

[Vaccines \(Basel\)](#). 2022 Nov; 10(11): 1783.

Published online 2022 Oct 23. doi: [10.3390/vaccines10111783](https://doi.org/10.3390/vaccines10111783)

PMCID: PMC9696189

PMID: [36366292](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36366292/)

Renal Side Effects of COVID-19 Vaccination

COVID-19 ワクチン接種による腎への副作用

[Junfeng Zhang](#), [Jiajia Cao](#), and [Qing Ye](#)*

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9696189/>

関連データ

[データの利用可能性に関する声明](#)

抄録

背景:COVID-19 のパンデミックは世界の医療に課題を投げかけ、すべての人々の生活に多大な影響を及ぼしている。ワクチン接種は、パンデミックを阻止する上で最も効果的かつ極めて重要な戦略の1つである。しかしながら、COVID-19 ワクチン接種後に腎疾患の新規発症および再発が報告されている。この narrative review は、公表されたデータを収集し、COVID-19 ワクチンの腎副作用の発生機序に関するいくつかの仮説を一般化することを目的として実施された。方法:2022年8月までのPubMedおよびWeb of Scienceデータベースにおいて、成人および小児を含む腎の有害反応を報告した論文の系統的文献検索を行った。結果:このレビューでは、COVID-19 ワクチン接種後に腎臓の有害反応を報告した90の論文の計130例が対象とされ、そのうち90例(69%)が新規発症の腎疾患であり、40例(31%)が再発した腎疾患であった。COVID-19 ワクチン接種で最も多くみられた腎副作用は、微小変化群(52例)、IgA腎症(48例)、抗好中球細胞質自己抗体血管炎(16例)、急性間質性腎炎(12例)であった。その他の腎副作用の発生頻度ははるかに低かった。105人の患者について追跡データが得られ、100人(95%)の患者が治療に反応した。結論:報告された症例数は、数億件に上る予防接種の数をはるかに下回っており、COVID-19 ワクチン接種のベネフィットはリスクをはるかに上回っている。このレビューは、これらの副作用を認識し、早期にそれらを認識して効率的に治療すべき医療専門職、特に腎臓専門医の助けとなるであろう。

キーワード:COVID-19 ワクチン接種、副作用、有害反応、腎疾患、腎臓、SARS-CoV-2

1.はじめに

現在も COVID-19 のパンデミックが続いていることから、COVID-19 の予防と重症度の軽減を目的としたワクチン接種プログラムが世界中で展開されている。過去 2 年間にわたり、mRNA ワクチン(Pfizer-BioNTec 社や Moderna 社など)、アデノウイルスベクターワクチン(Oxford-AstraZeneca 社や Janssen 社など)、組換えワクチン(Novavax 社)、不活化ワクチン(CoronaVac 社)など、複数の COVID-19 ワクチンが緊急使用許可を受けている [1]。

現在のところ、短期的な副作用は通常軽度で自然に軽快し、ほとんどの場合、疼痛、腫脹、蕁麻疹様発疹などの局所注射症状、ならびに発熱および頭痛などの全身症状を伴う[1,2]。しかし、大規模なワクチン接種以降、神経系への副作用[3]、心筋炎[4]、自己免疫疾患[5]など、ワクチン接種後に入院を必要とする重度の有害反応が報告されるようになった。さらに、新たに診断された腎疾患や再発した腎疾患が成人と小児で報告されている [6,7,8]。

腎疾患と COVID-19 ワクチン接種との関連性を示す新たなエビデンスが得られたことを受けて、腎毒性のリスクに対する社会の懸念が高まっている。ここでは、公表されたデータから腎毒性の副作用を収集し、COVID-19 ワクチン接種によって誘発される妥当な作用機序について考察するために、narrative review を実施した。

2.方法

2022 年 8 月以前に、PubMed および Web of Science のデータベースにおいて、「COVID-19 Vaccine」、「COVID-19 Vaccination」、「SARS-CoV-2 vaccine」、「SARS-CoV-2 Vaccination」、「kidney」、「Renal」のいずれかのキーワードを用いて系統的な文献検索が行われた。調査が完了すると、重複する症例はすべて削除され、同じ症例を報告した論文も除外された。残りの研究の表題および抄録をレビューして、腎疾患と COVID-19 ワクチン接種との関連性が提示されていることを確認した。次に、COVID-19 ワクチン接種の腎副作用との関連性に基づいて、全文スクリーニングが選択された。症例または症例集積報告のみを選択し、他の種類の論文は除外した。COVID-19 ワクチン接種後に自己腎と移植腎の両方で腎の病理組織学的検査で新規発症または再発が報告された症例または症例集積研究が対象とされ、COVID-19 の既往がある患者は除外された。最後に、90 の論文と腎の副作用が発生した 130 例(自然腎 128 例と移植腎 2 例)がこの系統的レビューの対象とされた [9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98]。次に、患者の人口統計学的特性(年齢および性別)、病歴、ワクチンの種類、接種回数、ベースライン特性、受診時の検査室、症状の発現、症状の発現時期、治療法および転帰を抽出した。研究の選択プロセスは、Preferred Reporting Items for Systematic Reviews(PRISMA)ガイドラインを用いて実施された(図 1)。

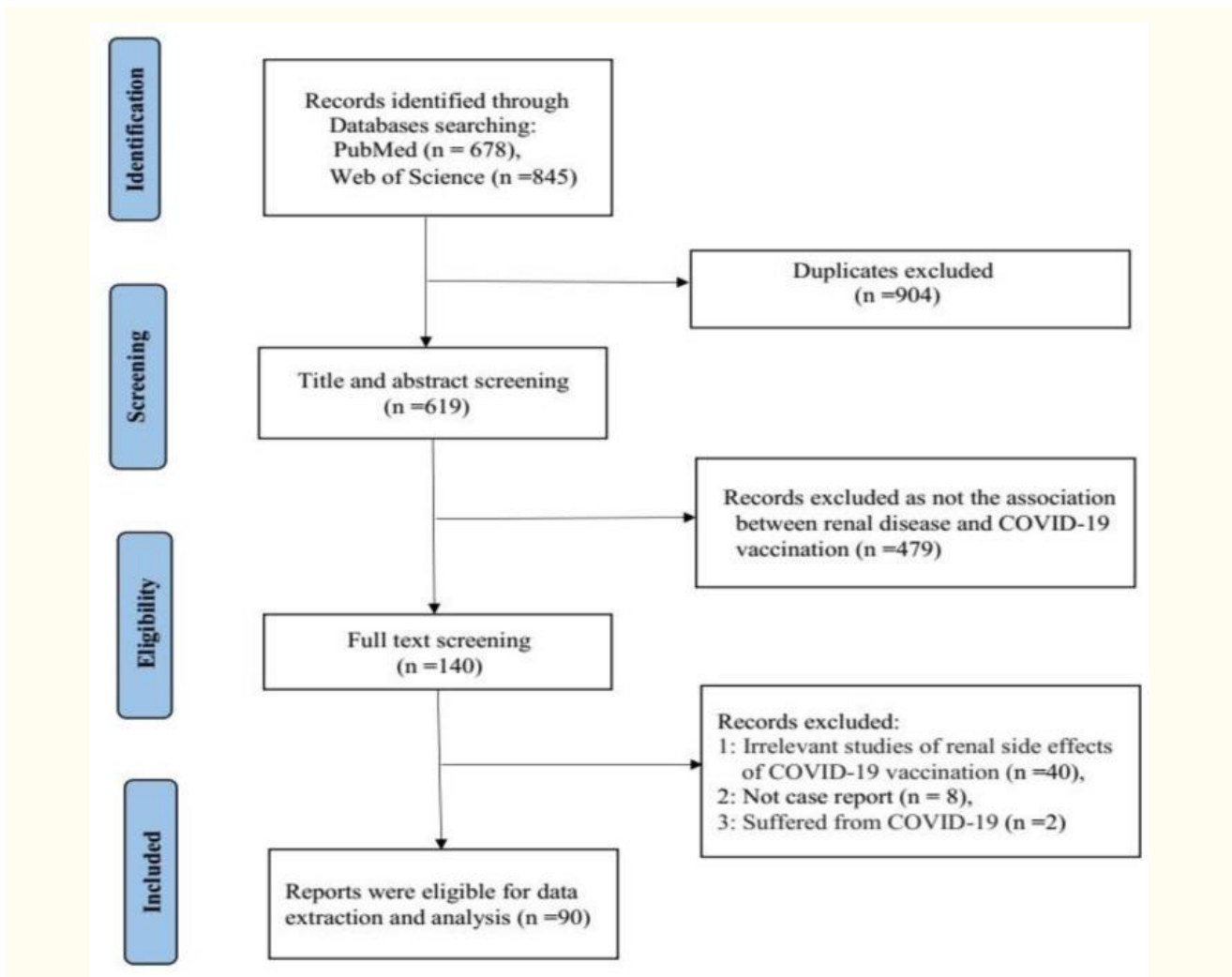


図 1

PRISMA のフローチャート

連続データは中央値と範囲で示し、カテゴリーデータは数値と百分率で示す。

3.結果

3.1.全体

文献から収集された COVID-19 ワクチン接種の腎副作用には、主に微小変化群(MCD),IgA 腎症(IgAN),抗好中球細胞質抗体(ANCA)血管炎、急性間質性腎炎(AIN)などがある。表 1 には、新たに診断された腎障害の 89 例(70%)と再発の 39 例(30%)を含む計 128 人の患者が要約されている。このうち 52 例(41%)が MCD と診断されたが、MCD は COVID-19 ワクチン接種の腎副作用として群を抜いて多くみられ、2 番目に多くみられた病態は IgAN(128 例中 48 例、37.5%)であり、次いで ANCA(16 例、12.5%),AIN(12 例、9.0%)であった。年齢の中央値は 42 歳(範囲 12-85 歳)であり、患者の 53%(128 例中 68 例)が男性であった。

*本翻訳は MediTRANS(<http://www.mcl-corp.jp/meditrans/>)という機械(AI)翻訳エンジンによるものであり、人による翻訳内容の検証等を行っていません。従いまして本翻訳の利用に際しては、原著論文が正であることをご理解の上、あくまでも個人の理解のための参考に留めていただきますようお願いいたします。

