), la segunda dosis entre 4-12 semanas de la primera
Janssen (Ad26.COV2-S) APROBADA	Vacuna recombinante que utiliza un adenovirus como vector	1 sola dosis (0,5 ml.) 5 dosis por vial Almacenamiento: Se mantiene en nevera (2ºC-8ºC) 3 meses En el congelador (-15ºC a -25ºC) 2 años
Curevax (CVnCoV) PENDIENTE DE APROBACION	ARN mensajero	Almacenamiento: Necesita conservarse a temperaturas de 5ºC (3 meses)
Novavax (NVX-CoV2373) PENDIENTE DE APROBACIÓN	Se trata de una vacuna de subunidades, que contiene la proteína S, unida a un adyuvante Matrix-M	Almacenamiento: La vacuna puede almacenarse a 2ºC-8ºC. Se trata de una vacuna glicoproteica que tiene toda la estructura de la proteína S del virus, que contiene adyuvante (Matrix-M) que potencia la respuesta inmune humoral y celular Se administra en dos dosis Presenta una eficacia frente a la cepa original del 95,6%, proporcionando protección frente a la variante británica (B.1.1.7) del 85,6% y menor protección frente a la cepa sudafricana (B.1.351) del 60% (según los datos preliminares de los ensayos) Esperamos más referencias de esta vacuna, los resultados completos de ensayos en fase 3 y la eventual aprobación por la Agencia Europea del Medicamento
Gam-COVID-Vac - SPUTNIK V	Vacuna recombinante que utiliza un adenovirus como vector	Emplea como vectores dos cepas de adenovirus, la Ad26 y la Ad5, que portan el gen de la proteína de pico (proteína S). Se administra la primera dosis con rAd26 y la segunda a los 21 días con rAd5 Almacenamiento: a -18ºC

vacuna. Al utilizar dos vectores diferentes en la primovacunación y en la segunda vacunación, esta posibilidad prácticamente se elimina. Es importante subrayar que los vectores (adenovirus) han sido modificados y no pueden replicarse. La utilidad de esos vectores ha sido extensamente comprobada, dando lugar a una respuesta inmune elevada, de modo que con una sola dosis proporcionan inmunidad sin necesidad de adyuvantes (Lu 2009).

En un ensayo en fase 1/2, (Logunov 2020) se demostró respuesta inmune con anticuerpos neutralizantes y respuesta celular en todos los participantes en el día 28 tras la vacunación, sin encontrar efectos adversos graves en ningún caso. Se evaluó la forma líquida de la vacuna y la forma liofilizada, eligiendo la primera que aportaba mejor respuesta inmune.

En el ensayo clínico en fase 3 (Logunov 2021), se incluyeron 21.977 adultos (mayores de 18 años) que se distribuyeron de forma aleatoria (3:1), 16.501 recibieron la vacuna y 5.476 placebo (el buffer de la vacuna sin el adenovirus), que se administraron en dos dosis con 21 días de separación. La organización y el control fueron realizados por una entidad externa independiente. El resultado primario fue la proporción de participantes diagnosticados de COVID-19 confirmado por PCR tras 21 días de la primera dosis. En esta publicación se muestran los resultados preliminares en lo que se refiere a la seguridad y a la inmunogenicidad de esta vacuna. Durante este estudio se empleó la vacuna en su forma líquida que requiere el almacenamiento a -18°C, aunque el Ministerio de Salud de la Federación Rusa ha aprobado el almacenamiento a 2-8°C.

En lo referente a la **seguridad** de la vacuna, no se apreciaron efectos adversos graves relacionados con la vacuna, aunque no relacionados con la vacuna se observaron en 45 participantes del grupo de la vacuna y en 23 participantes del grupo placebo.

La **eficacia** de la vacuna a los 21 días de la primera dosis fue del 91,6%, demostrando por otra parte una disminución de la gravedad de la infección en los casos vacunados; a las dos semanas de la primera dosis una diferencia significativa con el grupo placebo, que a partir del día 21 de la vacunación la eficacia frente a los casos graves fue del 100%. En cuanto a la eficacia en los individuos mayores de 60 años no fue significativamente menor que la encontrada en el grupo de 18 a 60 años de edad, dato importante de protección de poblaciones en mayor riesgo.

Esperamos los datos completos de la fase 3 y la eventual aprobación de las Agencias Regulatorias.

4. PROTECCIÓN DE GRUPO

La Protección de Grupo, también se ha denominado inmunidad de Grupo, aunque algunos consideramos que este nombre heredado de hace tiempo (Topley 1913) no es correcto, ya que no se basa en la respuesta inmune del individuo sino en la protección que este tiene al verse rodeado de personas que no tienen la infección por estar inmunizadas (bien por haber pasado la infección y disponer de una respuesta inmune frente al virus o por hacer sido inmunizadas por la vacunación). Ya hemos señalado al revisar los aspectos generales de la vacunación, que esta protección se relaciona con el número de reproducción del virus (capacidad infectiva), la eficacia vacunal, y la cobertura vacunal. Hemos indicado antes que la eficacia de las vacunas de las que ya disponemos es superior al 70% e incluso al 80% exigible, por lo que queda pendiente la cobertura vacunal.

En efecto, para que esta protección se produzca es por lo tanto necesario que una gran parte de la población esté vacunada (padecer la infección no es una alternativa, dados los efectos e incluso la mortalidad de ello) Aschwanden 2020, Anderson RM 2020. En Estados Unidos con un número de vacunados completamente frente al COVID-19 de más de 100 millones de personas se han detectado casos de la infección en más de 10.000 de estos vacunados, casos que deben esperarse, especialmente hasta que la vacunación alcance los niveles suficientes para disminuir la transmisión (CDC-MMRW-21 Mayo 2021)

No es el objetivo de esta publicación entrar en detalle en este tema, pero conviene indicar que efectivamente se trata de la protección indirecta que proporciona un número suficiente de individuos inmunes a la infección, y me gustaría subrayar aquí la palabra suficiente, y que se aplica a aquellas infecciones con reservorio únicamente humano, ya que si hubiese otros reservorios, la inmunización de la población tendría escasa protección de grupo (los humanos podrían infectarse a través de otros reservorios).

Por ello, la fabricación de vacunas en cantidades suficientes y la concienciación de la población de la importancia de vacunarse, no sólo como protección individual sino para proteger a otros que no pudieran vacunarse es fundamental. Aquí, la labor de todos es importantísima, tratando de huir de los bulos y de las creencias. Estamos en el siglo XXI y debemos basarnos en los datos científicos, y en este caso en los resultados de los ensayos clínicos bien planteados y honestamente realizados, hechos públicos para que puedan ser revisados a fondo por expertos en este tema. Los sanitarios y los medios de información tenemos, como siempre, una gran responsabilidad.

El Centro para el Control de las enfermedades (CDC) de USA (Christie 2021) ha publicado unas recomendaciones dirigidas a aquellas personas que han recibido la vacunación completa, en las que se indica que los individuos vacunados presentan un importante descenso en la carga viral, identificada como clave para la transmisión. No obstante, se insiste en la necesidad de mantener todas las precauciones, especialmente ante personas de especial riesgo no vacunadas. Cuando se consiga un nivel apropiado de personas vacunadas, se podrán revisar estas restricciones. Como señala Peter Doshi (2020), sea como consecuencia de la inmunidad natural desarrollada o como consecuencia de la vacunación, no venceremos al virus hasta que alcancemos el nivel de la protección de grupo.