表 1

COVID-19 ワクチン接種後に MCD,IgAN,ANCA または AIN を発症した患者の臨床的特徴

特徴	MCD 型 (52 例)	IgAN 期 (48 例)	ANCA (16 例)	鎮痛薬性腎 症 (12 例)
年齢(歳)	44(14-83)	33(12-79)	75(29-82)	44(12-77)
男性(%)	31(60.0)	23(47.9)	9(56.3)	5(41.7)
病歴、例数(%)				
なし	15(28.8)	6(12.5)	5(31.3)	6(50.0)
高血圧	5(9.6)	3(6.3)	3(18.8)	1(8.3)
糖尿病/脂質異常症	6(11.5)	2(4.2)	1(6.3)	3(25.0)
腎疾患/尿異常	10(19.2)	31(64.6)	0(0.0)	0(0.0)
ワクチンの種類、n(%)				
BNT-162b2(Pfizer 社)	27(51.9)	30(62.5)	7(43.8)	8(66.7)
mRNA-1273(Moderna 社)	14(26.9)	15(31.3)	6(37.5)	3(25.0)
アデノウイルスベクター(AstraZeneca 社)	7(13.5)	2(4.2)	3(18.8)	1(8.3)
アデノウイルスベクター(Janssen)	2(3.8)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
不活化ワクチン(CoronaVac)	2(3.8)	1(2.1)	0(0.0)	0(0.0)
症例数、例数(%)				
新規症例	38(73.1)	29(60.4)	10(62.5)	12(100.0)
再発例	14(26.9)	19(39.6)	6(37.5)	0(0.0)
1 回目または 2 回目の投与後に症状が発 生、n(%)				
1 回目	28(53.8)	13(27.1)	5(31.3)	4(33.3)
2 回目	24(46.2)	35(72.9)	11(68.8)	8(66.7)
発症、n(%)				
新規症例接種 1 回目	22(42.3)	10(20.8)	2(12.5)	4(33.3)
新規症例 2 回目	16(30.8)	19(39.6)	8(50.0)	8(66.7)
再発例 1 回目	6(11.5)	3(6.3)	3(18.8)	0(0.0)
再発例 2 回目	8(15.4)	16(33.3)	3(18.8)	0(0.0)

特徴	MCD 型 (52 例)	IgAN 期 (48 例)	ANCA (16 例)	鎮痛薬性腎 症 (12 例)
症状、n(%)				
肉眼的血尿	0(0.0)	43(89.6)	2(12.5)	0(0.0)
タンパク尿	7(13.5)	7(14.6)	2(12.5)	0(0.0)
浮腫	40(76.9)	0(0.0)	1(6.3)	0(0.0)
急性腎障害/腎不全	3(5.8)	10(20.8)	3(18.8)	12(100.0)
発熱/頭痛/悪心/嘔吐/食欲不振/下痢	5(9.6)	14(29.2)期	4(25.0)	5(41.7)
症状発現のタイミング、n(%)				
1 日	4(7.7)	18(37.5)期	3(18.8)	0(0.0)
2~7 日	25(48.1)	20(41.7)	4(25.0)	4(33.3)
7 日以上	23(44.2)	9(18.8)	9(56.3)	8(66.7)
症状の発現時期、日数				
1 回目	7(1-46)	4.0(1-61)	7(1-35)	14.5(2-28)
2 回目	8(2-88)	2(1-42)	14(1-60)	14.0(2-42)
診察時の臨床検査				
ベースラインの血清クレアチニン値(mg/dl)	0.9(0.7~ 1.2)%	0.8(0.5~1.3)	0.8(0.7-2.6)	0.9(0.9-1.0)
血清クレアチニン値(mg/dl)	1.2(0.6~ 10.6)	1.2(0.5~3.6)	1.8(1.3~ 8.4)	4.5(1.7~ 19.0)
血清アルブミン(g/dl)	2.1(0.5~4.7)	4.1(1.9~5.3)	-	-
尿タンパク(g/日)	14.0(0.8~ 23.4)	1.5(0.3~ 14.0)	-	-
UPCR(g/g)	10.7(1.3~ 22.6)	1.3(0.1~ 19.1)	-	0.9(0.1~4.6)
治療、例数(%)				
免疫抑制(ステロイド)	39(75.0)	12(25.0)	2(12.5)	7(58.3)
免疫抑制薬の併用	5(9.6)	4(8.3)	6(37.5)	0(0.0)
ステロイド+プラスマフェレーシス/血液透析	3(5.8)	3(6.3)	8(50.0)	4(33.3)
保存的管理	2(3.8)	24(50.0)	0(0.0)	1(8.3)

特徴	MCD 型 (52 例)	IgAN 期 (48 例)	ANCA (16 例)	鎮痛薬性腎 症 (12 例)
自然発生的に	0(0.0)	4(8.3)	0(0.0)	0(0.0)
報告しない	3(5.8)	1(2.1)	0(0.0)	0(0.0)
転帰*,例数(%)				
反応	41(97.6)	37(92.5)	10(91.0)	12(100.0)
反応なし	1(2.4)	3(7.5)	1(9.0)	0(0.0)

[別のウィンドウで開く](#)

転帰*文献から追跡したところ、MCD 患者は 42 例、IgAN 患者は 40 例、ANCA 患者は 11 例のみであった。MCD:微小変化群、IgAN:IgA 腎症、ANCA:抗好中球細胞質抗体血管炎、AIN:急性間質性腎炎、UPCR:尿タンパク/クレアチニン比。

その他には膜性腎症(MN)8 例、抗糸球体基底膜(抗 GBM)腎炎 3 例、巣状糸球体硬化症(FSGS)3 例、ループス腎炎 3 例、肉芽腫性血管炎 1 例などがあつた。(表 2)市販されている COVID-19 ワクチンの接種後に腎副作用が発生するが、56%(72/128)の患者が BNT162b2(Pfizer)ワクチンの接種を受け、次いで 30%(38/128)の患者が mRNA-1273(Moderna)ワクチンの接種を受けていた。さらに、10.2%(13/128)がアデノウイルスベクターワクチン(AstraZeneca 社)の接種を受け、1.5%(2/128)がアデノウイルスベクターワクチン(Janssen 社)の接種を受け、さらに 2.3%(3/128)が不活化ワクチン(CoronaVac 社)の接種を受けた。このうち、39%(50/128)の患者が 1 回目の投与後に症状を発現し、61%(78/128)の患者が 2 回目の投与後に症状を発現した。しかしながら、COVID-19 ワクチンの 2 回目の接種が 1 回目と同じかどうかについては、ほとんどの報告で記載されていない。

表 2

COVID-19 ワクチン接種後に腎副作用が発生したその他の症例の要約

Authors	Age/Sex	Medical History	Vaccine	Timing of Symptom Onset	New/Relapse	Presenting Symptoms	Diagnosis	Baseline Scr (mg/dL)	Presentation Scr (mg/dL)	Presentation Urinalysis	Treatments	Outcomes
Da et al. [83]	70/M	None	Pfizer	Day 1 after 2nd dose	New	Edema	MN	NA	1.29	UTP: 4.4 g/d. RBC: 17/ μ L	Conservative	No spontaneous remission after 2 months
	82/F	NA	Pfizer	Day 88 after 2nd dose	New	Nephrotic syndrome	MN	NA	NA	NA	Glucocorticoids	NA
Fenoglio et al. [67]	67/F	NA	Pfizer	Day 89 after 2nd dose	New	Nephrotic syndrome	MN	NA	NA	NA	Rituximab	NA
	82/M	NA	Pfizer	Day 29 after 2nd dose	New	Nephrotic syndrome	MN	NA	NA	NA	Rituximab	NA
Klomjit et al. [41]	50/F	NA	Pfizer	4 weeks after 2nd dose	New	Joint pain and proteinuria	NELL-1 MN	0.84	0.7	UTP: 6.5 g/d. RBC: 3-10/ HPF	Conservative	Response: Scr was 0.7 mg/dL. RBC: <3/HPF. UTP was 0.4 g/d during last follow-up
	39/M	MN	Pfizer	1 week after 2nd dose	Relapse	Edema	PLA2R MN	0.91	1.13	UTP: 8.7 g/d. RBC: 3-10/ HPF	Tacrolimus	Response: Scr was 1.1 mg/dL. RBC: 3-10/HPF. UTP was 5.7 g/d during last follow-up
	70/M	MN	Moderna	4 weeks after 2nd dose	Relapse	Edema	PLA2R MN	1.7	2.1	UTP: 16.6 g/d. RBC: <3/ HPF	Obinutuzumab	NA

別のウィンドウで開く

略語:M:男性;F:女性;HPF:強拡大視野;MN:膜性腎症;FSGS:巣状糸球体硬化症;GBM:糸球体基底膜;Scr:血清クレアチニン;PLA2R:ホスホリパーゼ A2 受容体;LN:ループス腎炎;NA:該当なし UTP,24 時間尿タンパク;UPCR,尿タンパク/クレアチニン比。

3.2.微小変化群(MCD)

MCD は、COVID-19 ワクチン接種後に報告された腎の副作用のうち最も頻度の高い病理学的タイプであり、合計 52 例(新規 38 例、再発 14 例)が報告された。年齢中央値は 44 歳(14-83)であり、男性が多かった(31/52,60%)。約 28.8%の患者には慢性疾患の既往がなく、21%の患者には高血圧、糖尿病または脂質異常症の既往があった。しかしながら、76.9%(40/52)の患者でワクチン接種後に最もよくみられる症状である浮腫が認められた。計 28 人(53.8%)の患者にワクチンの 1 回目の接種後に臨床症状が認められ、そのうち 22 人が新規症例、6 人が再発症例であり、発症時期の中央値は 7 日(1-46 日)であった。一方、2 回目のワクチン接種後に来院した患者は 24 人(46.2%)で、そのうち 16 人が新規症例、8 人が再発症例であり、発症時期の中央値は 8 日(2-88 日)であった。39 人(75%)の患者がステロイド療法を受け、5 人の患者がステロイドとシクロホスファミドまたはミコフェノール酸モフェチルまたはシクロスポリンの併用免疫抑制療法を受け、3 人の患者がプラズマフェレーシスまたは血液透析を受け、3 人の患者がリツキシマブを受け、残りの 2 人の患者が保存的治療を受けた。42 例の追跡データが得られ、合計 41 例(97.6%)が治療によく反応し(完全寛解 28 例、部分寛解 6 例、改善 7 例)、1 例は反応がなかった[11](表 1)。