CONCLUSIONES

La humanidad se enfrenta a uno de los retos infecciosos más importantes de su historia, con más de 110 millones de infectados y más de 3 millones de fallecidos al día de hoy (más de 6.000 Boeing 747, es decir, 17 al día estrellados con todos los pasajeros fallecidos). ¿Quién compraría un billete de avión si esto fuera así? Y sin embargo hay personas (una minoría) que compra un billete para el COVID-19 trasgrediendo las normas elementales de protección. La llegada de vacunas efectivas en un tiempo récord podría ser la forma de enfrentarse a este reto. Conviene recordar aquí que conseguir estas vacunas

en tan poco tiempo no es producto de la suerte sino de años de investigación básica en múltiples áreas (biología, bioquímica, inmunología, virología, investigación del cáncer, etc.), que nos han conducido a este momento.

El seguimiento de los resultados de las vacunaciones es fundamental para entender la eficacia, la posible disminución de la respuesta inmune con el tiempo y los posibles efectos adversos. A fecha de hoy, más de 220 millones de dosis se han administrado en el mundo según la OMS con las vacunas disponibles (en España más de 1 millón han recibido 2 dosis), y por lo tanto tenemos experiencias de la seguridad y del mantenimiento de la respuesta inmune de las vacunas en el mundo real. La vigilancia de los efectos de estas vacunas es posible y muy necesaria. La publicación de estos datos, debidamente contrastados, es una prioridad.

Quedan todavía algunas incógnitas que se irán desvelando. Es posible que las mutaciones del virus afecten a la inmunidad proporcionada por estas vacunas y será necesario hacer un seguimiento del impacto de estos cambios en la eficacia de las vacunas disponibles y en su caso realizar los cambios oportunos. Para ello sería muy importante seguir a los vacunados y comprobar si sufren infecciones por COVID-19, y secuenciar en su caso. Resultan especialmente preocupantes las variantes sudafricana (B1.351), la brasileña (P1) y la variante B.1.1.7 a la que se añade la mutación E484K, así como algunas variantes aparecidas en California frente a las que todas las vacunas en mayor o menor grado se encuentran afectadas. La industria productora de las vacunas está ya realizando los estudios pertinentes para actualizarlas si fuera necesario a la situación epidemiológica actual, diseñando vacunas de nueva generación que incluyan las secuencias mutadas y en su caso empleando antígenos virales alternativos. La duración de la protección habrá que evaluarla con el tiempo (aunque hay datos recientes que indican que puede ser duradera, Dan et al, 2020), así como la eventual contagiosidad de los vacunados. En este último caso, se ha señalado que posiblemente las vacunas proporcionan una respuesta IgM e IgG pero no IgA (en las mucosas) y que esto permitiría al virus mantenerse en las fosas nasales. Sin embargo, el estudio de AstraZeneca que incluía la toma semanal de muestras nasales, indica que en los individuos vacunados disminuye el número de infectados sintomáticos y el de asintomáticos, lo que nos hace pensar que las vacunas disminuyen la potación del virus. En cualquier caso, la **vigilancia epidemiológica** que deben realizar los países y la industria de las vacunas, tras la inmunización en masa de la población, deben aportar respuestas. Los modelos para evaluar la protección de grupo se basan fundamentalmente en tres factores: la capacidad de reproducción del virus, la eficacia de la vacuna y las coberturas vacunales. En este último factor, la comunidad sanitaria puede aportar información a la población, que permita unos niveles de coberturas suficientes, recordando que la vuelta de la población a los comportamientos previos a la pandemia puede cambiar la protección que los modelos evaluados ofrecen. En otras palabras, las vacunas resolverán muchos problemas pero las medidas generales de protección (distanciamiento social, protección individual, etc.) deberán mantenerse durante un tiempo, al menos hasta que se alcancen las coberturas necesarias.

Es indudable que el levantamiento de las medidas de protección generales (distanciamiento social de más de 2 metros, mascarillas y lavado de manos), sin los adecuados niveles de vacunación, producirán más hospitalizaciones y fallecimientos que podrían haberse evitado. La propuesta de levantar las restricciones al ritmo de los niveles de vacunación parece muy sensata (Contreras 2021). Más infecciones significan mayor posibilidad para la extensión y la evolución de variantes de escape y se ha demostrado que la vacunación debe acompasarse a las medidas de protección (Moore S, 2021). Es comprensible que la población sufra el síndrome de "fatiga del comportamiento" (Petherick 2021), pero los responsables sanitarios deben hacer llegar a la población la importancia de estas medidas hasta que se alcancen los niveles adecuados de protección vacunal.

Las encuestas realizadas (Goldfarb 2021) indican que los ciudadanos no están bien informados de las medidas a tomar post-vacunación. Necesitan más datos sobre la eventual contagiosidad de los vacunados, y las informaciones que dispone la población son a veces confusas e incluso contradictorias. Es necesaria una mayor información con los aspectos fundamentales relacionados con las vacunas que han recibido y las precauciones a seguir tras la vacunación. Aquí las Sociedades Científicas pueden elaborar un sencillo documento de consenso que podría añadirse al documento que recibe la población vacunada. En otras palabras, las vacunas resolverán muchos problemas, pero las medidas generales de protección (distanciamiento social, protección individual, etc.) deberán mantenerse durante un tiempo, al menos hasta que se alcancen las coberturas necesarias.

BIBLIOGRAFÍA

Abu-Raddad LJ, Chemaitelly H. Effectiveness of the BNT162b2 Covid-19 Vaccine against the B.1.1.7 and B.1.351 Variants. N Engl J Med, 5 mayo 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMc2104974?articleTools=true

Ahmad FB, Anderson RN. The Leading Causes of Death in the US for 2020. JAMA. Published online March 31, 2021. doi:10.1001/jama.2021.5469
https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2778234

Ahmed SF, Quadeer AA, McKay MR. Preliminary Identification of Potential Vaccine Targets for the COVID-19 Coronavirus (SARS-CoV-2) Based on SARS-CoV Immunological Studies. Viruses. 2020 Feb 25;12(3):254.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7150947/pdf/viruses-12-00254.pdf

Alouane T, Laamarti M, Essabbar A, et al.,. Genomic Diversity and Hotspot Mutations in 30,983 SARS-CoV-2 Genomes: Moving Toward a Universal Vaccine for the "Confined Virus"? Pathogens. 2020 Oct 10;9(10):829.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7600297/pdf/pathogens-09-00829.pdf

American Academy of Pediatrics. Children and COVID-19: State Data Report
https://downloads.aap.org/AAP/PDF/AAP%20and%20CHA%20-%20Children%20and%20COVID-19%20State%20Data%20Report%203.25.21%20FINAL.pdf

Anderson EJ, Rouphael NG, Widge AT, et al. Safety and Immunogenicity of SARS-CoV-2 ARNm-1273 Vaccine in Older Adults [published online ahead of print, 2020 Sep 29]. N Engl J Med. 2020;NEJMoa2028436. doi:10.1056/NEJMoa2028436.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7556339/pdf/NEJMoa2028436.pdf

Anderson RM, Vegvari C, Truscott J, Collyer BS. Challenges in creating herd immunity to SARS-CoV-2 infection by mass vaccination. Lancet 2020; 396: 1614-1616
https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2820%2932318-7

Andrew MK, Shinde V, Ye L, et al. The Importance of Frailty in the Assessment of Influenza Vaccine Effectiveness Against Influenza-Related Hospitalization in Elderly People. J Infect Dis. 2017;216(4):405-414.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5853583/pdf/jix282.pdf

Anywaine Z , Whitworth H ,Kaleebu P . Safety and Immunogenicity of a 2-Dose Heterologous Vaccination Regimen With Ad26.ZEBOV and MVA-BN-Filo Ebola Vac: 12-Month Data From a Phase 1 Randomized Clinical Trial in Uganda and Tanzania. J Infect Dis 2019 Jun 5;220(1):46-56.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6548900/pdf/jiz070.pdf

Aprobación de la Vacuna AZ por la Comisión Europea. https://www.ema.europa.eu/en/news/ema-recommends-covid-19-vaccine-astrazeneca-authorisation-eu

Aschwanden C. Nature 2020, 567:26-28 The false promise of Herd Immunity
https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-020-02948-4/d41586-020-02948-4.pdf

Baden LR, El Sahly HM, Essink B, Kotloff K, et al. Efficacy and Safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 Vaccine. N Engl J Med 2020
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMcibr2032888?articleTools=true

Baric RS. Emergence of a highly fit SARS-CoV-2 variant. N Engl J Med 383:27
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMcibr2032888?articleTools=true

Bartsch SM, O'Shea KJ., et al. Vaccine efficacy needed for a COVID-19 Coronavirus vaccine to prevent or stop an epidemic as the sole intervention. Am J Prev Med 2020; 59:493-503. (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7361120/pdf/main.pdf)

Bloom BR, Nowak GJ, Orenstein W. "When Will We Have a Vaccine?" - Understanding Questions and Answers about Covid-19 Vaccination. N Engl J Med 2020 Dec 3;383(23):2202-2204.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMp2025331?articleTools=true

Borobia AM, Carcas AJ, Pérez OImeda MT, Castaño L, et al. Reactogenicity and immunogenicity of BNT162b2 in subjects having received a first dose of 2 ChAdOx1S: initial results of a randomised, adaptive, phase 2 trial (CombiVacS). Lancet preprint 2021.
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3854768

Bos R, Rutten L, van der Lubbe JEM, Bakkers MJG. Ad26 vector-based COVID-19 vaccine encoding a prefusion-stabilized SARS-CoV-2 Spike immunogen induces potent humoral and cellular immune responses. NPJ Vaccines. 2020 Sep 28;5:91. doi: 10.1038/s41541-020-00243-x. PMID: 33083026; PMCID: PMC7522255.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7522255/pdf/41541_2020_Article_243.pdf

Callaway E. Could new variants undermine vaccines? Labs scramble to find out. 2021 Nature 2021; 589: 177-8
https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-021-00031-0/d41586-021-00031-0.pdf

Breton G, Mendoza P, Hagglof T, Oliveira TY, et al. Persistent Cellular Immunity to SARS-CoV-2 Infection. bioRxiv 9 Diciembre 2020.
https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.12.08.416636v1.full.pdf

Callaway E, Mallapaty S. Novavax COVID vaccine protects people against variants. Nature 2021; 590: 17
https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-021-00268-9/d41586-021-00268-9.pdf

CDC Marzo 2021. Centers for Disease Control and Prevention. Interim Public Health Recommendations for Fully Vaccinated People. 8 Marzo 2021.
https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/fully-vaccinated-guidance.html

CDC-Vacunas frente a covid-19
https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/index.html
CDC-Clasificación de Variantes
https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/cases-updates/variant-surveillance/variant-info.html

CDC-MMWR 2 de Abril 2021.. Interim Estimates of Vaccine Effectiveness of BNT162b2 and mRNA-1273 COVID-19 Vaccines in Preventing SARS-CoV-2 Infection Among Health Care Personnel, First Responders, and Other Essential and Frontline Workers — Eight U.S. Locations, December 2020–March 2021.
https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/70/wr/pdfs/mm7013e3-H.pdf

CDC-MMWR 21 de Mayo de 2021. COVID-19 Vaccine Breakthrough Infections Reported to CDC — United States, January 1–April 30, 2021
https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/70/wr/pdfs/mm7021e3-H.pdf

Challen R, Brooks-Pollock E, Read JM, Dyson L et al. Risk of mortality in patients infected with SARS-CoV-2 variant of concern 202012/1: matched cohort study. BMJ 2021;372:n579
https://www.bmj.com/content/bmj/372/bmj.n579.full.pdf

Chodick G, Tene L, Patalon T, Gazit S, et al. The effectiveness of the first dose of BNT162b2 vaccine in reducing SARS-CoV-2 infection 13-24 days after immunization: real-world evidence. medRxiv 2021.01.27.21250612; https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.01.27.21250612v1.full.pdf

ClinicalTrials.gov. ClinicalTrials.gov Identifier: NCT04652102. A Study to Determine the Safety and Efficacy of SARS-CoV-2 mRNA Vaccine CVn-

CoV in Adults for COVID-19.
https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04652102

Collier AY, McMahan K, Yu J, Tostanoski LH, et al. Immunogenicity of COVID-19 mRNA Vaccines in Pregnant and Lactating Women. JAMA 134 de mayo 2021.
https://jamanetwork.com/journals/jama/articlepdf/2780202/jama_collier_2021_oi_210052_1620861850.02513.pdf

Cines DB, Bussel JB. SARS-CoV-2 Vaccine–Induced Immune Thrombotic Thrombocytopenia. N Engl J Med 16 Abril 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMe2106315?articleTools=true

Christie A, Mbaeyi SA, Walensky RP. CDC Interim Recommendations for Fully Vaccinated People: An Important First Step. JAMA. Published online March 10, 2021.
https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2777536
COG-UK. Update on new SARS-CoV-2 variant and how COG-UK tracks emerging mutations
https://www.cogconsortium.uk/news_item/update-on-new-sars-cov-2-variant-and-how-cog-uk-tracks-emerging-mutations/

Collier DA, De Marco A, Ferreira IATM, Meng B, et al. Sensitivity of SARS-CoV-2 B.1.1.7 to mRNA vaccine-elicited antibodies. Nature 11 de Marzo de 2021.
https://www.nature.com/articles/s41586-021-03412-7.pdf

COVID-19 Vaccine AstraZeneca. https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/covid-19-vaccine-astrazeneca-product-information-approved-chmp-29-january-2021-pending-endorsement_en.pdf

Comisión Europea (2020). Estrategia de las vacunas contra el coronavirus.
https://ec.europa.eu/info/live-work-travel-eu/coronavirus-response/public-health/coronavirus-vaccines-strategy_es

Consejo Interterritorial. Sistema Nacional de Salud. Estrategia de vacunación frente a COVID19 en España (Actualización 7)
https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/prevPromocion/vacunaciones/covid19/docs/COVID-19_Actualizacion7_EstrategiaVacunacion.pdf

Contreras S, Priesemann V. Risking further COVID-19 waves despite vaccination. Lancet Infect Dis. Published Online March 18, 2021
https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S1473-3099%2821%2900167-5

Corbett KS, Flynn B, Foulds KE, Francica JR. Evaluation of the AR-Nm-1273 Vaccine against SARS-CoV-2 in Nonhuman Primates. N Engl J Med. 2020 Oct 15;383(16):1544-1555.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7449230/pdf/NEJMoa2024671.pdf