3.3.IgA 腎症(IgAN)

IgAN は COVID-19 ワクチン接種後に 2 番目に多く発生した腎副作用の合併症であった。文献で報告された IgAN 患者は 48 人で、そのうち 29 人(60.4%)が新規症例、19 人(39.6%)が再発症例であり、年齢の中央値は

33 歳(12-79 歳)であり、症例の約 64.6%に異常な尿または腎疾患の既往があった。COVID-19 ワクチン接種後に最も多くみられた症状は肉眼的血尿であった(48 人中 43 人、89.6%)。さらに、14 例(29.2%)に発熱、頭痛、悪心、嘔吐、食欲不振または下痢が、10 例(20.8%)に急性腎障害または腎不全が認められ、7 例(14.6%)に蛋白尿が認められた。ほとんどの症例(48 例中 35 例、72.9%)が 2 回目の接種後に発生しており、そのうち 19 例が新規症例、16 例が再発症例であった。COVID-19 ワクチンの接種から発症までの期間の中央値は 2 日(1-42 日)であった。対照的に、初回投与後に 13 例(27.1%)で臨床症状が報告され、そのうち 10 例が新規症例、3 例が再発であり、発現時期の中央値は 4 日(1-61 日)であった。これらの症例では、62.5%の患者が Pfizer 社製ワクチン、31.3%が Moderna 社製ワクチン、4.2%が AstraZeneca 社製ワクチン、残りの 2.1%が CoronaVac 社製ワクチンの接種を受けていた。48 例中 12 例(25.0%)がステロイドで管理され、4 例が免疫抑制療法を受け、3 例がプラズマフェレーシスまたは血液透析を受けていた。患者 24 名の約半数(50.0%)が保存的に治療され、残りの 4 名(8.3%)の症状は自然に軽快した。40 例の追跡データが得られ、そのうち 37 例(92.5%)が治療に反応し、3 例では反応がみられなかった[41,47,93](表 1)。

3.4.抗糸球体基底膜抗体(抗 GBM)および抗好中球細胞質抗体(ANCA)血管炎

プロテイナーゼ 3(PR3)関連 3 例とミエロペルオキシダーゼ(MPO)関連血管炎 7 例を含む 10 例が ANCA 血管炎の新規発症であり、6 例は ANCA 血管炎の再発であった。ANCA 血管炎患者 11 名では 2 回目のワクチン接種後に症状が発現し、発現期間の中央値は 14(1-60)日であり、5 名では 1 回目のワクチン接種後に症状が発現し、発現期間の中央値は 7 日であった。臨床症状は 3 例で急性腎障害または腎不全であり、2 例で血尿、2 例で蛋白尿が認められた。新たに発症した患者 10 人全員が腎生検の結果に基づいて半月体形成性糸球体腎炎と診断され、標準的な免疫抑制療法を受けた。そのうち 5 人はステロイド療法とプラズマフェレーシスまたは血液透析の併用を受け、5 人は免疫抑制療法の併用療法を受けた(4 人はリツキシマブとステロイド療法)。11 名の患者で追跡データが得られ、10 名で改善が認められた(表 1)。

COVID-19 ワクチン接種後に新規発症した抗 GBM 腎炎の症例が 3 例報告されている。1 例は病歴がなく、Moderna 社のワクチンの 2 回目の接種から 2 週間後に発熱、食欲不振、肉眼的血尿が認められた症例で、もう 1 例は高脂血症の既往があり、Pfizer 社のワクチンの 2 回目の接種から 1 日後に肉眼的血尿が認められた症例であった。両症例とも、腎の病理組織学的検査では、びまん性の半月体形成性糸球体腎炎と IgG に対する GBM の線状染色が認められた。2 例は急性腎障害を発症し、免疫抑制療法と血漿交換を受けたが、1 例は透析を継続し[54]、もう 1 例はフォローアップアップ・レコードを受けなかった[70]。3 人目の患者は、Pfizer 社のワクチンの 1 回目の接種から 1 週間後に高血圧を伴う非定型抗 GBM 腎炎と新たに診断された。この患者はまだ免疫抑制療法に反応せず、血清クレアチニン値は上昇を続けていた[41](表 2)。

3.5.急性間質性腎炎(AIN)

文献では、年齢中央値 44(12-77)歳の患者 12 例に AIN の新規発症が認められ、そのうち 8 例では 2 回目のワクチン接種後に発症し、発症時期の中央値は 14(2-42)日、4 例では 1 回目のワクチン接種後に発症し、発症時期の中央値は 14.5(2-28)日であった。患者 12 名全員に急性腎障害が認められ、5 名に発熱、食欲不振、悪心、嘔吐または疼痛が認められた。7 名(58.3%)の患者がステロイド療法を受け、4 名(33.3%)の患者が血液透析を受け、治療に反応した。さらに、腎不全の患者 1 名が支持療法により徐々に改善した(表 1)。

*本翻訳は MediTRANS(<http://www.mcl-corp.jp/meditrans/>)という機械(AI)翻訳エンジンによるものであり、人による翻訳内容の検証等は行っていません。従いまして本翻訳の利用に際しては、原著論文が正であることをご理解の上、あくまでも個人の理解のための参考に留めていただきますようお願いいたします。

3.6.膜性腎症(MN)

8人の患者でMNが発生し、そのうち3人は血清抗ホスホリパーゼA2受容体(PLA2R)抗体陽性に関連した再発患者で、5人は新規発症患者で、そのうち1人は神経上皮成長因子様1タンパク質(NELL-1)関連MNであった。新たにネフローゼ症候群を発症した患者3例のうち、1例はグルココルチコイド、2例はリツキシマブの投与を受け、これら3例の転帰に関するデータは報告されなかった[67]。新たに発症した患者の1例では、保存的治療で管理された浮腫が発生したが、60日以内に自然寛解の徴候は認められなかった[83]。新たに発症したNELL-1関連MNの別の症例はアンジオテンシン変換酵素阻害薬で保存的に治療され、蛋白尿は6.5g/日から0.4g/日へと有意に改善した。[41]。PLA2R関連MN患者3名のうち、タクロリムスに反応して蛋白尿がみられた患者は1名のみで、血清アルブミンは改善した;1名はオビヌツズマブの投与を受けたが、転帰は不明であり[41]、もう1名は治療やフォローアップの記録がなかった[55](表2)。

さらにGueguenら[84]は、Pfizer社のワクチンの1回目の接種後にPLA2R関連のMNが発生し、レニン-アンジオテンシン系阻害薬による治療後に部分制御が達成された新規症例を報告した。しかし、Moderna社製ワクチンの2回目の接種後に浮腫が悪化し、リツキシマブ療法により部分寛解に達した。

3.7.その他

巣状糸球体硬化症(FSGS)の新規発症例が2例あった。1例はプレドニゾン療法後に蛋白尿と高リポ蛋白血症が持続して部分寛解した患者であり[37]、もう1例はチップバリアント型FSGS病変を呈し、追跡データなしでグルココルチコイド療法を受けた[67]。MCDの既往があるが再生検を行った1名の患者では、チップバリアント型のFSGS病変が認められ、プレドニゾンとタクロリムスの併用療法で部分奏効が得られた[41]。

Kimら[91]は、多臓器病変を伴うクラスIIIのループス腎炎を新規発症した症例を報告し、サバラ-Mirandaら[82]は、23歳の女性にクラスVのループス腎炎として始まった全身性エリテマトーデスを新規発症した症例を報告した。2人の患者の臨床症状は免疫抑制治療後に改善した。

Tuschenら[81]は、Pfizer社のワクチンの1回目の接種から1週間後にループス腎炎の急性増悪(flare up)がみられた寛解期のClassVループス腎炎の既知の症例を報告した。患者はミコフェノール酸モフェチルとプレドニゾンによる免疫抑制療法を受けたが、蛋白尿の回復は遅かった。

Gillionら[48]は、1回目のワクチン接種から4週間後に体調不良を訴えた患者について報告した。血清クレアチニン値が2.7mg/dLであったことから腎生検が施行され、PET検査で血管炎を示唆する所見が認められた。病理組織学的検査では、小血管周囲に非乾酪化肉芽腫を伴うびまん性の間質性浮腫が認められた。血清クレアチニン値はメチルプレドニゾン投与後4週間以内に正常値に回復した。

Chavarotらは、66歳の腎移植患者がCOVID-19ワクチンの2回目の接種から8週間後に1年間のプロトコルに基づく移植腎生検を受け、腎生検でMNの存在が判明したことを報告した[97]。注目すべきことに、3カ月間の

プロトコルによる移植片生検および生来の腎摘出標本では、染色は遡及的に陰性であった。移植後に新たに発生した MN の診断が確定した。

Fulchiero ら[98]は、FSGS の既往があり、13 歳時に腎移植を受け、その後 8 年間安定していた 21 歳の男性患者について報告している。患者は浮腫を呈し、腎生検では COVID-19 ワクチンを 2 回接種した後に FSGS の再発が認められた。

4. 考察

COVID-19 ワクチン接種後に腎副作用が認められた症例もある。この記述的レビューでは、ほとんどの患者がワクチン接種後の腎疾患の発症と関連する mRNA ワクチンの接種を受けていたことが示されている。これは、Pfizer 社と Moderna 社のワクチンが FDA の緊急承認の下で入手しやすくなり、広く使用されるようになったという事実に起因すると考えられるが、これはおそらく、mRNA ワクチンによって生じる細胞性および抗体媒介性の免疫応答によるものと考えられる。

承認されている Pfizer 社および Moderna 社の mRNA ワクチンには、精製修飾 mRNA および脂質ナノ粒子 (LNP)デリバリーシステムが含まれており、AstraZeneca 社および Johnson 社のワクチンにはアデノウイルス (AdV)ベクターシステムが含まれている[99,100,101,102]。ワクチンの設計には、病原体特異的な免疫原と免疫を刺激するアジュバントが必要である。最適なアジュバントは、全身性炎症を誘発することなく T 細胞活性化に必要な第二のシグナルを提供する。典型的には、mRNA ワクチン接種後、mRNA は免疫原およびアジュバントの両方として働き、様々なエンドソームおよび細胞質ゾルの自然免疫センサーによって認識され、樹状細胞に取り込まれる。MDA5(melanoma differentiation-associated protein 5)や RIG-I(retinoic acid-inducible gene I)などのサイトゾルセンサーは、一本鎖 RNA と二本鎖 RNA に結合するが、Toll-like receptor(TLR)3/7 はエンドソーム内で一本鎖 RNA に結合し、その結果、インターフェロン制御因子 3/7 と核内因子 κ B が活性化され、I 型インターフェロン(IFN-I)と複数の炎症メディエーターが産生される[103,104]。mRNA ワクチンとは異なり、AdV ベクターワクチンには固有のアジュバント特性も備わっており、これは免疫原をコードする DNA を包み込むウイルス粒子に備わっている。注射後、この粒子は樹状細胞およびマクロファージを標的とし、TLR9 に結合して IFN-I を分泌する[105]。IFN-I は CD4+および CD8+エフェクター T 細胞の分化を誘導し、それによって炎症および細胞傷害性メディエーターの産生を刺激し、活性化された CD4+濾胞ヘルパー T 細胞は B 細胞から抗体を分泌する形質細胞への分化を刺激する(図 2)。抗原特異的エフェクター T 細胞の活性化は、ワクチン接種の 1 週間後にピークに達する[106]。筆者らのレビューでは、MCD 患者の半数以上が COVID-19 ワクチンの 1 回目の接種後に観察され、症状出現までの期間の中央値は 7 日であったことから、MCD において T 細胞媒介性傷害が発生するという仮説が裏付けられ、他の研究ではウイルス感染から約 1 週間後に細胞性免疫反応が示された[107]。

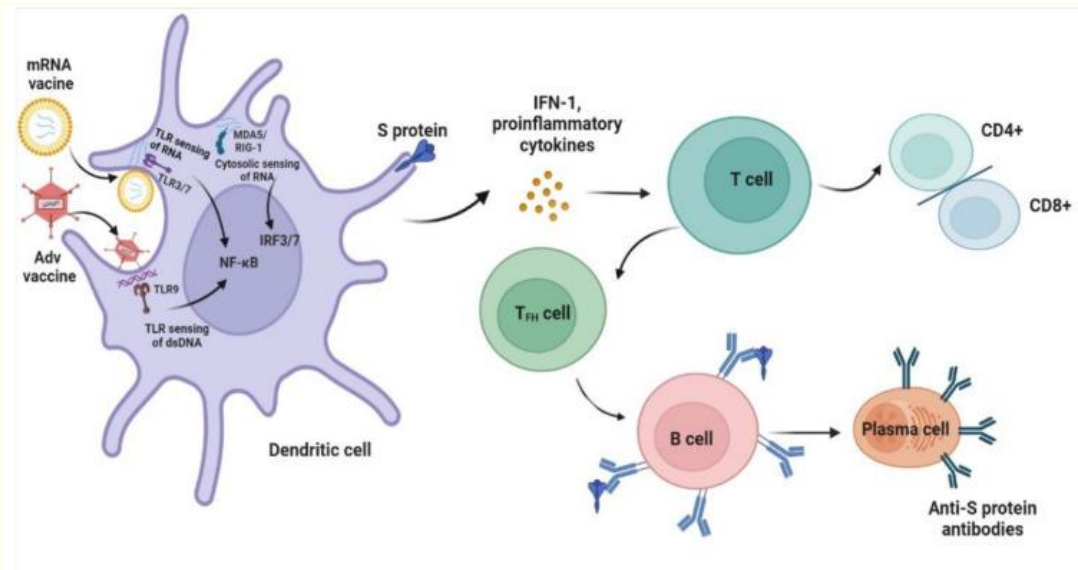


図 2

COVID-19 ワクチン接種によって引き起こされる微小変化群の発生機序の提案 mRNA ワクチンおよびアデノウイルス(Adv)ベクターワクチンが樹状細胞に侵入すると、高レベルの S タンパク質が産生される。さらに、RNA および TLR9 結合二本鎖 DNA(dsDNA)を感知するエンドソームの Toll 様受容体(TLR3 および TLR7)などの自然免疫センサーは、核内因子 κ B(NF- κ B)を活性化し、黒色腫分化関連タンパク質 5(MDA5)およびレチノイン酸誘導性遺伝子 I(RIG-I)を細胞質ゾルで感知するセンサーは、IFN 調節因子 3/7(IRF3/7)を活性化し、I 型インターフェロン(IFN-I)および炎症性サイトカインの産生につながる。その結果生じた活性化樹状細胞は、S タンパク質特異的ナイーブ T 細胞に抗原および共刺激分子を提示し、T 細胞および B 細胞の適応免疫応答を促進する。この図は、Sprent ら[104]による病原体と接触した際の正常な免疫反応の発生機序を示したものである。

さらに、従来のワクチンと比較して、mRNA ワクチンは CD4 陽性 T 細胞および CD8 陽性 T 細胞に対してより強い反応を引き起こし、より多くのサイトカインを産生させる[103,108]。その結果生じた透過性因子が足細胞に直接影響を及ぼし、糸球体の透過性障壁を変化させることで、MCD につながる可能性がある[106]。

IgA 腎症は、世界で最も頻度の高い原発性糸球体腎炎であり、糸球体における IgA1(免疫グロブリン A1)のびまん性メサンギウム沈着を特徴とする[109]。IgAN の病因は依然として不明であり、IgA1 をコードするガラクトシル化に影響を及ぼす遺伝因子や、細菌またはウイルス感染、微生物叢および食物抗原の変化などの環境誘因など、いくつかの仮説的な病理学的機序が関与する病態であることが複数の研究によって報告されている[110]。近年では、マルチヒット機構が広く受け入れられている。具体的には、最初のヒットとしてガラクトース欠損 IgA1 の合成亢進、2 番目のヒットとして抗グリカン IgG および/または IgA1 自己抗体の産生、その後のヒットからガラクトシル化が不十分な IgA1 および抗グリカン IgG 自己抗体が免疫複合体を形成して糸球体のメサンギウム領域に沈着する[111]。IgA1 免疫複合体の沈着はメサンギウム細胞、足細胞、および尿細管上皮細胞の損傷を引き起こし、IgAN 患者では末期腎臓病に至る。

以前に報告されたインフルエンザワクチンでは、自然腎と移植腎の両方で IgAN との関連が報告されていたが、その他のワクチン接種後に IgAN が報告されることはそれほど多くない[112]。しかし、IgAN は COVID-19 ワクチ

ン接種後に 2 番目に多くみられる腎副作用であり、その説明は完全には確立されていない。このレビューでは、新たに IgAN を発症した患者 29 人のうち 12 人に血尿の既往が認められたが、これは IgAN がすでに存在しており、ワクチン接種によって増悪したことを示唆している可能性がある。さらに、約 90% の患者が 2 回目の投与後に肉眼的血尿および蛋白尿を発症した。1 つの仮説は、過剰な抗グリカン抗体の産生が、COVID-19 ワクチン接種後にすでに存在していたガラクトシル化が不十分な IgA1 と交差反応するというものである。さらに、インフルエンザワクチンで報告されたものと同様に、COVID-19 の mRNA ワクチンでは、健康な成人における IgA および IgG 産生の急増と 2 回目のワクチン接種後のさらなる増加が関連しており、ワクチン接種はヘルパー T 細胞および B 細胞の強い応答も刺激する[113]。したがって、過剰な病原性 IgA の産生は別の説明となる。一般に、約 30% の患者でワクチン接種後 2 日以内に発熱や疼痛などの全身症状がみられ、全身性のサイトカインを介した攻撃が示唆される。したがって、SARS-CoV-2 のスパイクタンパク質の受容体結合ドメインがスーパー抗原として働き、免疫系を活性化してサイトカインストームを引き起こし、IL-6 や IL-10 などの炎症因子が急激に増加するという説明も可能である[8]。

ウイルス mRNA に基づくインフルエンザおよび狂犬病ワクチンの注射後に ANCA 関連血管炎が発生することが報告されている[114]。さらに、リボヌクレアーゼワクチンによる治療後に ANCA 反応の有意な低下が観察された。このことから、ANCA 血管炎と RNA ワクチンに直接的な関係があるのかという疑問が投げかけられている。COVID-19 ワクチン接種後に ANCA 血管炎疾患が発生することが報告されているが、mRNA ワクチン接種後に ANCA 血管炎疾患がより高頻度で発生するかどうかについては、さらなる実臨床研究を確立する必要がある。報告によると、SARS-CoV-2 に対する過剰な免疫および自己免疫応答が ANCA および抗 GBM 血管炎を引き起こすとされている[115,116,117]。COVID-19 mRNA ワクチンの追加接種では、初回免疫と比較して自然免疫応答が著しく増強される[118]。追加免疫後の自然免疫応答の亢進は、観察された PR3 および MPO 自己抗体の誘発に関与している可能性がある[51]。ANCA 関連血管炎では、主に TLR-2 による Th17 自己免疫に起因する自己免疫および炎症の惹起に TLR が重要な役割を果たしている一方で、TLR-9 は Th1 自己免疫を促進する[119]。興味深いことに、COVID-19 ワクチンによっても産生される SARS-CoV-2 のスパイク糖タンパク質に対する免疫優性の細胞傷害性 T リンパ球応答において、TLR2 が活性化されることが報告された[120]。