Cox, R.J., Brokstad, K.A. Not just antibodies: B cells and T cells mediate immunity to COVID-19. Nat Rev Immunol 20, 581–582 (2020).
https://www.nature.com/articles/s41577-020-00436-4.pdf

Cylus J, Panteli D, van Ginneken E. Who should be vaccinated first? Comparing vaccine prioritization strategies in Israel and European countries using the Covid-19 Health System Response Monitor. Isr J Health Policy Res 10, 16 (2021).
https://ijhpr.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13584-021-00453-1.pdf

Dan JM, Mateus J, Kato Y, Hastie KM et al. , Immunological memory to SARS-CoV-2 assessed for up to eight months after infection. BioRxiv 18 Diciembre 2020.
https://doi.org/10.1101/2020.11.15.383323

de Montalvo Jääskeläinen F, Altisent Trota R, Bellver Capella V, Cadena Serrano F, et al. Informe del Comité de Bioética de España acerca de los fundamentos ético-legales de permitir a las personas menores de sesenta años que han sido vacunados con primera dosis de Vaxzevria, vacunarse , en segunda dosis, con la misma vacuna.
http://assets.comitedebioetica.es/files/documentacion/Informe%20CBE%20Eleccion%20Vacunas.pdf

Denison MR, Graham RL, Donaldson EF, Eckerle LD, Baric RS. Coronaviruses: an ARN proofreading machine regulates replication fidelity and diversity. ARN Biol. 2011 Mar-Apr;8(2):270-9.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3127101/pdf/ARN0802_0270.pdf

Douoguih M. Phase 3 Study COV-3001 ENSEMBLE. Efficacy and Safety. FDA: 164 Meeting of the Vaccines and Related Biological Products Advisory Committee. 26 Febrero 2021.
https://www.fda.gov/media/146217/download

Du, L.; He, Y.; Zhou, Y.; Liu, S.; Zheng, B.-J.; Jiang, S. The spike protein of SARS-CoV—A target for vaccine and therapeutic development. Nat. Rev. Genet. 2009, 7, 226–236.
https://www.nature.com/articles/nrmicro2090.pdf

Eckerle LD, Becker MM, Halpin RA, Li K, Venter E, Lu X, Scherbakova S, Graham RL, Baric RS, Stockwell TB, Spiro DJ, Denison MR. Infidelity of SARS-CoV Nsp14-exonuclease mutant virus replication is revealed by complete genome sequencing. PLoS Pathog. 2010 May 6;6(5):e1000896.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2865531/pdf/ppat.1000896.pdf

Edlow AG, Li JZ, Collier AY, Atyeo C, James KE, et al. Assessment of Maternal and Neonatal SARS-CoV-2 Viral Load, Transplacental Antibody Transfer, and Placental Pathology in Pregnancies During the COVID-19 Pandemic. JAMA Netw Open. 2020 Dec 1;3(12):e2030455.
https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2774428

Edwards KM , Orenstein WA. Anticipating Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Vaccine Testing, Licensure, and Recommendations for Use. J Perdiatr 2020 Sep;224:124-128.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7303663/pdf/main.pdf

EMA-2020. EMA considerations on COVID-19 vaccine approval.
https://www.ema.europa.eu/en/documents/other/ema-considerations-covid-19-vaccine-approval_en.pdf

EMA-ASTRAZENECA 18/03/2021
https://www.youtube.com/watch?v=QkI3E0d3i38

EMA-ASTRAZENECA 07/04/2021
https://www.ema.europa.eu/en/news/astrazenecas-covid-19-vaccine-ema-finds-possible-link-very-rare-cases-unusual-blood-clots-low-

blood

EMA-JANSSEN 20/04/2021
https://www.ema.europa.eu/en/news/covid-19-vaccine-janssen-ema-finds-possible-link-very-rare-cases-unusual-blood-clots-low-blood
EMA-Moderna: Información de la Vacuna Moderna
https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/covid-19-vaccine-moderna-product-information_en.pdf

EMA. First COVID-19 vaccine approved for children aged 12 to 15 in EU
https://www.ema.europa.eu/en/human-regulatory/overview/public-health-threats/coronavirus-disease-covid-19/covid-19-latest-updates

FACME 2021. Recomendaciones relativas al seguimiento de sospecha de trombosis y trombocitopenias tras la vacunación frente al Covid-19. Abril 2021
https://facme.es/wp-content/uploads/2021/03/FACME-sobre-trombosis-trombocitopenicas-ASTRAZENECA-20210329.pdf

FDA Briefing Document. Moderna COVID-19 Vaccine https://www.fda.gov/media/144434/download
Folegatti PM, Bittaye M, Flaxman A, et al. Safety and immunogenicity of a candidate Middle East respiratory syndrome coronavirus viral-vectored vaccine: a dose-escalation, open-label, non-randomised, uncontrolled, phase 1 trial [published correction appears in Lancet Infect Dis. 2020 May 12;:] [published correction appears in Lancet Infect Dis. 2020 Jun 8;:]. Lancet Infect Dis. 2020;20(7):816-826.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7217631/pdf/main.pdf

FDA: 164 Meeting of the Vaccines and Related Biological Products Advisory Committee. 26 Febrero 2021.
https://www.fda.gov/media/146217/download

Folegatti PM, Ewer KJ, Aley PK, et al. Safety and immunogenicity of the ChAdOx1 nCoV-19 vaccine against SARS-CoV-2: a preliminary report of a phase 1/2, single-blind, randomised controlled trial [published correction appears in Lancet. 2020 Aug 15;396(10249):466]. Lancet. 2020;396(10249):467-478.
https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2820%2931604-4

Franki R. New COVID-19 cases rise again in children. MDedge Pediatrics 30 marzo 2021.
https://www.mdedge.com/pediatrics/article/237894/coronavirus-updates/new-covid-19-cases-rise-again-children?sso=true

Frenck RW, Klein NP, Kitchin N, Gurtman A, et al. Safety, Immunogenicity, and Efficacy of the BNT162b2 Covid-19 Vaccine in Adolescents. N Engl J Med 27 Mayo 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa2107456?articleTools=true

Funk T , Pharris A , Spiteri G , Bundle N, et al. Characteristics of SARS-CoV-2 variants of concern B.1.1.7, B.1.351 or P.1: data from seven EU/EEA countries, weeks 38/2020 to 10/2021. Euro Surveill. 2021;26(16):pii=2100348.
https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2021.26.16.2100348

Glied S. Strategy drives implementation: COVID vaccination in Israel. Israel Journal of Health Policy Research. 2021 Feb;10(1):9. DOI: 10.1186/s13584-021-00445-1.
https://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC7848666&blobtype=pdf

Goldfarb JL, Kreps S, Brownstein JS, Kriner DL. Beyond the First Dose — Covid-19 Vaccine Follow-through and Continued Protective Measures. N Engl J Med, 28 Abril 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMp2104527?articleTools=true

Gorman MJ, Patel N, Guebre-Xabier M, Zhu A. et al. Collaboration between the Fab and Fc contribute to maximal protection against SARS4 CoV-2 in nonhuman primates following NVX-CoV2373 subunit vaccine with Matrix-M™ vaccination. bioRxiv 2021.
https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.02.05.429759v1.full.pdf