AIN は急性腎障害の主要な原因の 1 つであり、組織病理学的には間質における炎症性細胞浸潤の存在を特徴とし、局所的浮腫ならびに尿細管基底膜および間質構造の破壊をもたらす。AIN には多くの原因が知られているが、最も頻度の高い原因は、非ステロイド系抗炎症薬(NSAID)や抗菌薬を中心とする薬物療法に対する免疫アレルギー反応であり、さらに感染症、毒性物質、血管炎も AIN を誘発する[121]。このレビューでは、非ステロイド系抗炎症薬やハーブ療法などの一般用医薬品を使用しなかった 12 人の患者全員が、COVID-19 ワクチン接種後に AIN を発症し、ステロイド治療によく反応したことが示された。AIN と COVID-19 ワクチン接種との関連性の基礎にある機序は依然として解明されていない。しかし、AIN と COVID-19 ワクチン接種との関連性を実証するために分子擬態を適用することは可能である。分子擬態とは、ワクチンに含まれる特定の病原性要素と、連続的な免疫交差反応性を示すヒタンパク質との間に類似性がみられることを指す[122]。Mira ら[87]は、Pfizer 社のワクチンを 2 回接種した後に薬剤性過敏反応と考えられる AIN が発症した症例を報告している。リンパ球幼若化反応試験では、ワクチン溶液とポリエチレングリコール(PEG)添加剤を適応とする T 細胞、特に IV 型過敏反応に関与する PEG 特異的 T 細胞の両方が陽性であった。

これらは COVID-19 ワクチン接種に起因する機序である可能性があるが、これらの関連性の妥当性をさらに研究するには、肉芽腫性血管炎、膜性腎症、ループス腎炎が必要である。

現時点では、ワクチン接種の臨床試験に移植レシピエントは含まれていない。したがって、これらの患者におけるワクチンの安全性、効力、および耐久性のプロファイルは測定されていない。これらの患者における免疫抑制状態は、移植後の期間、免疫抑制の強度、および移植の種類に依存して、抗 SARS-CoV-2 抗体反応を低下させる可能性がある。ワクチン接種により誘導された免疫応答を介して免疫学的な拒絶反応を刺激する可能性がわずかにあるようである。

第 1 の中核的な問題は、COVID-19 ワクチンの接種によって新たな腎疾患の発症または腎疾患の再発がもたらされたことを確実に証明することである。発症時期と鑑別診断は臨床診断に有用であり、腎生検を考慮してもよい。ステロイド治療を受けた新規症例のほとんどは改善可能である。慢性腎臓病患者では、基礎疾患の状態を綿密に観察し、ワクチン接種後の疾患活動性をモニタリングすることが再発の同定に重要であり、ステロイド併用による免疫抑制は速やかに軽減する可能性がある。

このレビューには一定の限界がある。第一に、検索は 2 つのデータベースで実施され、疫学的調査が行われていないため、腎副作用を経験した患者全員が含まれていたわけではなく、COVID-19 ワクチン接種後の腎副作用の真の発生率を判断することはできない。第二に、ワクチン関連の関連性についてこれまで議論してきた機序は、症例報告から得られた仮説を組み合わせたものに過ぎず、まだ証明されていない。

5. 結論

結論として、腎への副作用を報告した一部の研究では COVID-19 ワクチン接種との関連が報告されていることから、COVID-19 ワクチン接種後に腎疾患に至る可能性が高い免疫介在性の仮説について考察した。COVID-19 ワクチン接種後の腎疾患の原因と機序をよりよく理解するためには、さらなる研究が必要である。現時点で推奨できるのは、血尿、泡沫尿、浮腫などの症状が早期に検出された場合には、適切な時期に治療を行うことが患者にとって有益となるということだけである。

医療従事者は、これらの副作用に絶えず注意を払い、それらを早期に認識して効率的に治療すべきである。

資金拠出明細書

本研究は、THE KEY PROJECT of Provincial Ministry Construction, Health Science and Technology Project Plan of Zhejiang Province(WKJ-ZJ-2128), Key Laboratory of Women's Reproductive Health Research of Zhejiang Province(No.ZDFY2020-RH-0006), the National Natural Science Foundation of China(Grant/Award Number:U20A20351)および Key Research and Development Plan of Zhejiang Province(Grant/Award Number:2021C03079)の支援を受けて実施された。

*本翻訳は MediTRANS(<http://www.mcl-corp.jp/meditrans/>)という機械(AI)翻訳エンジンによるものであり、人による翻訳内容の検証等を行っていません。従いまして本翻訳の利用に際しては、原著論文が正であることをご理解の上、あくまでも個人の理解のための参考に留めていただきますようお願いいたします。

著者の貢献

J.Z.:概念化、原案作成と編集、J.C.:調査、正式な分析、データキュレーション、Q.Y.:概念化:原稿の監督、編集、再検討、改訂。著者全員が原稿の公表版を読み、同意している。

治験審査委員会の声明

適用されない。

インフォームド・コンセント

適用されない。

データの利用可能性に関する声明

本研究の知見を裏付けるデータは、合理的な要請があれば責任著者から入手可能である。

利益相反

著者らは利益相反がないことを宣言している。

脚注

Publisher's Note:MDPI は、公表されたマップおよび所属する施設における管轄区域の主張に関して中立である。

参考文献

1. Liu Y., Ye Q. Safety and Efficacy of the Common Vaccines against COVID-19. *Vaccines*. 2022;10:513. doi: 10.3390/vaccines10040513. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
2. McMahon D.E., Amerson E., Rosenbach M., Lipoff J.B., Moustafa D., Tyagi A., Desai S.R., French L.E., Lim H.W., Thiers B.H., et al. Cutaneous reactions reported after Moderna and Pfizer COVID-19 vaccination: A registry-based study of 414 cases. *J. Am. Acad. Dermatol.* 2021;85:46–55. doi: 10.1016/j.jaad.2021.03.092. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
3. Finsterer J. Neurological side effects of SARS-CoV-2 vaccinations. *Acta Neurol. Scand.* 2022;145:5–9.

*本翻訳は MediTRANS(<http://www.mcl-corp.jp/meditrans/>)という機械(AI)翻訳エンジンによるものであり、人による翻訳内容の検証等はありません。従いまして本翻訳の利用に際しては、原著論文が正であることをご理解の上、あくまでも個人の理解のための参考に留めていただきますようお願いいたします。

- doi: 10.1111/ane.13550. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
4. Salah H.M., Mehta J.L. COVID-19 Vaccine and Myocarditis. *Am. J. Cardiol.* 2021;157:146–148. doi: 10.1016/j.amjcard.2021.07.009. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
5. Chen Y., Xu Z., Wang P., Li X.M., Shuai Z.W., Ye D.Q., Pan H.F. New-onset autoimmune phenomena post-COVID-19 vaccination. *Immunology.* 2022;165:386–401. doi: 10.1111/imm.13443. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
6. Wu H.H.L., Kalra P.A., Chinnadurai R. New-Onset and Relapsed Kidney Histopathology Following COVID-19 Vaccination: A Systematic Review. *Vaccines.* 2021;9:1252. doi: 10.3390/vaccines9111252. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
7. Li Y., Rao M., Xu G. New-Onset Acute Kidney Disease Post COVID-19 Vaccination. *Vaccines.* 2022;10:742. doi: 10.3390/vaccines10050742. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
8. Ma Y., Xu G. New-Onset IgA nephropathy Following COVID-19 Vaccination. *QJM Mon. J. Assoc. Physicians.* 2022 doi: 10.1093/qjmed/hcac185. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
9. Morlidge C., El-Kateb S., Jeevaratnam P., Thompson B. Relapse of minimal change disease following the AstraZeneca COVID-19 vaccine. *Kidney Int.* 2021;100:459. doi: 10.1016/j.kint.2021.06.005. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
10. Komaba H., Wada T., Fukagawa M. Relapse of Minimal Change Disease Following the Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccine. *Am. J. Kidney Dis.* 2021;78:469–470. doi: 10.1053/j.ajkd.2021.05.006. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
11. D'Agati V.D., Kudose S., Bomback A.S., Adamidis A., Tartini A. Minimal change disease and acute kidney injury following the Pfizer-BioNTech COVID-19 vaccine. *Kidney Int.* 2021;100:461–463. doi: 10.1016/j.kint.2021.04.035. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
12. Lebedev L., Sapojnikov M., Wechsler A., Varadi-Levi R., Zamir D., Tobar A., Levin-Iaina N., Fytlovich S., Yagil Y. Minimal Change Disease Following the Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccine. *Am. J. Kidney Dis.* 2021;78:142–145. doi: 10.1053/j.ajkd.2021.03.010. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
13. Leclerc S., Royal V., Lamarche C., Laurin L.P. Minimal Change Disease With Severe Acute Kidney Injury Following the Oxford-AstraZeneca COVID-19 Vaccine: A Case Report. *Am. J. Kidney Dis.* 2021;78:607–610. doi: 10.1053/j.ajkd.2021.06.008. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
14. Maas R.J., Gianotten S., van der Meijden W.A.G. An Additional Case of Minimal Change Disease Following the Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccine. *Am. J. Kidney Dis.* 2021;78:312. doi: 10.1053/j.ajkd.2021.05.003. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
15. Kervella D., Jacquemont L., Chapelet-Debout A., Deltombe C., Ville S. Minimal change disease relapse following SARS-CoV-2 mRNA vaccine. *Kidney Int.* 2021;100:457–458. doi: 10.1016/j.kint.2021.04.033. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
16. Hanna J., Ingram A., Shao T. Minimal Change Disease After First Dose of Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccine: A Case Report and Review of Minimal Change Disease Related to COVID-19 Vaccine. *Can. J. Kidney Health*