Gostin LO, Cohen IG, Shaw J. Digital Health Passes in the Age of COVID-19. Are "Vaccine Passports" Lawful and Ethical? . JAMA. Published online April 07, 2021. doi:10.1001/jama.2021.5283
https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2778526

GOV-UK. 2020. Guidance. COVID-19 vaccination: a guide for women of childbearing age, pregnant or breastfeeding
https://www.gov.uk/government/publications/covid-19-vaccination-women-of-childbearing-age-currently-pregnant-planning-a-pregnancy-or-breastfeeding/covid-19-vaccination-a-guide-for-women-of-childbearing-age-pregnant-planning-a-pregnancy-or-breastfeeding

Actualizado a 30 de Diciembre de 2020
GOV-UK 2021. Alternating doses of different vaccines
https://www.gov.uk/government/news/world-first-covid-19-alternating-dose-vaccine-study-launches-in-ukGraepel KW, Kochhar S, Clayton EW, et al. Balancing Expediency and Scientific Rigor in Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Vaccine Development. J Infect Dis. 2020 Jul 15; 222(2): 180–182.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7239154/pdf/jiaa234.pdf
Graham SP, McLean RK, Spencer AJ, et al. Evaluation of the immunogenicity of prime-boost vaccination with the replication-deficient viral vectored COVID-19 vaccine candidate ChAdOx1 nCoV-19. NPJ Vaccines. 2020 Jul 27;5:69.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7385486/pdf/41541_2020_Article_221.pdf

Gray KJ, Bordt EA, Atyeo C, Deriso E, et al, . COVID-19 vaccine response in pregnant and lactating women: a cohort study. Am J Obstet Gynecol. 2021 Mar 24:S0002-9378(21)00187-3.
https://www.ajog.org/article/S0002-9378(21)00187-3/pdf
Greaney AJ, Loes AN, Crawford KHD, Starr TN et al. Comprehensive mapping of mutations to the SARS-CoV-2 receptor-binding domain that affect recognition by polyclonal human serum antibodies. bioRxiv 2020.12.31.425021; doi: https://doi.org/10.1101/2020.12.31.425021
https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.12.31.425021v1.full.pdf

Greinacher A, Thiele T, M.D., Warkentin TE, Weisser K, et al. Thrombotic Thrombocytopenia after ChAdOx1 nCov-19 Vaccination. N Engl J Med 9 April 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa2104840?articleTools=true

Gruber W. BNT162b2 Development Program (10 Diciembre 2020)
https://www.youtube.com/watch?v=owveMJBTc2I&feature=youtu.be

Gu H, Chen Q, Yang G, et al. Adaptation of SARS-CoV-2 in BALB/c mice for testing vaccine efficacy. Science. 2020;369(6511):1603-1607. doi:10.1126/science.abc4730
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7574913/pdf/369_1603.pdf

Guebre-Xabier, M., Patel, N., Tian, J. H., Zhou, B., Maciejewski, S., Lam, K., Portnoff, A. D., Massare, M. J., Frieman, M. B., Piedra, P. A., Ellingsworth, L., Glenn, G., & Smith, G. . NVX-CoV2373 vaccine protects cynomolgus macaque upper and lower airways against SARS-CoV-2 challenge. Vaccine, 2020; 38(50), 7892–7896. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.10.064

Gustafson CE, Kim C, Weyand CM, Goronzy JJ. Influence of immune aging on vaccine responses. J Allergy Clin Immunol 2020; 145: 1309-1321.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7198995/pdf/main.pdf

Hall MA, Studdert DM. "Vaccine Passport" Certification — Policy and Ethical Considerations. N Engl J Med March 31, 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMp2104289?articleTools=true

Hassan AO, Kafai NM, Dmitriev IP, Fox JM, et al. Single-Dose Intranasal ChAd Vaccine Protects Upper and Lower Respiratory Tracts against SARS-CoV-2. Cell. 2020 Oct 1;183(1):169-184.e13.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7437481/pdf/main.pdf

He Y, Zhu Q, Liu S, Zhou Y, Yang B, Li J, Jiang S. Identification of a critical neutralization determinant of severe acute respiratory syndrome (SARS)-associated coronavirus: importance for designing SARS vaccines. Virology 2005 Mar 30;334(1):74-82.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7111853/pdf/main.pdf

Hunter PR, Brainard J. Estimating the effectiveness of the Pfizer COVID-19 BNT162b2 vaccine after a single dose. A reanalysis of a study of 'real-world' vaccination outcomes from Israel. medRxiv 2021.02.03
https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.02.01.21250957v1.full.pdf

Jackson LA, Anderson EJ, Rouphael NG, Roberts PC et al., An ARNm Vaccine against SARS-CoV-2 —Preliminary Report. N Engl J Med 2020 Nov 12;383(20):1920-1931
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7377258/pdf/NEJMoa2022483.pdf

Jansen K. BNT162b2 Vaccine Candidate against COVID-19. Introduction (10 Diciembre de 2020)
https://www.youtube.com/watch?v=owveMJBTc2I&feature=youtu.be

Jeyanathan M, Afkhami S, Smaill F, Miller MS et al. Immunological considerations for COVID-19 vaccine strategies. Nat Rev Immunol. 2020 Oct;20(10):615-632.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7472682/pdf/41577_2020_Article_434.pdf

Kadambari S., Klenerамn P Pollard AJ. Why the elderly appear to be more severely affected by COVID-1: The potential role of immunosenescence and CMV. Rev Medical Virol 2020.
(https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7404358/pdf/RMV-9999-e2144.pdf)

Keech, C., Albert, G., Cho, I., Robertson, A., . Phase 1-2 Trial of a SARS-CoV-2 Recombinant Spike Protein Nanoparticle Vaccine. N Eng J Med 2020; 383: 2320–2332.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7494251/pdf/NEJMoa2026920.pdf

Kemp SA, Collier DA, Datir RP, Isabella A. T. M. Ferreira IATM, et al. SARS-CoV-2 evolution during treatment of chronic infection. Nature (2021).
https://www.nature.com/articles/s41586-021-03291-y.pdf

Knoll MD, Wonodi C. Oxford–AstraZeneca COVID-19 vaccine efficacy. The Lancet. Published online December 8, 2020.
https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2820%2932623-4

Kostoff RN, Briggs MB, Porter AL, Spandidos DA et al., COVID-19 vaccine safety. Int J Mol Med. 2020 Nov;46(5):1599-1602. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7521561/pdf/ijmm-46-05-1599.pdf

Krammer F, Srivastava K, the PARIS team, Simon V. Robust spike antibody responses and increased reactogenicity in seropositive individuals after a 2 single dose of SARS-CoV-2 mRNA vaccine. medRxiv 2021
https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.01.29.21250653v1.full.pdf

Krammer F-2, Srivastava K, Alshammary H, Amoako AA, et al. Antibody Responses in Seropositive Persons after a Single Dose of SARS-CoV-2 mRNA Vaccine. N Engl J Med. March 10, 2021
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMc2101667?articleTools=true

Krause PR, Gruber MF. Emergency Use Authorization of Covid Vaccines - Safety and Efficacy Follow-up Considerations. N Engl J Med 2020 Nov 5;383(19):e107.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMp2031373?articleTools=true

Le Bert, N., Tan, A.T., Kunasegaran, K. et al. SARS-CoV-2-specific T cell immunity in cases of COVID-19 and SARS, and uninfected controls. Nature 584, 457–462 (2020).
https://www.nature.com/articles/s41586-020-2550-z

Lee E-J, Cines DB , Gernsheimer T, Kessler C, et al. Thrombocytopenia following Pfizer and Moderna SARS-CoV-2 vaccination. Am J Hematol 2021, 96: 534-537
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ajh.26132

Li, C.K.-F.; Wu, H.; Yan, H.; Ma, S.-W.; Wang, L.; Zhang, M.; Tang, X.; Temperton, N.J.; Weiss, R.A.;Brenchley, J.M.; et al. T Cell Responses to Whole SARS Coronavirus in Humans1. J. Immunol. 2008, 181,5490–5500.
https://www.jimmunol.org/content/jimmunol/181/8/5490.full.pdf

Liu Y, Liu J, Xa H, Zhhang X, et al. Neutralizing activity of BNT162b2-elicited serum. N Engl J Med 2021
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMc2102017?articleTools=true

Logunov DY, Dolzhikova IV, Zubkova OV, Tukhvatulin AI, et al. Safety and immunogenicity of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine in two formulations: two open, non-randomised phase1/2 studies from Russia. Lancet 2020; 396: 887-897.
https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2820%2931866-3

Logunov DY, Dolzhikova IV, Shcheblyakov DV, Tukhvatulin AI, et al. Safety and efficacy of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine: an interim analysis of a randomised controlled phase 3 trial in Russia. Lancet 2021; 397: 671–81.
https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(21)00234-8.pdf

Lu S. Heterologous Prime-Boost Vaccination. Curr Opin Immunol 2021; 21(3): 346–351.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3743086/pdf/nihms128435.pdf

Madhi SA, Baillie V, Cutland CL, Voysey M, et al. Efficacy of the ChAdOx1 nCoV-19 Covid-19 Vaccine against the B.1.351 Variant. N Engl J Med March 26, 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa2102214?articleTools=true

Mahase E. Covid-19: Moderna applies for US and EU approval as vaccine trial reports 94.1% efficacy. BMJ. 2020 Dec 2;371:m4709.
https://www.bmj.com/content/bmj/371/bmj.m4709.full.pdf

Mahase E-1. Covid-19: Order to reschedule and delay second vaccine dose is "totally unfair," says BMA. BMJ 2020;371:m4978
https://www.bmj.com/content/bmj/371/bmj.m4978.full.pdf

Mahase E-2. Covid-19: Oxford vaccine could be 59% effective against asymptomatic infections, analysis shows. BMJ 2020;371:m4777.
https://www.bmj.com/content/bmj/371/bmj.m4777.full.pdf

Mahase E-3. Covid-19: UK approves Oxford vaccine as cases of new variant surge. BMJ 2020;371:m4968.
https://www.bmj.com/content/bmj/371/bmj.m4968.full.pdf

Mahase E-4. Covid-19: Novavax vaccine efficacy is 86% against UK variant and
60% against South African variant. BMJ 2021;372:n296.
https://www.bmj.com/content/bmj/372/bmj.n296.full.pdf

Mahase E-5. Covid-19: Pfizer reports 100% vaccine efficacy in children aged 12 to 15. BMJ 2021;373:n881
https://www.bmj.com/content/bmj/373/bmj.n881.full.pdf

Mallapaty S. India's massive COVID surge puzzles scientists. Nature 2021; 592: 667-8
https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-021-01059-y/d41586-021-01059-y.pdf

Martin D. Study 301: ARNm 1273 100 µg. Safety 9 week Median Follow-up. 163 Meeting of the Vaccines and Related Biological Products Products Advisory Committee.
https://www.youtube.com/watch?v=I4psAfbUtC0&feature=youtu.be

Mascola JR, Graham BS, Fauci AS. SARS-CoV-2 Viral Variants—Tackling a Moving Target. JAMA Published online February 11, 2021.
https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2776542

Menni C, Klaser K, May A, Polidori L, et al. Vaccine side-effects and SARS-CoV-2 infection after vaccination in users of the COVID Symptom Study app in the UK: a prospective observational study. Lancet 27 Abril 2021
https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S1473-3099%2821%2900224-3

Mercado, N.B., Zahn, R., Wegmann, F. Loos C, et al. Single-shot Ad26 vaccine protects against SARS-CoV-2 in rhesus macaques. Nature 586, 583–588 (2020).
https://www.nature.com/articles/s41586-020-2607-z.pdf

Miller JM. ARNm-1273 Efficacy. 163 Meeting of the Vaccines and Related Biological Products Products Advisory Committee.
https://www.youtube.com/watch?v=I4psAfbUtC0&feature=youtu.be

Ministerio de Sanidad 2021-7. Nota a la actualización 7.
https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/prevPromocion/vacunaciones/covid19/docs/COVID-19_Actualizacion7_Nota_Segunda-dosis_Personasmenores60anos.pdf

Moderna 2021. Moderna COVID-19 Vaccine Retains Neutralizing Activity Against Emerging Variants First Identified in the U.K. and the Republic of South Africa.
https://investors.modernatx.com/node/10841/pdf

Moore MJ. ARNm Platform and Mechanism of Action of ARNm-1273. 163 Meeting of the Vaccines and Related Biological Products Products Advisory Committee, 2020.
https://www.youtube.com/watch?v=I4psAfbUtC0&feature=youtu.be

Moore JP. Approaches for Optimal Use of Different COVID-19 Vaccines Issues of Viral Variants and Vaccine Efficacy. JAMA. Published online March 04, 2021. doi:10.1001/jama.2021.3465
https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2777390?alert=article#

Moore S, Hill EM, Tildesley MJ, Dyson L, et al. Vaccination and non-pharmaceutical interventions for COVID-19: a mathematical modelling study. Lancet Infect Dis 2021; 21: 793–802
https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S1473-3099%2821%2900143-2

Muik A, Wallisch A-K, Sänger B, Swanson KA, et al. Neutralization of SARS-CoV-2 lineage B.1.1.7 pseudovirus by BNT162b2 vaccine-elicited human sera.
https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.01.18.426984v1.full.pdf

Muir K-L, Kallam A, Koepsell SA, Gundabolu K. Thrombotic Thrombocytopenia after Ad26.COV2.S Vaccination. N Engl J Med. 14 Abril 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMc2105869?articleTools=true

Mukhopadhyay L, Yadav PD, Gupta N, Mohandas S. Systematic Review Comparison of the immunogenicity & protective efficacy of various SARS-CoV-2 vaccine candidates in non-human primates. Indian J Med Res 152, Epub ahead of print
https://www.ijmr.org.in/temp/IndianJMedRes000-3813575_103535.pdf

Mulligan MJ, Lyke KE, Kitchin N, et al.. Phase I/II study of COVID-19 ARN vaccine
BNT162b1 in adults. Nature 2020 Oct;586(7830):589-593
https://www.nature.com/articles/s41586-020-2639-4.pdf

OMS. Draft landscape of COVID-19 candidate vaccines. https://www.who.int/docs/default-source/blue-print/novel-coronavirus-landscape-covid-19-(7).pdf?sfvrsn=a4e55ae3_2&download=true
PANGO Lineages. Global report investigating novel coronavirus haplotypes. 2021

https://cov-lineages.org/global_report.html

Perl SH, Uzan-Yulzari A,Klainer H, Asiskovich L, et al. .SARS-CoV-2–Specific Antibodies in Breast Milk After COVID-19 Vaccination of Breastfeeding Women. JAMA 12 de Abril, 2021.
https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2778766