- Dis.* 2021;8:20543581211058271. doi: 10.1177/20543581211058271. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
17. Weijers J., Alvarez C., Hermans M.M.H. Post-vaccinal minimal change disease. *Kidney Int.* 2021;100:459–461. doi: 10.1016/j.kint.2021.06.004. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
18. Holzworth A., Couchot P., Cruz-Knight W., Brucculeri M. Minimal change disease following the Moderna mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine. *Kidney Int.* 2021;100:463–464. doi: 10.1016/j.kint.2021.05.007. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
19. Salem F., Rein J.L., Yu S.M., Abramson M., Cravedi P., Chung M. Report of Three Cases of Minimal Change Disease Following the Second Dose of mRNA SARS-CoV-2 COVID-19 Vaccine. *Kidney Int. Rep.* 2021;6:2523–2524. doi: 10.1016/j.ekir.2021.07.017. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
20. Nakazawa E., Uchimura T., Hirai Y., Togashi H., Oyama Y., Inaba A., Shiga K., Ito S. New-onset pediatric nephrotic syndrome following Pfizer-BioNTech SARS-CoV-2 vaccination: A case report and literature review. *CEN Case Rep.* 2022;11:242–246. doi: 10.1007/s13730-021-00656-0. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
21. Lim J.H., Han M.H., Kim Y.J., Kim M.S., Jung H.Y., Choi J.Y., Cho J.H., Kim C.D., Kim Y.L., Park S.H. New-onset Nephrotic Syndrome after Janssen COVID-19 Vaccination: A Case Report and Literature Review. *J. Korean Med. Sci.* 2021;36:e218. doi: 10.3346/jkms.2021.36.e218. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
22. Mancianti N., Guarnieri A., Tripodi S., Salvo D.P., Garosi G. Minimal change disease following vaccination for SARS-CoV-2. *J. Nephrol.* 2021;34:1039–1040. doi: 10.1007/s40620-021-01091-1. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
23. Schwotzer N., Kissling S., Fakhouri F. Letter regarding “Minimal change disease relapse following SARS-CoV-2 mRNA vaccine” *Kidney Int.* 2021;100:458–459. doi: 10.1016/j.kint.2021.05.006. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
24. Kobayashi S., Fugo K., Yamazaki K., Terawaki H. Minimal change disease soon after Pfizer-BioNTech COVID-19 vaccination. *Clin. Kidney J.* 2021;14:2606–2607. doi: 10.1093/ckj/sfab156. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
25. Anupama Y.J., Patel R.G.N., Vankalakunti M. Nephrotic Syndrome Following ChAdOx1 nCoV-19 Vaccine Against SARS-CoV-2. *Kidney Int. Rep.* 2021;6:2248. doi: 10.1016/j.ekir.2021.06.024. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
26. Dirim A.B., Safak S., Andac B., Garayeva N., Demir E., Artan A.S., Ozluk Y., Kilicaslan I., Oto O.A., Ozturk S., et al. Minimal change disease following vaccination with CoronaVac. *Clin. Kidney J.* 2021;14:2268–2269. doi: 10.1093/ckj/sfab123. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
27. Thappy S., Thalappil S.R., Abbarh S., Al-Mashdali A., Akhtar M., Alkadi M.M. Minimal change disease following the Moderna COVID-19 vaccine: First case report. *BMC Nephrol.* 2021;22:376. doi: 10.1186/s12882-021-02583-9. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
28. Alhosaini M.N. A Case of Minimal Change Disease after SARS-CoV-2 Vaccination under the Age of 18. *Avicenna*

- J. Med.* 2022;12:31–33. doi: 10.1055/s-0042-1743209. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
29. Pella E., Sarafidis P.A., Alexandrou M.E., Stangou M., Nikolaidou C., Kosmidis D., Papagianni A. De novo Minimal Change Disease in an Adolescent after Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccination: A Case Report. *Case Rep. Nephrol. Dial.* 2022;12:44–49. doi: 10.1159/000521981. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
30. Mochizuki R.I., Takahashi N., Ikenouchi K., Shoda W., Kuyama T., Takahashi D. A de novo case of minimal change disease following the first dose of the Moderna mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine without relapse after the second dose. *CEN Case Rep.* 2022;18:1–5. doi: 10.1007/s13730-022-00702-5. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
31. Biradar V., Konnur A., Gang S., Hegde U., Rajapurkar M., Patel H., Pandey S.N., Soni S. Adult-onset nephrotic syndrome following coronavirus disease vaccination. *Clin. Kidney J.* 2022;15:168–170. doi: 10.1093/ckj/sfab153. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
32. Unver S., Haholu A., Yildirim S. Nephrotic syndrome and acute kidney injury following CoronaVac anti-SARS-CoV-2 vaccine. *Clin. Kidney J.* 2021;14:2608–2611. doi: 10.1093/ckj/sfab155. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
33. Jongvilaikasem P., Rianthavorn P. Minimal change disease and acute interstitial nephritis following SARS-CoV-2 BNT162b2 vaccination. *Pediatr. Nephrol.* 2022;37:1419–1421. doi: 10.1007/s00467-022-05470-z. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
34. Park H.J., An W.S., Rha S.H., Kim S.E., Lee S.M. Minimal change glomerulonephritis following the second dose of the Moderna COVID-19 vaccine. *QJM Mon. J. Assoc. Physicians.* 2022;115:490–491. doi: 10.1093/qjmed/hcac094. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
35. Abdulgayoom M., Albuni M.K., Abdelmahmuod E., Murshed K., Eldeeb Y. Minimal change nephrotic syndrome four days after the administration of Pfizer-BioNTech COVID-19 vaccine—a new side effect or coincidence? *Clin. Case Rep.* 2021;9:e05003. doi: 10.1002/ccr3.5003. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
36. Baskaran K., Cohen A.W.S., Weerasinghe N., Vilayur E. Report of two cases of minimal change disease following vaccination for COVID–19. *Nephrology.* 2022;27:111–112. doi: 10.1111/nep.13995. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
37. Dormann H., Knüppel-Ruppert A., Amann K., Erley C. Nephrotic Syndrome After Vaccination Against COVID-19: Three New Cases From Germany. *Dtsch. Arztebl. Int.* 2021;118:662–663. doi: 10.3238/arztebl.m2021.0330. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
38. Nagai K., Kageyama M., Iwase M., Ueda A. A young adult with nephrotic syndrome following COVID-19 vaccination. *CEN Case Rep.* 2022;11:397–398. doi: 10.1007/s13730-021-00673-z. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
39. Hartley J.L., Bailey N., Sharma A., Shawki H. Nephrotic syndrome with minimal change disease after the Pfizer-BioNTech COVID-19 vaccine: Two cases. *BMJ Case Rep.* 2022;15:e244638. doi: 10.1136/bcr-2021-244638. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

40. Chandra P., Roldao M., Drachenberg C., Santos P., Washida N., Clark A., Bista B., Mitsuna R., Yango A. Minimal change disease and COVID-19 vaccination: Four cases and review of literature. *Clin. Nephrol. Case Stud.* 2022;10:54–63. doi: 10.5414/CNCS110924. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
41. Klomjit N., Alexander M.P., Fervenza F.C., Zoghby Z., Garg A., Hogan M.C., Nasr S.H., Minshar M.A., Zand L. COVID-19 Vaccination and Glomerulonephritis. *Kidney Int. Rep.* 2021;6:2969–2978. doi: 10.1016/j.ekir.2021.09.008. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
42. Sekar A., Campbell R., Tabbara J., Rastogi P. ANCA glomerulonephritis after the Moderna COVID-19 vaccination. *Kidney Int.* 2021;100:473–474. doi: 10.1016/j.kint.2021.05.017. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
43. Shakoor M.T., Birkenbach M.P., Lynch M. ANCA-Associated Vasculitis Following Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccine. *Am. J. Kidney Dis.* 2021;78:611–613. doi: 10.1053/j.ajkd.2021.06.016. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
44. Feghali E.J., Zafar M., Abid S., Santoriello D., Mehta S. De-novo Antineutrophil Cytoplasmic Antibody-Associated Vasculitis Following the mRNA-1273 (Moderna) Vaccine for COVID-19. *Cureus.* 2021;13:e19616. doi: 10.7759/cureus.19616. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
45. Chen C.C., Chen H.Y., Lu C.C., Lin S.H. Case Report: Anti-neutrophil Cytoplasmic Antibody-Associated Vasculitis With Acute Renal Failure and Pulmonary Hemorrhage May Occur After COVID-19 Vaccination. *Front. Med.* 2021;8:765447. doi: 10.3389/fmed.2021.765447. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
46. Kim B.C., Kim H.S., Han K.H., Han S.Y., Jo H.A. A Case Report of MPO-ANCA-Associated Vasculitis Following Heterologous mRNA1273 COVID-19 Booster Vaccination. *J. Korean Med. Sci.* 2022;37:e204. doi: 10.3346/jkms.2022.37.e204. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
47. Anderegg M.A., Liu M., Saganas C., Montani M., Vogt B., Huynh-Do U., Fuster D.G. De novo vasculitis after mRNA-1273 (Moderna) vaccination. *Kidney Int.* 2021;100:474–476. doi: 10.1016/j.kint.2021.05.016. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
48. Gillion V., Jadoul M., Demoulin N., Aydin S., Devresse A. Granulomatous vasculitis after the AstraZeneca anti-SARS-CoV-2 vaccine. *Kidney Int.* 2021;100:706–707. doi: 10.1016/j.kint.2021.06.033. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
49. Dube G.K., Benvenuto L.J., Batal I. Antineutrophil Cytoplasmic Autoantibody-Associated Glomerulonephritis Following the Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccine. *Kidney Int. Rep.* 2021;6:3087–3089. doi: 10.1016/j.ekir.2021.08.012. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
50. Villa M., Díaz-Crespo F., Pérez de José A., Verdalles Ú., Verde E., Almeida Ruiz F., Acosta A., Mijaylova A., Goicoechea M. A case of ANCA-associated vasculitis after AZD1222 (Oxford-AstraZeneca) SARS-CoV-2 vaccination: Casualty or causality? *Kidney Int.* 2021;100:937–938. doi: 10.1016/j.kint.2021.07.026. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
51. Hakrrouch S., Tampe B. Case Report: ANCA-Associated Vasculitis Presenting With Rhabdomyolysis and Pauci-