Petherick A, Goldszmidt R, Andrade EB, Furst R, et al. A Worldwide Assessment of COVID-19 Pandemic-Policy Fatigue. (January 27, 2021). Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3774252 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3774252

PFIZER-BIONTECH COVID-19 VACCINE. FACT SHEET FOR HEALTHCARE PROVIDERS ADMINISTERING VACCINE (VACCINATION PROVIDERS
https://www.cvdvaccine-us.com/images/pdf/fact-sheet-for-hcp-administering-vaccine-vaccination-providers-full-eua-prescribing-information.pdf#page=11

Plante, J.A., Liu, Y., Liu, J. et al. Spike mutation D614G alters SARS-CoV-2 fitness. Nature (2020).
https://www.nature.com/articles/s41586-020-2895-3.pdf

Plotkin SA. Increasing Complexity of Vaccine Development, J Infect Dis, 212, suppl_1, July 2015, S12–S16
https://academic.oup.com/jid/article/212/suppl_1/S12/1051650

Plotkin SA. Correlates of Protection Induced by Vaccination. Clin Vaccine Immunol. 2010 Jul; 17(7): 1055–1065.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2897268/pdf/0131-10.pdf

Polack FP, Thomas SJ, Kitchin N, M.D. et al., Safety and Efficacy of the BNT162b2 ARNm Covid-19 Vaccine. N Engl J Med 2020; DOI: 10.1056/NEJMoa2034577
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa2034577?articleTools=true

Pragya D. Yadav PD, Sapkal GN, Abraham P, et al. Neutralization of variant under investigation B.1.617 with sera of BBV152 vaccinees. bioRxiv 23 abril 2021.
https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.04.23.441101v1.full.pdf

Puthumana J ,Egilman AC , Zhang AD, et al. Speed, Evidence, and Safety Characteristics of Vaccine Approvals by the US Food and Drug Administration. JAMA Intern Med 2020 Nov 10.
https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/fullarticle/2772943

Ramasamy MN, Minassian AM, Ewer KJ, et al. Safety and immunogenicity of ChAdOx1 nCoV-19 vaccine administered in a prime-boost regimen in young and old adults (COV002): a single-blind, randomised, controlled, phase 2/3 trial [published online ahead of print, 2020 Nov 18]. Lancet. 2020.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7674972/pdf/main.pdf

Rausch JW, Capoferri AA, Katusiime MG, Patro SC, Kearney MF. Low genetic diversity may be an Achilles heel of SARS-CoV-2. Proc Natl Acad Sci U S A. 2020 Oct 6;117(40):24614-24616.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7547206/pdf/pnas.202017726.pdf

Rauch S, Roth N, Schwendt K, Fotin-Mleczek M, et al. mRNA based SARS-CoV-2 vaccine candidate CVnCoV induces high levels of virus neutralizing antibodies and mediates protection in rodents. bioRxiv 9 Febrero 2021.
https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.10.23.351775v2.full.pdf

Redd AD, Nardin A, Kared H, Bloch EM, et al. CD8+ T cell responses in COVID-19 convalescent individuals target conserved epitopes from multiple prominent SARS-CoV-2 circulating variants. MedRxiv 2021
https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.02.11.21251585v1.full.pdf

Rosen B, Waitzberg R, Israeli A. Israel's rapid rollout of vaccinations for COVID-19. Isr J Health Policy Res. 2021 Jan 26;10(1):6. doi: 10.1186/s13584-021-00440-6. PMID: 33499905; PMCID: PMC7835664.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7835664/pdf/13584_2021_Article_440.pdf

Roy L Soiza, Chiara Scicluna, Emma C Thomson, Efficacy and safety of COVID-19 vaccines in older people, Age and Ageing, , afaa274, https://doi.org/10.1093/ageing/afaa274

Saad-Roy CM, Morris SE, Metcalf CJE,Mina MJ, et al. Epidemiological and evolutionary considerations of SARS-CoV-2 vaccine dosing regimes. Science 10.1126/science.abg8663 (2021).
https://science.sciencemag.org/content/sci/early/2021/03/08/science.abg8663.full.pdf

Sadoff J, Gars ML, Shukarev G, Heerwegh D, et al. Interim Results of a Phase 1–2a Trial of Ad26.COV2.S Covid-19 Vaccine. N Engl J Med 2021 DOI: 10.1056/NEJMoa2034201
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa2034201?articleTools=true

Sadoff J, Davis K, Douoguih M. Thrombotic Thrombocytopenia after Ad26.COV2.S Vaccination — Response from the Manufacturer. N Engl J Med 16 Abril 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMc2106075?articleTools=true

Sahin U, Muik A, Derhovanessian E, et al., COVID-19 vaccine BNT162b1 elicits human antibody and T H 1 T cell responses. Nature 2020 Oct;586(7830):594-599.
https://www.nature.com/articles/s41586-020-2814-7.pdf

Sainz B Jr, Rausch JM, Gallaher WR, Garry RF, Wimley WC. Identification and characterization of the putative fusion peptide of the severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus spike protein. J Virol 2005 Jun;79(11):7195-206.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1112137/pdf/2521-04.pdf

Schultz NH, Sørvoll IH, Michelsen AE, Munthe LA, et al. Thrombosis and Thrombocytopenia after ChAdOx1 nCoV-19 Vaccination. N Engl J Med April 9, 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa2104882?articleTools=true

Scully M, Singh D, Lown R, Poles A, et al. Pathologic Antibodies to Platelet Factor 4 after ChAdOx1 nCoV-19 Vaccination. N Engl J Med 16 Abril 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa2105385?articleTools=true

SEIAIC 2020.
https://www.seaic.org/download/12344/

Shah M, Ahmad B, Choi S, Woo HG. Mutations in the SARS-CoV-2 spike RBD are responsible for stronger ACE2 binding and poor anti-SARS-CoV mAbs cross-neutralization. Comput Struct Biotechnol J. 2020;18:3402-3414.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7657873/pdf/main.pdf

Shaw RH, Stuart A, Greenland M, Liu X et al., Heterologous prime-boost COVID-19 vaccination: initial reactogenicity data. Lancet 12 Mayo 2021.
https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2821%2901115-6

Shen X, Tang H, McDanal C, Wagh K, et al. SARS-CoV-2 variant B.1.1.7 is susceptible to neutralizing antibodies elicited by ancestral Spike vaccines. bioRxiv 2021.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7852228/pdf/nihpp-2021.01.27.428516.pdf

Shimabukuro TT, Cole M, Su JR. Reports of Anaphylaxis After Receipt of mRNA COVID-19 Vaccines in the US—December 14, 2020-January 18, 2021. JAMA Published online February 12, 2021.
https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2776557

Shimabukuro TT, Kim SY, Myers TR, Moro PL, et al. Preliminary Findings of mRNA Covid-19 Vaccine Safety in Pregnant Persons. N Engl J Med 21 Abril 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa2104983?articleTools=true

Skowronski DM, De Serres G, M.D. Safety and Efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 Vaccine. N Engl J Med. February 17, 2021.
https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMc2036242?articleTools=true

Spinola SM, Zimet GD , Ott MA, et al. Human Challenge Studies Are Unlikely to Accelerate Coronavirus Vaccine Licensure Due to Ethical and Practical Issues. J Infect Dis 2020 Oct 1;222(9):1572-1574
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7499586/pdf/jiaa457.pdf