- Immune Crescentic Glomerulonephritis After Pfizer-BioNTech COVID-19 mRNA Vaccination. *Front. Immunol.* 2021;12:762006. doi: 10.3389/fimmu.2021.762006. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
52. Kudose S., Friedmann P., Albajrami O., D'Agati V.D. Histologic correlates of gross hematuria following Moderna COVID-19 vaccine in patients with IgA nephropathy. *Kidney Int.* 2021;100:468–469. doi: 10.1016/j.kint.2021.06.011. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
53. Hanna C., Herrera Hernandez L.P., Bu L., Kizilbash S., Najera L., Rheault M.N., Czyzyk J., Kouri A.M. IgA nephropathy presenting as macroscopic hematuria in 2 pediatric patients after receiving the Pfizer COVID-19 vaccine. *Kidney Int.* 2021;100:705–706. doi: 10.1016/j.kint.2021.06.032. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
54. Sacker A., Kung V., Andeen N. Anti-GBM nephritis with mesangial IgA deposits after SARS-CoV-2 mRNA vaccination. *Kidney Int.* 2021;100:471–472. doi: 10.1016/j.kint.2021.06.006. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
55. Aydın M.F., Yıldız A., Oruç A., Sezen M., Dilek K., Güllülü M., Yavuz M., Ersoy A. Relapse of primary membranous nephropathy after inactivated SARS-CoV-2 virus vaccination. *Kidney Int.* 2021;100:464–465. doi: 10.1016/j.kint.2021.05.001. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
56. Perrin P., Bassand X., Benotmane I., Bouvier N. Gross hematuria following SARS-CoV-2 vaccination in patients with IgA nephropathy. *Kidney Int.* 2021;100:466–468. doi: 10.1016/j.kint.2021.05.022. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
57. Negrea L., Rovin B.H. Gross hematuria following vaccination for severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in 2 patients with IgA nephropathy. *Kidney Int.* 2021;99:1487. doi: 10.1016/j.kint.2021.03.002. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
58. Yokote S., Ueda H., Shimizu A., Okabe M., Yamamoto K., Tsuboi N., Yokoo T. IgA nephropathy with glomerular capillary IgA deposition following SARS-CoV-2 mRNA vaccination: A report of three cases. *CEN Case Rep.* 2022 May 13;13:1–7. doi: 10.1007/s13730-022-00707-0. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
59. Uchiyama Y., Fukasawa H., Ishino Y., Nakagami D., Kaneko M., Yasuda H., Furuya R. Sibling cases of gross hematuria and newly diagnosed IgA nephropathy following SARS-CoV-2 vaccination. *BMC Nephrol.* 2022;23:216. doi: 10.1186/s12882-022-02843-2. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
60. Rahim S.E.G., Lin J.T., Wang J.C. A case of gross hematuria and IgA nephropathy flare-up following SARS-CoV-2 vaccination. *Kidney Int.* 2021;100:238. doi: 10.1016/j.kint.2021.04.024. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
61. Martinez Valenzuela L., Oliveras L., Gomà M., Quiros E., Antón-Pámpols P., Gómez-Preciado F., Fulladosa X., Cruzado J.M., Torras J., Draibe J. Th1 Cytokines Signature in 2 Cases of IgA Nephropathy Flare after mRNA-Based SARS-CoV-2 Vaccine: Exploring the Pathophysiology. *Nephron.* 2022 May 31;31:1–9. doi: 10.1159/000524619. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

62. Abramson M., Mon-Wei Yu S., Campbell K.N., Chung M., Salem F. IgA Nephropathy After SARS-CoV-2 Vaccination. *Kidney Med.* 2021;3:860–863. doi: 10.1016/j.xkme.2021.05.002. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
63. Niel O., Florescu C. IgA nephropathy presenting as rapidly progressive glomerulonephritis following first dose of COVID-19 vaccine. *Pediatr. Nephrol.* 2022;37:461–462. doi: 10.1007/s00467-021-05351-x. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
64. Abdel-Qader D.H., Hazza Alkhatatbeh I., Hayajneh W., Annab H., Al Meslamani A.Z., Elmusa R.A. IgA nephropathy in a pediatric patient after receiving the first dose of Pfizer-BioNTech COVID-19 vaccine. *Vaccine.* 2022;40:2528–2530. doi: 10.1016/j.vaccine.2022.03.003. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
65. Okada M., Kikuchi E., Nagasawa M., Oshiba A., Shimoda M. An adolescent girl diagnosed with IgA nephropathy following the first dose of the COVID-19 vaccine. *CEN Case Rep.* 2022;11:376–379. doi: 10.1007/s13730-021-00679-7. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
66. Fujita Y., Yoshida K., Ichikawa D., Shibagaki Y., Yazawa M. Abrupt worsening of occult IgA nephropathy after the first dose of SARS-CoV-2 vaccination. *CEN Case Rep.* 2022;11:302–308. doi: 10.1007/s13730-021-00670-2. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
67. Fenoglio R., Lalloni S., Marchisio M., Oddone V., De Simone E., Del Vecchio G., Sciascia S., Roccatello D. New Onset Biopsy-Proven Nephropathies after COVID Vaccination. *Am. J. Nephrol.* 2022;53:325–330. doi: 10.1159/000523962. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
68. Lo W.K., Chan K.W. Gross haematuria after mRNA COVID-19 vaccination in two patients with histological and clinical diagnosis of IgA nephropathy. *Nephrology.* 2022;27:110–111. doi: 10.1111/nep.13992. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
69. Leong L.C., Hong W.Z., Khatri P. Reactivation of minimal change disease and IgA nephropathy after COVID-19 vaccination. *Clin. Kidney J.* 2022;15:569–570. doi: 10.1093/ckj/sfab241. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
70. Tan H.Z., Tan R.Y., Choo J.C.J., Lim C.C., Tan C.S., Loh A.H.L., Tien C.S., Tan P.H., Woo K.T. Is COVID-19 vaccination unmasking glomerulonephritis? *Kidney Int.* 2021;100:469–471. doi: 10.1016/j.kint.2021.05.009. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
71. Horino T., Sawamura D., Inotani S., Ishihara M., Komori M., Ichii O. Newly diagnosed IgA nephropathy with gross haematuria following COVID-19 vaccination. *QJM Mon. J. Assoc. Physicians.* 2022;115:28–29. doi: 10.1093/qjmed/hcab305. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
72. Srinivasan V., Geara A.S., Han S., Hogan J.J., Coppock G. Need for symptom monitoring in IgA nephropathy patients post COVID-19 vaccination. *Clin. Nephrol.* 2022;97:193–194. doi: 10.5414/CN110689. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
73. Morisawa K., Honda M. Two patients presenting IgA nephropathy after COVID-19 vaccination during a follow-up for asymptomatic hematuria. *Pediatr. Nephrol.* 2022;37:1695–1696. doi: 10.1007/s00467-022-05518-0. [[PMC free article](#)]

[article](#) [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

74. Nihei Y., Kishi M., Suzuki H., Koizumi A., Yoshida M., Hamaguchi S., Iwasaki M., Fukuda H., Takahara H., Kihara M., et al. IgA Nephropathy with Gross Hematuria Following COVID-19 mRNA Vaccination. *Intern. Med.* 2022;61:1033–1037. doi: 10.2169/internalmedicine.8787-21. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

75. Horino T. IgA nephropathy flare-up following SARS-CoV-2 vaccination. *QJM Mon. J. Assoc. Physicians.* 2021;114:735–736. doi: 10.1093/qjmed/hcab223. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

76. Watanabe S., Zheng S., Rashidi A. IgA nephropathy relapse following COVID-19 vaccination treated with corticosteroid therapy: Case report. *BMC Nephrol.* 2022;23:135. doi: 10.1186/s12882-022-02769-9. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

77. Udagawa T., Motoyoshi Y. Macroscopic hematuria in two children with IgA nephropathy remission following Pfizer COVID-19 vaccination. *Pediatr. Nephrol.* 2022;37:1693–1694. doi: 10.1007/s00467-022-05517-1. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

78. Lim J.H., Kim M.S., Kim Y.J., Han M.H., Jung H.Y., Choi J.Y., Cho J.H., Kim C.D., Kim Y.L., Park S.H. New-Onset Kidney Diseases after COVID-19 Vaccination: A Case Series. *Vaccines.* 2022;10:302. doi: 10.3390/vaccines10020302. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

79. Plasse R., Nee R., Gao S., Olson S. Acute kidney injury with gross hematuria and IgA nephropathy after COVID-19 vaccination. *Kidney Int.* 2021;100:944–945. doi: 10.1016/j.kint.2021.07.020. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

80. Park J.S., Lee E.Y. Renal side effects of COVID-19 vaccines in patients with immunoglobulin A nephropathy. *Kidney Res. Clin. Pract.* 2022;41:124–127. doi: 10.23876/j.krccp.21.233. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

81. Tuschen K., Bräsen J.H., Schmitz J., Vishedyk M., Weidemann A. Relapse of class V lupus nephritis after vaccination with COVID-19 mRNA vaccine. *Kidney Int.* 2021;100:941–944. doi: 10.1016/j.kint.2021.07.019. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

82. Zavala-Miranda M.F., González-Ibarra S.G., Pérez-Arias A.A., Uribe-Urbe N.O., Mejia-Vilet J.M. New-onset systemic lupus erythematosus beginning as class V lupus nephritis after COVID-19 vaccination. *Kidney Int.* 2021;100:1340–1341. doi: 10.1016/j.kint.2021.09.009. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

83. Da Y., Goh G.H., Khatri P. A case of membranous nephropathy following Pfizer-BioNTech mRNA vaccination against COVID-19. *Kidney Int.* 2021;100:938–939. doi: 10.1016/j.kint.2021.07.016. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

84. Gueguen L., Loheac C., Saidani N., Khatchatourian L. Membranous nephropathy following anti-COVID-19 mRNA vaccination. *Kidney Int.* 2021;100:1140–1141. doi: 10.1016/j.kint.2021.08.006. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

85. Choi J.H., Kang K.S., Han K.H. Two adolescent cases of acute tubulointerstitial nephritis after second dose of

- COVID-19 mRNA vaccine. *Hum. Vaccines Immunother.* 2022;18:2059308. doi: 10.1080/21645515.2022.2059308. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
86. Dheir H., Sipahi S., Cakar G.C., Yaylaci S., Hacibekiroglu T., Karabay O. Acute tubulointerstitial nephritis after COVID-19 m-RNA BNT162b2 vaccine. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2021;25:6171–6173. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
87. Mira F.S., Costa Carvalho J., de Almeida P.A., Pimenta A.C., Alen Coutinho I., Figueiredo C., Rodrigues L., Sousa V., Ferreira E., Pinto H., et al. A Case of Acute Interstitial Nephritis After Two Doses of the BNT162b2 SARS-CoV-2 Vaccine. *Int. J. Nephrol. Renov. Dis.* 2021;14:421–426. doi: 10.2147/IJNRD.S345898. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
88. Rieckmann S., Seibert F.S., Hogeweg M., Bertram S., Doevelaar A.A.N., Amann K., Babel N., Westhoff T.H. Acute interstitial nephritis after vaccination with BNT162b2. *J. Nephrol.* 2022;35:779–782. doi: 10.1007/s40620-022-01275-3. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
89. Tan F.S., Kabir M.E., Bhandari S. Acute interstitial nephritis after COVID-19 vaccination. *BMJ Case Rep.* 2022;15:e246841. doi: 10.1136/bcr-2021-246841. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
90. Hong L.-Y., Lee C.-H., Chiu I.J. De novo podocytopathy following moderna COVID-19 vaccine: A case report and racial disproportionality in adverse effect reports. *Front. Med.* 2022;9:844004. doi: 10.3389/fmed.2022.844004. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
91. Kim H.J., Jung M., Lim B.J., Han S.H. New-onset class III lupus nephritis with multi-organ involvement after COVID-19 vaccination. *Kidney Int.* 2022;101:826–828. doi: 10.1016/j.kint.2022.01.013. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
92. Marampudi S., Beshai R., Banker G. Reactivation of minimal change disease after pfizer vaccine against COVID-19. *J. Osteopath. Med.* 2022;122:499–501. doi: 10.1515/jom-2022-0064. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
93. Ran E., Wang M., Wang Y., Liu R., Yi Y., Liu Y. New-onset crescent IgA nephropathy following the CoronaVac vaccine: A case report. *Medicine.* 2022;101:e30066. doi: 10.1097/MD.00000000000030066. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
94. Fillon A., Sautenet B., Barbet C., Moret L., Thillard E.M., Jonville-Béra A.P., Halimi J.M. De novo and relapsing necrotizing vasculitis after COVID-19 vaccination. *Clin. Kidney J.* 2022;15:560–563. doi: 10.1093/ckj/sfab285. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
95. David R., Hanna P., Lee K., Ritchie A. Relapsed ANCA associated vasculitis following Oxford AstraZeneca ChAdOx1-S COVID-19 vaccination: A case series of two patients. *Nephrology.* 2022;27:109–110. doi: 10.1111/nep.13993. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
96. Schaubsluger T., Rajora N., Diep S., Kirtek T., Cai Q., Hendricks A.R., Shastri S., Zhou X.J., Saxena R. De novo or recurrent glomerulonephritis and acute tubulointerstitial nephritis after COVID-19 vaccination: A report of six cases from a single center. *Clin. Nephrol.* 2022;97:289–297. doi: 10.5414/CN110794. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

97. Chavarot N., Padden M., Amrouche L., Malard S., Scemla A., Sberro-Soussan R., Leon J., Legendre C., Duong J.P., Zuber J., et al. De novo posttransplant membranous nephropathy following BNT162b2 mRNA COVID-19 vaccine in a kidney transplant recipient. *Am. J. Transplant.* 2022 doi: 10.1111/ajt.17166. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
98. Fulchiero R., Amaral S. Focal segmental glomerulosclerosis recurrence in a young adult with kidney transplant after mRNA COVID-19 vaccination. *Pediatr. Nephrol.* 2022;37:2217. doi: 10.1007/s00467-022-05564-8. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
99. Baden L.R., El Sahly H.M., Essink B., Kotloff K., Frey S., Novak R., Diemert D., Spector S.A., Rouphael N., Creech C.B., et al. Efficacy and Safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 Vaccine. *N. Engl. J. Med.* 2021;384:403–416. doi: 10.1056/NEJMoa2035389. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
100. Polack F.P., Thomas S.J., Kitchin N., Absalon J., Gurtman A., Lockhart S., Perez J.L., Pérez Marc G., Moreira E.D., Zerbini C., et al. Safety and Efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 Vaccine. *N. Engl. J. Med.* 2020;383:2603–2615. doi: 10.1056/NEJMoa2034577. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
101. Voysey M., Clemens S.A.C., Madhi S.A., Weckx L.Y., Folegatti P.M., Aley P.K., Angus B., Baillie V.L., Barnabas S.L., Bhorat Q.E., 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.* 2021;397:99–111. doi: 10.1016/S0140-6736(20)32661-1. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
102. Logunov D.Y., Dolzhikova I.V., Shcheblyakov D.V., Tukhvatulin A.I., Zubkova O.V., Dzharullaeva A.S., Kovyrshina A.V., Lubenets N.L., Grousova D.M., Erokhova A.S., 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;397:671–681. doi: 10.1016/S0140-6736(21)00234-8. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
103. Pardi N., Hogan M.J., Porter F.W., Weissman D. mRNA vaccines—A new era in vaccinology. *Nat. Rev. Drug Discov.* 2018;17:261–279. doi: 10.1038/nrd.2017.243. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
104. Sprent J., King C. COVID-19 vaccine side effects: The positives about feeling bad. *Sci. Immunol.* 2021;6:eabj9256. doi: 10.1126/sciimmunol.abj9256. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
105. Sayedahmed E.E., Elkashif A., Alhashimi M., Sambhara S., Mittal S.K. Adenoviral Vector-Based Vaccine Platforms for Developing the Next Generation of Influenza Vaccines. *Vaccines.* 2020;8:574. doi: 10.3390/vaccines8040574. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
106. Vivarelli M., Massella L., Ruggiero B., Emma F. Minimal Change Disease. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol. CJASN.* 2017;12:332–345. doi: 10.2215/CJN.05000516. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
107. Sette A., Crotty S. Adaptive immunity to SARS-CoV-2 and COVID-19. *Cell.* 2021;184:861–880. doi: 10.1016/j.cell.2021.01.007. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
108. Sahin U., Muik A., Derhovanessian E., Vogler I., Kranz L.M., Vormehr M., Baum A., Pascal K., Quandt J., Maurus D., et al. COVID-19 vaccine BNT162b1 elicits human antibody and T(H)1 T cell responses. *Nature.* 2020;586:594–

599. doi: 10.1038/s41586-020-2814-7. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
109. Schena F.P., Nistor I. Epidemiology of IgA Nephropathy: A Global Perspective. *Semin. Nephrol.* 2018;38:435–442. doi: 10.1016/j.semnephrol.2018.05.013. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
110. Lai K.N. Pathogenesis of IgA nephropathy. *Nat. Rev. Nephrol.* 2012;8:275–283. doi: 10.1038/nrneph.2012.58. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
111. Lai K.N., Tang S.C., Schena F.P., Novak J., Tomino Y., Fogo A.B., Glassock R.J. IgA nephropathy. *Nat. Rev. Dis. Prim.* 2016;2:16001. doi: 10.1038/nrdp.2016.1. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
112. Patel C., Shah H.H. Vaccine-associated kidney diseases: A narrative review of the literature. *Saudi J. Kidney Dis. Transplant.* 2019;30:1002–1009. doi: 10.4103/1319-2442.270254. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
113. Wisnewski A.V., Campillo Luna J., Redlich C.A. Human IgG and IgA responses to COVID-19 mRNA vaccines. *PLoS ONE.* 2021;16:e0249499. doi: 10.1371/journal.pone.0249499. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
114. Jeffs L.S., Nitschke J., Tervaert J.W., Peh C.A., Hurtado P.R. Viral RNA in the influenza vaccine may have contributed to the development of ANCA-associated vasculitis in a patient following immunisation. *Clin. Rheumatol.* 2016;35:943–951. doi: 10.1007/s10067-015-3073-0. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
115. Uppal N.N., Kello N., Shah H.H., Khanin Y., De Oleo I.R., Epstein E., Sharma P., Larsen C.P., Bijol V., Jhaveri K.D. De Novo ANCA-Associated Vasculitis With Glomerulonephritis in COVID-19. *Kidney Int. Rep.* 2020;5:2079–2083. doi: 10.1016/j.ekir.2020.08.012. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
116. Vlachoyiannopoulos P.G., Magira E., Alexopoulos H., Jahaj E., Theophilopoulou K., Kotanidou A., Tzioufas A.G. Autoantibodies related to systemic autoimmune rheumatic diseases in severely ill patients with COVID-19. *Ann. Rheum. Dis.* 2020;79:1661–1663. doi: 10.1136/annrheumdis-2020-218009. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
117. Predecki M., Clarke C., Cairns T., Cook T., Roufousse C., Thomas D., Willicombe M., Pusey C.D., McAdoo S.P. Anti-glomerular basement membrane disease during the COVID-19 pandemic. *Kidney Int.* 2020;98:780–781. doi: 10.1016/j.kint.2020.06.009. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
118. Arunachalam P.S., Scott M.K.D., Hagan T., Li C., Feng Y., Wimmers F., Grigoryan L., Trisal M., Edara V.V., Lai L., et al. Systems vaccinology of the BNT162b2 mRNA vaccine in humans. *Nature.* 2021;596:410–416. doi: 10.1038/s41586-021-03791-x. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
119. Summers S.A., Steinmetz O.M., Gan P.Y., Ooi J.D., Odobasic D., Kitching A.R., Holdsworth S.R. Toll-like receptor 2 induces Th17 myeloperoxidase autoimmunity while Toll-like receptor 9 drives Th1 autoimmunity in murine vasculitis. *Arthritis Rheum.* 2011;63:1124–1135. doi: 10.1002/art.30208. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
120. Kumar N., Admane N., Kumari A., Sood D., Grover S., Prajapati V.K., Chandra R., Grover A. Cytotoxic T-lymphocyte elicited vaccine against SARS-CoV-2 employing immunoinformatics framework. *Sci. Rep.* 2021;11:7653. doi: 10.1038/s41598-021-86986-6. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
121. Ruebner R.L., Fadrowski J.J. Tubulointerstitial Nephritis. *Pediatr. Clin. N. Am.* 2019;66:111–119. doi: 10.1016/j.pcl.2018.08.009. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

122. Segal Y., Shoenfeld Y. Vaccine-induced autoimmunity: The role of molecular mimicry and immune crossreaction. *Cell. Mol. Immunol.* 2018;15:586–594. doi: 10.1038/cmi.2017.151. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Articles from Vaccines are provided here courtesy of **Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)**