Su D, Li X, He C, Huang X et al. Broad neutralization against SARS-CoV-2 variants induced by a modified B.1.351 protein-based COVID-19 vaccine candidate. bioRxiv 17 Mayo 2021.
https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.05.16.444369v1.full.pdf

Tang F, Quan Y, Xin ZT, Wrammert J, et al. Lack of Peripheral Memory B Cell Responses in Recovered Patients with Severe Acute Respiratory Syndrome: A Six-Year Follow-Up Study. J Immunol June 15, 2011, 186 (12) 7264-7268.
https://www.jimmunol.org/content/jimmunol/186/12/7264.full.pdf

Tegally H, Wilkinson E, Giovanetti M, Iranzadeh A, et al. Emergence and rapid spread of a new severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2 (SARS-CoV-2) lineage with multiple spike mutations in South Africa. medRxiv 2020.12.21.20248640;
https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.12.21.20248640v1.full.pdf

Tian, J. H., Patel, N., Haupt, R., Zhou, H. SARS-CoV-2 spike glycoprotein vaccine candidate NVX-CoV2373 immunogenicity in baboons and protection in mice. Nature communications, 2020; 12(1), 372.
https://www.nature.com/articles/s41467-020-20653-8.pdf

Topley WW, Wilson GS. The spread of bacterial infection. The problem of herd immunity. J. Hyg (London) 1923 21(3): 243-249.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2167341/pdf/jhyg00291-0051.pdf

Tostanoski LH, Wegmann F, Martinot AJ, Loos C, et al. Ad26 vaccine protects against SARS-CoV-2 severe clinical disease in hamsters. Nat Med. 2020; 26(11): 1694–1700.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7671939/pdf/41591_2020_Article_1070.pdf

Turner JS, Kim W, Kalaidina E, Goss CW, et al. SARS-CoV-2 infection induces long-lived bone marrow plasma cells in humans. Nature 24 Mayo 2021.
https://www.nature.com/articles/s41586-021-03647-4_reference.pdf

Vaccines and Related Biological Products Advisory Committee meeting. December 17, 2020. FDA briefing document: Moderna COVID-19 vaccine (https://www.fda.gov/media/144434/download).

DOI: 10.1056/NEJMc2036242
Voysey M, Clemens SAC, Madhi SA, et al. Safety and efficacy of the ChAdOx1 nCoV-19 vaccine (AZD1222) against SARS-CoV-2: an interim analysis of four randomised controlled trials in Brazil, South Africa, and the UK. Lancet 2020; published online Dec 8.
https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32661-1.

Walsh EE, Frenck RW Jr., Falsey AR, et al. Safety and Immunogenicity of Two
ARN-Based Covid-19 Vaccine Candidates.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7583697/pdf/NEJMoa2027906.pdf

Walsh EE, Frenck R, Falsey AR, Kitchin N et al. RNA-Based COVID-19 Vaccine BNT162b2 Selected for a Pivotal Efficacy Study. N Engl J Med. (Preprint)
https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.08.17.20176651v2.full.pdf

Wang K, Chen W, Zhang Z, et al. CD147-spike protein is a novel route for SARS-CoV-2 infection to host cells. Signal Transduct Target Ther. 2020 Dec 4;5(1):283.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7714896/pdf/41392_2020_Article_426.pdf

Wang P, Nair MS, Liu L, Iketani S, et al. Antibody Resistance of SARS-CoV-2 Variants B.1.351 and B.1.1.7. Nature. 2021 Mar 8. doi: 10.1038/s41586-021-03398-2. Epub ahead of print. PMID: 33684923.
https://www.nature.com/articles/s41586-021-03398-2_reference.pdf

Wang Z, Schmidt F, Weisblum Y, Muecksch F et al. mRNA vaccine-elicited antibodies to SARS-CoV-2 and circulating variants. bioRxiv 2021.01.15.426911. https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.01.15.426911v1.full.pdf

Wajnberg A, Amanat F, Firpo A, Altman DR, et al. Robust neutralizing antibodies to SARS-CoV-2 infection persist for months. Science 370, 1227–1230 (2020).
https://science.sciencemag.org/content/sci/370/6521/1227.full.pdf

Widge AT, Rouphael NG, Jackson LA, et al. Durability of Responses after SARS-CoV-2 ARNm-1273 Vaccination. N Engl J Med (3 Diciembre 2020) https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMc2032195?articleTools=true

Wise J. Covid-19: The E484K mutation and the risks it poses. BMJ 2021;372:n359 https://www.bmj.com/content/bmj/372/bmj.n359.full.pdf

Wollersheim S. FDA/CBER FDA Review on Efficacy and Safety of Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccine. Emergency Use Authorization Request. (10 Diciembre 2020) https://www.youtube.com/watch?v=owveMJBTc2I&tfeature=youtu.be

Wu K, Choi A, Koch M, Ma LZ, et al. Preliminary Analysis of Safety and Immunogenicity of a SARS-CoV-2 Variant Vaccine Booster. medRxiv 6 mayo 2021. https://www.medrxiv.org/content/medrxiv/early/2021/05/06/2021.05.05.21256716.full.pdf?%253fcollection=

Wu K, Werner AP, Moliva JI, Koch M et al. biorXiv 2021. mRNA-1273 vaccine induces neutralizing antibodies against spike mutants from global SARS-CoV-2 variants. https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.01.25.427948v1.full.pdf

Xie, X., Zou, J., Fontes-Garfias, C. R., Xia, H., Swanson, K. A., et al. Neutralization of N501Y mutant SARS-CoV-2 by BNT162b2 vaccine-elicited sera. bioRxiv 2021. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7805448/pdf/nihpp-2021.01.07.425740.pdf

Yang J, Wang W, Chen Z, Lu S, Yang F. A vaccine targeting the RBD of the S protein of SARS-CoV-2 induces protective immunity. Nature. 2020 Oct;586(7830):572- https://www.nature.com/articles/s41586-020-2599-8.pdf

Yu J, Tostanoski LH, Peter L, Mercado NB et al., DNA vaccine protection against SARS-CoV-2 in rhesus macaques. Science 2020; 369: 806-811. https://science.sciencemag.org/content/369/6505/806/tab-pdf

Zaks. Emergency Use Authorization (EUA) Application for ARNm-1273. 163 Meeting of the Vaccines and Related Biological Products Products Advisory Committee. https://www.youtube.com/watch?v=l4psAfbUtC0&tfeature=youtu.be

Zakhartchouk AN , Sharon C, Satkunarajah M, et al. Immunogenicity of a receptor-binding domain of SARS coronavirus spike protein in mice: implications for a subunit vaccine. Vaccine 2007 Jan 2;25(1):136-43. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7115608/pdf/main.pdf

Zambrano LD, Ellington S, Strid P, et al. Update: Characteristics of Symptomatic Women of Reproductive Age with Laboratory-Confirmed SARS-CoV-2 Infection by Pregnancy Status - United States, January 22-October 3, 2020. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 412 2020;69(44):1641-1647 https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/pdfs/mm6944e3-H.pdf

Zhang W, Davis BD, Chen SS, Martinez JMS, et al. Emergence of a Novel SARS-CoV-2 Variant in Southern California. JAMA Published online February 11, 2021. https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2776543